

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

**İÇ ORTAM HAVASINDA UÇUCU ORGANİK BİLEŞİKLERİN
DERİŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ VE MARUZİYET
RİSKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Burcu ÖZERKAN AYDIN

KOCAELİ 2013

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

**İÇ ORTAM HAVASINDA UÇUCU ORGANİK BİLEŞİKLERİN
DERİŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ VE MARUZİYET
RİSKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Burcu ÖZERKAN AYDIN

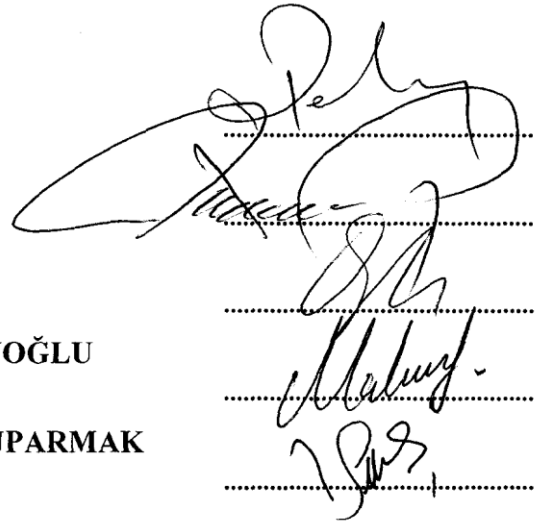
Doç.Dr.Hakan PEKEY
Danışman, Kocaeli Üniv.

Prof.Dr.H.Savaş AYBERK
Jüri Üyesi, Okan Üniv.

Doç.Dr.Aykan KARADEMİR
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.

Yrd.Doç.Dr.Mahnaz GÜMRÜKÇÜOĞLU
Jüri Üyesi, Sakarya Üniv.

Yrd.Doç.Dr.Şenay ÇETİN DOĞRUPARMAK
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.



.....
.....
.....
.....
.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 14.02.2013

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Günlük hayatın bir vazgeçilmezi olan çalışma hayatı ve çalışma ortamı içinde insan sağlığı önemli bir konudur. Son yıllarda uçucu organik bileşiklere (UOB) iç ortamlarda sıklıkla rastlanılması ve bu kirleticilerin insan sağlığını tehdit etmesi neticesinde iç ortam hava kirliliği araştırma çalışmaları önem kazanmıştır. Bu çalışma, seçilen işyerlerinin iç ortam havasında, çalışanlar üzerinde olumsuz etkileri bulunan UOB'lerin ölçülüp, sağlık risklerinin değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmamın gerçekleşmesinde büyük desteği ve emeği olan, ayrıca yönlendirmeleriyle bana yardımcı olarak, çalışmalarım sırasında bana gösterdiği anlayışından ötürü saygı değer tez danışman hocam, sayın Doç. Dr. Hakan Pekey'e,

Doktora eğitimim boyunca, tez ve laboratuvar çalışmamın her aşamasında bilgilerinden faydalandığım, insani ve ahlaki değerleri ile kendime örnek aldığım, beraber çalışmaktan mutluluk duyduğum ve ayrıca tecrübelerinden yararlanırken göstermiş olduğu hoşgörü ve sabırdan dolayı değerli ve sevgili hocam, sayın Doç. Dr. Beyhan Pekey'e,

Tez çalışmamın yürütülmesi sırasında göstermiş oldukları anlayış ve katkılarından dolayı sayın hocalarım, Prof. Dr. H. Savaş Ayberk ve Yrd. Doç. Dr. Mahnaz Gümrükçüoğlu'na,

Son olarak, hayatta bu aşamaya gelmemde en büyük katkıya sahip olan, bana her zaman inanan, güvenen, maddi ve manevi destekleri ile daima yanımda olan, sevgileriyle güç bulduğum ailem; annem Belkıs ÖZERKAN, babam Sabri ÖZERKAN, eşim Murat AYDIN, ikinci annem Nurten AYDIN ve yaşam sevinçlerim çocuklarım; Emre'm ve Elif'ime

Sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Aralık-2012

Burcu ÖZERKAN AYDIN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
TABLolar DİZİNİ.....	vii
SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR.....	ix
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xiv
GİRİŞ	1
1. GENEL BİLGİLER	4
1.1. Hava Kirliliği	4
1.2. Hava Kirliliğinin Sağlık Üzerine Etkileri.....	7
1.3. Hava Kirletici Gazlar.....	9
1.3.1. Azot oksitler (NO _x).....	9
1.3.2. Kükürt oksitler (SO _x).....	11
1.3.3. Karbon monoksit (CO)	12
1.3.4. Partikül maddeler.....	14
1.3.5. Hidrokarbonlar (HC)	16
1.4. İç Ortam Hava Kirliliği	18
1.5. Dış Ortam Hava Kirliliği	25
1.6. Uçucu Organik Bileşikler	28
1.7. Uçucu Organik Bileşiklerin Kaynakları	33
1.7.1. İç ortam kaynakları.....	33
1.7.2. Dış ortam kaynakları.....	38
1.8. Uçucu Organik Bileşiklerin Sağlık Etkileri	39
1.7.1. Çalışanlar üzerindeki etkiler	42
1.9. Uçucu Organik Bileşiklere Ait Yapılan Çalışmalar	45
1.9.1. Restoranlar ile ilgili yapılan çalışmalar	45
1.9.2. Kuru Temizlemeciler ile ilgili yapılan çalışmalar	48
1.9.3. Fotokopiciler ile ilgili yapılan çalışmalar	49
1.9.4. Boyacılar ile ilgili yapılan çalışmalar	52
1.10. Maruziyet Değerlendirmesi	55
1.11. Hava Kirliliği Örnekleme Yöntemleri.....	56
1.11.1. Pasif örnekleme tekniği.....	56
1.11.2. Aktif örnekleme tekniği	57
2. MALZEME VE YÖNTEM.....	60
2.1. Çalışma Bölgelerinin Tanımlanması	60
2.1.1. Kocaeli Bölgesi	60
2.1.2. Sakarya Bölgesi	60
2.2. Örnek Alınan Yerlerin Tanımlanması	61
2.2.1. Ocak başı restoranlar	61
2.2.2. Kuru temizlemeciler	66
2.2.3. Fotokopiciler	70

2.2.4. Oto boyacılar.....	73
2.3. Örneklem Süresi	75
2.4. Örnekleyicilerin Yerleştirilmesi.....	76
2.4.1. İç ortam örnekleme	76
2.4.2. Dış ortam örnekleme	76
2.5. Örneklerin Hazırlanması ve Alınması.....	76
2.5.1. Uçucu organik bileşiklerin örnekleme	76
2.5.1.1. Adsorbent tüpler.....	80
2.5.1.2. Aktif örnekleme pompası	84
2.5.1.3. Kalibratör cihazı.....	85
2.5.1.4. Sıcaklık, nem, CO ve CO ₂ ölçümü.....	85
2.6. Örneklerin Analizi.....	87
2.6.1. Termal Desorber (TD) sistemi.	87
2.6.2. Gaz Kromatografi (GC) sistemi	90
2.6.2.1. Alev iyonlaşma dedektörü (FID)	91
2.7. Kalite Kontrol Çalışmaları.....	95
2.7.1. Cihaz kalibrasyonu	95
2.7.2. Şahit örnekler	97
2.7.3. Örneklem çekiş hızı ve süresi.....	98
2.7.4. Metot belirleme limiti (MBL)	98
2.7.5. Tekrarlanabilirlik	100
2.7.6. Kontrol standart kullanımı	100
2.8. Anket Çalışmaları.....	102
2.9. Sağlık Riski Değerlendirmesi	106
2.9.1. Risk hesaplamaları.....	109
2.9.2. Risk değerlendirme.....	114
2.10. Verilerin Değerlendirilmesinde Kullanılan İstatistiksel Analiz Yöntemleri.....	114
2.10.1. Kolmogorov-smirnov testi	114
2.10.2. Mann-whitney <i>u</i> testi	116
2.10.3. Wilcoxon eşleştirilmiş iki örnek testi	117
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	119
3.1. Kış Örnekleme.....	119
3.1.1. Meteorolojik şartlar	119
3.1.2. Kış mevsimi ölçüm sonuçları.....	121
3.1.2.1. Restoranlara ait ölçüm sonuçları.....	121
3.1.2.2. Kuru Temizlemecilere ait ölçüm sonuçları	124
3.1.2.3. Fotokopicilere ait ölçüm sonuçları.....	127
3.1.2.4. Boyacılara ait ölçüm sonuçları	130
3.1.3. Kış mevsimi sıcaklık, nem, CO ve CO ₂ ölçüm sonuçları	133
3.2. Yaz Örnekleme.....	135
3.2.1. Meteorolojik şartlar	135
3.2.2. Yaz mevsimi ölçüm sonuçları	137
3.2.2.1. Restoranlara ait ölçüm sonuçları.....	137
3.2.2.2. Kuru Temizlemecilere ait ölçüm sonuçları	140
3.2.2.3. Fotokopicilere ait ölçüm sonuçları.....	143
3.2.2.4. Boyacılara ait ölçüm sonuçları	146
3.2.3. Yaz mevsimi sıcaklık, nem, CO ve CO ₂ ölçüm sonuçları	149

3.3. Uçucu Organik Bileşiklerin İç Ortam / Dış Ortam Oranlarının Değerlendirilmesi.....	150
3.4. Uçucu Organik Bileşiklerin Mevsimsel Değişimlerinin Değerlendirilmesi.....	157
3.5. Sonuçların Benzer Çalışmalarla Karşılaştırılması	162
3.6. Maruziyet Riski Değerlendirilmesi	168
3.6.1. Restoranlarda, kuru temizlemecilerde, fotokopicilerde ve boyacılarda kanserojenik risklerin değerlendirilmesi.....	169
3.6.2. Restoranlarda, kuru temizlemecilerde, fotokopicilerde ve boyacılarda kanserojenik olmayan risklerin değerlendirilmesi	175
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	181
4.1. Sonuçlar	181
4.2. Öneriler	185
KAYNAKLAR.....	187
EKLER.....	204
ÖZGEÇMİŞ.....	217

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	İç ortam hava kirliliğinin nedenleri.....	22
Şekil 1.2.	İç ortam hava kirliliğine etki eden faktörler	23
Şekil 1.3.	Dış ortam hava kirliliğinin kaynakları.....	26
Şekil 1.4.	Uçucu organik bileşiklerin kimyasal yapılarına göre sınıflandırılması... 30	
Şekil 1.5.	UOB emisyonlarının kaynaklandığı sektörler	53
Şekil 1.6.	Kirleticilerin kaynaktan vücuda doğru akışı.....	56
Şekil 2.1.	R1S kodlu restoranın pişirme bölümü	64
Şekil 2.2.	R1K kodlu restoranın pişirme bölümü	64
Şekil 2.3.	R2S kodlu restoranın pişirme bölümü	65
Şekil 2.4.	R1K kodlu restoranın dış ortam örneklemesi	65
Şekil 2.5.	K1S kodlu restoranın iç ortam örneklemesi	68
Şekil 2.6.	K2K kodlu restoranın iç ortam örneklemesi.....	69
Şekil 2.7.	K1S kodlu restoranın dış ortam örneklemesi.....	69
Şekil 2.8.	F3K kodlu restoranın iç ortam örneklemesi	72
Şekil 2.9.	F1S kodlu fotokopicinin dış ortam örneklemesi	72
Şekil 2.10.	B2K kodlu oto boyacısında boyama işlemi	74
Şekil 2.11.	B2K kodlu oto boyacının dış ortam örneklemesi	75
Şekil 2.12.	Aktif örneklemede kullanılan tüplerin görünümü.....	79
Şekil 2.13.	Aktif örneklemede kullanılan tüplerin örnek alma sonrası görünümü....	79
Şekil 2.14.	Taşıyıcı gazlar ve kuru hava içeren tüpler	82
Şekil 2.15.	Tüplerin bulunduğu cam kavanoz ve taşındığı termos çantanın görüntüsü.....	83
Şekil 2.16.	Aktif örnekleme pompası	84
Şekil 2.17.	Hava örnekleme pompası ve kalibratör cihazı	85
Şekil 2.18.	Hava kalitesi ölçüm cihazı	86
Şekil 2.19.	Termal desorpsiyon sisteminin şematik görünümü.....	88
Şekil 2.20.	Tüplerin desorpsiyonunda kullanılan TD parametrelerinin bilgisayar ekranındaki görünümü.	89
Şekil 2.21.	GC cihazının şematik görünümü.....	90
Şekil 2.22.	TD-GC/FID çalışma düzeneği görünümü	93
Şekil 2.23.	Kalibrasyon tüpü için kullanılan enjeksiyon düzeneği.....	95
Şekil 2.24.	Kalibrasyon standardının kromatogram görünümü	97
Şekil 2.25.	Kontrol standardına ait kromatogram.....	101
Şekil 2.26.	Risk değerlendirme aşamaları.....	107
Şekil 3.1.	Restoranlarda kış mevsimi, a) iç ortam ortalama UOB derişimleri b) dış ortam UOB derişimleri	123
Şekil 3.2.	Kuru temizlemecilerde kış mevsimi, a) iç ortam ortalama UOB derişimleri b) dış ortam ortalama UOB derişimleri.....	126
Şekil 3.3.	Fotokopicilerde kış mevsimi, a) iç ortam ortalama UOB derişimleri b) dış ortam ortalama UOB derişimleri	129
Şekil 3.4.	Boyacılarda kış mevsimi, a) iç ortam ortalama UOB derişimleri b) dış ortam ortalama UOB derişimleri	132

Şekil 3.5. Restoranlarda yaz mevsimi, a) iç ortam ortalama UOB derişimleri b) dış ortam ortalama UOB derişimleri	139
Şekil 3.6. Kuru temizlemecilerde yaz mevsimi, a) iç ortam ortalama UOB derişimleri b) dış ortam ortalama UOB derişimleri.....	142
Şekil 3.7. Fotokopicilerde yaz mevsimi, a) iç ortam ortalama UOB derişimleri b) dış ortam ortalama UOB derişimleri	145
Şekil 3.8. Boyacılarda yaz mevsimi, a) iç ortam ortalama UOB derişimleri b) dış ortam ortalama UOB derişimleri	148
Şekil 3.9. Restoran, kuru temizlemeci, fotokopici ve boyacılarda kanser risk değerlendirmesi	174
Şekil 3.10. İncelenen dört sektör için tehlike indeksi değerlendirilmesi	180

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.1.	Atmosferin doğal bileşenleri.....	5
Tablo 1.2.	Hava kirliliğinden en çok etkilenen risk grupları ve kirlleticilerin sağlığa etkileri	8
Tablo 1.3.	Farklı işlerde çalışanların CO maruziyeti sonucu kanlarında oluşabilecek COHb miktarları	14
Tablo 1.4.	İç hava kirleticilerinin potansiyel kaynakları.....	19
Tablo 1.5.	Maksimum iç ortam hava standartları	21
Tablo 1.6.	1995 yılında Amerika’da sabit, hareketli ve biyolojik kaynaklardan bir yılda atmosfere yayılan kirleticilerin miktarı (milyon ton)	31
Tablo 1.7.	Bina içinde genellikle karşılaşılan uçucu organik bileşikler ve kaynakları.....	35
Tablo 1.8.	Önemli iç ortam kirleticilerinin dış ortam kaynakları	37
Tablo 1.9.	Bazı ülkelerde metan harici UOB'lerin kaynakları açısından kütle (%) dağılımları	38
Tablo 1.10.	Teşhise yardımcı, tanısal referanslar	40
Tablo 1.11.	Maruziyet analizinde önemli olan bazı terimler	55
Tablo 2.1.	Bu çalışmada ölçülen UOB'lere ilişkin özellikler	77
Tablo 2.2.	Adsorbent maddelerin karakteristik özellikleri.....	81
Tablo 2.3.	Tüplerin şartlandırılma aşamaları	82
Tablo 2.4.	Termal desorber için geliştirilen çalışma programı	89
Tablo 2.5.	Çalışmada kullanılan optimum GC/FID şartları	94
Tablo 2.6.	Her bir bileşen için alıkonma zamanları.....	96
Tablo 2.7.	Her bir bileşik için metot belirleme limit değerleri.....	99
Tablo 2.8.	Ölçüm yapılan işletmelerin iç ortam özellikleri.....	103
Tablo 2.9.	Ölçüm yapılan yerlerde çalışanlara uygulanan anket bilgileri.....	105
Tablo 2.10.	Kimyasal maddeler için mesleki maruziyet limitleri	108
Tablo 2.11.	Kirleticiler için toksisite değerlendirme parametreleri ve çeşitli kanserojenlik sınıflandırmaları.....	111
Tablo 3.1.	Kocaeli için kış mevsimi ölçüm günlerindeki sıcaklık (°C), bağıl nem (%), yağış miktarı (mm) ve rüzgar hızı (m/s) değerleri	120
Tablo 3.2.	Sakarya için kış mevsimi ölçüm günlerindeki sıcaklık (°C), bağıl nem (%), yağış miktarı (mm) ve rüzgar hızı (m/s) değerleri	120
Tablo 3.3.	Restoranların kış mevsimi iç ve dış ortam ortalama UOB ölçüm sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).	122
Tablo 3.4.	Kuru temizlemecilerin kış mevsimi iç ve dış ortam ortalama UOB ölçüm sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).	125
Tablo 3.5.	Fotokopicilerin kış mevsimi iç ve dış ortam ortalama UOB ölçüm sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	128
Tablo 3.6.	Boyacıların kış mevsimi iç ve dış ortam ortalama UOB ölçüm sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	131
Tablo 3.7.	Kış mevsiminde örneklenen mikro çevrelerin iç ve dış ortamlarında belirlenen ortalama sıcaklık, nispi nem, karbon monoksit ve karbon dioksit düzeyleri	134

Tablo 3.8. Kocaeli için yaz mevsimi ölçüm günlerindeki sıcaklık (°C), nem (%), yağış miktarı (mm) ve rüzgar hızı (m/s) değerleri.....	136
Tablo 3.9. Sakarya için yaz mevsimi ölçüm günlerindeki sıcaklık (°C), nem (%), yağış miktarı (mm) ve rüzgar hızı (m/s) değerleri.....	136
Tablo 3.10. Restoranların yaz mevsimi iç ve dış ortam ortalama UOB ölçüm sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	138
Tablo 3.11. Kuru temizlemecilerin yaz mevsimi iç ve dış ortam ortalama UOB ölçüm sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	141
Tablo 3.12. Fotokopicilerin yaz mevsimi iç ve dış ortam ortalama UOB ölçüm sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	144
Tablo 3.13. Boyacıların yaz mevsimi iç ve dış ortam ortalama UOB ölçüm sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	147
Tablo 3.14. Yaz mevsiminde örneklenen mikro çevrelerin iç ve dış ortamlarında belirlenen ortalama sıcaklık, nispi nem, karbon monoksit ve karbon dioksit düzeyleri	149
Tablo 3.15. Örneklenen mikro çevrelerde UOB'lerin iç ortam / dış ortam derişim oranları.....	155
Tablo 3.16. Örneklenen mikro çevrelerde UOB'lerin iç ortam / dış ortam derişim oranlarının <i>p</i> test istatistiği	156
Tablo 3.17. Örneklenen mikro çevrelerin iç ortamlarında UOB'lerin kış / yaz derişim oranları ve <i>p</i> test istatistiği.....	159
Tablo 3.18. Kocaeli ve Sakarya illerinde örneklenen mikro çevrelerde dış ortam kış/yaz derişim oranları ve <i>p</i> test istatistiği.....	161
Tablo 3.19. UOB'lerin iç ve dış ortam derişimlerinin belirlenmesine yönelik daha önce yapılan çalışmalar	166
Tablo 3.20. Restoranlarda ölçülen UOB'lerin kanserojenik riskleri	170
Tablo 3.21. Kuru temizlemecilerde ölçülen UOB'lerin kanserojenik riskleri	171
Tablo 3.22. Fotokopicilerde ölçülen UOB'lerin kanserojenik riskleri	172
Tablo 3.23. Boyacılarda ölçülen UOB'lerin kanserojenik riskleri	173
Tablo 3.24. Restoranlarda ölçülen UOB'lerin toplam kanserojenik olmayan riskleri	175
Tablo 3.25. Kuru temizlemecilerde ölçülen UOB'lerin toplam kanserojenik olmayan riskleri	176
Tablo 3.26. Fotokopicilerde ölçülen UOB'lerin toplam kanserojenik olmayan riskleri	177
Tablo 3.27. Boyacılarda ölçülen UOB'lerin toplam kanserojenik olmayan riskleri	178

SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR

A	: Kesit alanı (cm ²)
AT	: Average Time (Ortalama Maruziyet Süresi) (gün)
bp	: Buhar basıncı
C	: Concentration (Derişim) (µg/m ³)
C	: Numune hava ile sabit hava arasındaki derişim farkı
C ^o	: The degree Celcius (Santigrat derece)
CaSO ₄	: Kalsiyum sülfat
CDI _{ca}	: Chronic Daily Intake of Carcinogenic Chemicals (Kanserojen Kimyasalların Kronik Günlük Alımı) (mg/m ³)
CDI _{nc}	: Chronic Daily Intake of Non-carcinogenic Chemicals (Kanserojen Olmayan Kimyasalların Kronik Günlük Alımı) (mg/m ³)
CFC	: Kloro Floro Karbon
C _{hava}	: Hava yoluyla alınan UOB derişimi (µg/m ³)
Cl	: Klor
ClO	: Klor oksit
cm	: Santimetre
C _o	: Sorbent üzerindeki hava tabakası derişimi
CO	: Karbon monoksit
CO ₂	: Karbon dioksit
D	: Difüzyon katsayısı (1 atm basıncında 294 K'de) (cm ² /sn)
dak.	: Dakika
ECR	: Excess Cancer Risk (Hayat Boyu Kanser Riski)
ED	: Exposure Duration (Maruziyet Süresi) (yıl)
EF	: Exposure Frequency (Maruziyet Frekansı) (gün/yıl)
ET	: Exposure Time (Maruziyet Süresi) (saat)
gr	: Gram
H ₂ S	: Hidrojen sülfür
HC	: Hidrokarbon
HCl	: Hidrojen klorür
He	: Helyum
HQ	: Hazard Quotient (Tehlike İndeksi)
IUR	: Unit Risk (Birim Risk) (µg/m ³) ⁻¹
K	: Kelvin
kg	: Kilogram
km	: Kilometre
L	: Litre
L	: Difüzyon yüzeyinin uzunluğu (cm)
LT	: Life Time (Ortalama insan ömrü) (yıl)
m	: Metre
m	: Pasif örnekleyicide tutulan miktar
mak.	: Maksimum

mg	: Miligram
min.	: Minimum
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
mmHg	: Milimetre civa
ng	: Nanogram
nm	: Nanometre
N ₂ O	: Diazot monoksit
NH ₃	: Amonyak
NO	: Azot monoksit
NO ₂	: Azot dioksit
NO _x	: Azot oksitler
O ₂	: Oksijen
O ₃	: Ozon
PAH	: Poliaromatik hidrokarbon
PAN	: Peroksilasetil nitrat
PBN	: Peroksilbenzol nitrat
PCB	: Poliklorlu bifenil
ppb	: Part per billion (Milyarda bir birim)
ppm	: Part per million (Milyonda bir birim)
psi	: Pounds per square inch (Atmosfer basıncı)
R ²	: Korelasyon
RfC	: Referance Concentration (Referans Konsantrasyon) (mg/m ³)
RfD	: Referance Dose (Referans Doz)
RSS	: Relatif (Bağıl) Standart Sapma
sn	: Saniye
SO ₂	: Kükürt dioksit
SO ₃	: Kükürt trioksit
SO _x	: Kükürt oksitler
t	: Örnekleme süresi (sn)
μ	: Mikro
μg	: Mikrogram
μL	: Mikrolitre
μm	: Mikrometre
%	: Yüzde

Kısaltmalar

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ASHRAE	: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (Amerikan Isıtma, Soğutma ve Klima Mühendisleri)
ATSDR	: Agency for Toxic Substances and Disease Agency for Registry Toxics (Toksik Maddeler ve Hastalık Kayıt Sağlık ve İnsan Hizmetleri Ajansı)
AVM	: Alışveriş merkezi
B	: Batı
BGB	: Batı Güney Batı
BKB	: Batı Kuzey Batı

BKD	: Batı Kuzey Doğu
bla	: Belirleme limitinin altında
BTEKS	: Benzen, Toluen, Etilbenzen, Ksilenler, Stiren
CALEPA	: California Environmental Protection Agency (Kaliforniya Çevre Koruma Ajansı)
CORINAIR	: Co-ordinated Information on the Environment in the Europea Community – AIR (Avrupa Komisyonu için oluşturulan Çevre Bilgisi (hava ile ilgili) Koordinasyonu Bilimler Akademisi)
ÇMO	: Çevre Mühendisleri Odası
D	: Doğu
D100	: Şehirlerarası karayolu
DALY	: Disability Adjusted Life Years (Hastalık ve ölüme bağlı sağlıklı Yaşam Yılı)
DBCP	: 1,2-Dibromo-3-Kloropropan
DBE	: Dibromoetan
diğ.	: Diğerleri
EC	: European Council (Avrupa Konseyi)
ECD	: Electron Capture Detector (Elektron Yakalama Dedektörü)
ECMA	: European Carton Makers Association (Avrupa Karton Üreticileri Derneği)
EHRA	: European Heart Rhythm Association (Avrupa Kalp Ritmi Birliği)
elek.ısı	: Elektrikli ısıtıcı
EMEP	: Emission Inventory Guidebook (Emisyon Envanteri Rehberi)
ENE	: East North East (Doğu Kuzey Doğu)
ESE	: East South East (Doğu Güney Doğu)
EU	: European Union (Avrupa Birliği)
foto.mak.	: Fotokopi makinası
FID	: Flame Ionization Detector (Alev İyonlaşma Dedektörü)
G	: Güney
GB	: Güney Batı
GC	: Gas Chromatography (Gaz Kromatografi)
GD	: Güney Doğu
GGB	: Güney Güney Batı
GGD	: Güney Güney Doğu
HAPs	: Hazardous Air Pollutants (Tehlikeli Hava Kirleticileri)
HCBD	: Hekzaklorobutadien
HEAST	: Effects Assessment Summary Tables (Sağlık Etkilerini Değerlendirme Özet Tabloları)
HOBOWare	: Veri Günlüğü Yazılımı
HSDB	: Hazardous Substances Data Bank (Tehlikeli Maddeler Bilgi Bankası)
IRIS	: Integrated Risk Information System (Entegre Risk Bilgi Sistemi)
İHK	: İç Hava Kalitesi
K	: Kuzey
K.Temiz.	: Kuru Temizlemeci
KB	: Kuzey Batı
KD	: Kuzey Doğu
KKB	: Kuzey Kuzey Batı
KKD	: Kuzey Kuzey Doğu

KOBİ	: Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler
KOSGEB	: Küçük ve Orta Ölçekli Sanayiye Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı
LCD	: Liquid Crystal Display (Sıvı Kristal Ekran)
LPD	: Liquid Petroleum Gas (Sıvılaştırılmış Petrol Gazı)
MBL	: Metot Belirleme Limiti
MS	: Mass Spectrometry (Kütle Dedektörü)
MSS	: Merkezi Sinir Sistemi
NAS	: American National Academy of Sciences (Amerikan Ulusal Bilimler Akademisi)
NRC	: National Research Council (Uluslararası Araştırma Konseyi)
ort.	: Ortalama
OSHA	: Occupational Safety and Health Administration (İş Sağlığı ve Güvenliği İdaresi)
PM	: Partikül madde
PPRTV	: The Provisional Peer Reviewed Toxicity Values (Geçici Hakemli Toksikite Değerleri)
RAIS	: Risk Assessment Information System (Risk Değerlendirme Bilgi Sistemi)
RT	: Retention Time (Bekleme Süresi)
SPSS	: Statistics Programme for Social Scientist (Sosyal bilimciler için İstatistik Programı)
SS	: Standart Sapma
SSCB	: Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği
TCD	: Thermal Conductivity Detector (Termal İletkenlik Dedektörü)
TD	: Thermal Desorber (Termal Desorpsiyon)
tem.mak.	: Temizleme makinası
Tenax-TA	: 2,6-difenilen oksit polimer temelli gözenekli reçine adsorbent
TO	: Toxic Organic (Organik Toksik)
TUOB	: Toplam Uçucu Organik Bileşik
TWA	: Time Weighted Average (Zaman Ağırlıklı Ortalama)
UOB	: Uçucu Organik Bileşikler
USA	: United States of America (Amerika Birleşik Devletleri)
USEPA	: United States Environmental Protection Agency (Amerikan Çevre Koruma Ajansı)
UV	: Ultra Viole (Mor ötesi)
vb	: Ve bu gibi
VOC	: Volatile Organic Compounds (Uçucu Organik Bileşikler)
WHO	: World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)

İÇ ORTAM HAVASINDA UÇUCU ORGANİK BİLEŞİKLERİN DERİŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ VE MARUZİYET RİSKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

İç ortam hava kirliliği günümüzde insan sağlığını tehdit eden en önemli risklerden biri olarak kabul edilmektedir. İç ortam havası muhtelif kaynaklara ve temaslara açık olup doğal ve yapay kirleticiler tarafından kirlenir. Bu kaynaklardan iç ortam havasına karışan en önemli kirletici grubu Uçucu Organik Bileşikler (UOB'ler)'dir. Uçucu Organik Bileşik'lerin çalışma ortamlarında havada fazla miktarda bulunması, o mekanda çalışanlar üzerinde sağlık riskinin oluşmasına sebep olmaktadır. Bu çalışmada, Kocaeli ve Sakarya'da seçilen farklı mikro çevrelerde (restoranlar, kuru temizlemeciler, fotokopiciler, oto boyacılar) yaz ve kış mevsimlerinde iç ve dış ortamlarda eş zamanlı aktif örnekleme ölçüm tekniği kullanılarak 25 UOB derişimleri belirlenmiştir. Örnekleme ve analiz çalışmalarında USEPA Metodu TO-17 takip edilmiştir. Laboratuardan elde edilen sonuçlar kullanılarak ölçüm noktalarında çalışanlar için UOB kaynaklı risk değerlendirmesi yapılmıştır. Risk değerlendirmesi kanserojen ve kanserojen olmayan bileşikler için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın neticesinde ölçüm yapılan mikro çevrelerde UOB derişimleri önemli farklılıklar göstermektedir. En yüksek UOB değerleri oto boyacılar elde edilmiştir. İncelenen bütün mikro çevrelerde iç ortam UOB derişimlerinin dış ortam UOB derişimlerinden belirgin olarak daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu işyerlerinde çalışanlar için UOB kaynaklı kanser olma riskleri de yüksek bulunmuştur. Ortalama derişim değerleri göz önüne alınarak yapılan hesaplamalarda toplam kanser riski restoranlarda sınır değerin 40 katı; kuru temizlemecilerde 41 katı, fotokopicilerde 18 katı ve oto boyacılar ise sınır değerin 495 katı olarak bulunmuştur. Ayrıca örneklenen bütün işletmelerde, kanserojen olmayan UOB'ler için hesaplanan toplam tehlike indeksi sonuçlarında sınır değeri (1) aşarak yüksek değerler elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Aktif Örnekleme, İç Ortam Havası, Mikro Çevreler, Sağlık Riski Değerlendirmesi, Uçucu Organik Bileşikler

DETERMINATION OF VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS CONCENTRATIONS IN INDOOR AIR AND ASSESMENT OF EXPOSURE RISKS

ABSTRACT

Indoor air pollution is one of the most important risks that threaten human health. Indoor air is open to ambient air of various natural and artificial pollutants by gets dirty. This is one of the most important pollutant group involved in the internal environment from sources like volatile organic compounds (VOC's). A large amount of air in the environment of VOC's that occur on employees health risk in space. In this study, Kocaeli and Sakarya selected in different micro-environments (restaurants, dry cleaners, photocopiers, auto painters) in the summer and winter seasons of inner and outer environments using concurrent active sampling measurement technique identified 25 VOC's concentrations. Sampling and analysis has been followed in the USEPA Method TO-17. The laboratory results obtained from measurement using the risk assessment was conducted for employees on VOC's. The Risk Assessment of carcinogenic and non-carcinogenic compounds were carried out separately. As a result of the study measured shows significant differences in the concentrations of VOC's micro environments. Highest VOC values has been getting from the car painters. In all the studied micro environments, VOC concentrations in indoor air were found to be significantly higher than VOC concentrations of outside. Also VOC source for employees in these environments was found high risk of cancer. In the calculations, taking into account the average concentration of VOC's, the total cancer risk was found to be 40 times the limit value of restaurants, 41 times the limit value of dry cleaners, 18 times the limit value of photocopiers and 495 times the limit value of auto painters. In addition, in all of the sampled environments, higher values were obtained from the total hazard indeks results which was calculated for non-carcinogenic VOC's with overcoming the limit value (1).

Keywords: Active Sampling, Health Risk Assesment, Indoor Air, Micro Environments, Volatile Organic Compounds

GİRİŞ

Hava kirliliği düzeyleri düzenli olarak izlenmesine ve mücadele edilmesine rağmen, bütün dünyada başta büyük metropoller olmak üzere halen kabul edilen sınırların üzerinde seyretmektedir. 1940'lı yıllarda yaklaşık 3 milyar olan dünya nüfusu bugün 7 milyara ulaşmıştır. Kentlerde yaşayan insan sayısının her geçen gün arttığı ve kentlerde yaşayan insanların zamanlarının büyük bir bölümünü kapalı ortamlarda geçirdiği günümüzde; kapalı ortam hava kirliliği ve bunun insan sağlığı üzerine etkileri önemli bir sağlık sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yaşam standardının gelişmesi ile insanlar daha fazla, daha rahat ve daha sağlıklı iç ortama ihtiyaç duymaktadırlar. Kapalı ortamın, insan sağlığı ve iş verimliliği üzerinde önemli etkileri vardır (Yua ve diğ., 2009). Amerika Çevre Koruma Örgütü (USEPA)'nın yapmış olduğu ölçümler, bize dış ortamdan yalıtılmış modern binalardaki kötü iç hava kalitesinin, bizim kirli diye sözünü ettiğimiz dış ortam havasına göre 70 kat daha tehlikeli olduğunu göstermektedir. Amerika Alerji Uzmanları Birliğinden yapılan açıklamaya göre, hastalıkların oluşması ve yayılması % 50 oranında bozuk iç ortam hava kalitesinden kaynaklanmakta; alerjiden şikayet edenlerin 1/6'sı bu nedenle doktora başvurmaktadır. Yine bu kaynağa göre, kötü iç ortam hava kalitesinden ötürü işgücü verimindeki kayıp % 4'leri bulmaktadır.

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 gerek o ortamda gerekse o ortamı etkileyen dış ortamda çalışmalar yapılarak genel durum değerlendirilmelidir.

Hava kirleticilerinin önemli bir grubunu temsil eden Uçucu Organik Bileşikler (UOB), konsantrasyon düzeyleri sıklıkla artan iç mekan hava kirleticileridir (Walgraeve ve diğ., 2011). UOB'ler yeryüzünde birçok kaynaktan yayılabilirler.

Bazıları atmosferde oldukça kalıcıdır. Dış atmosferde olduğu kadar iç ortamlarda da oldukça yüksek değerlerde bulunabilen UOB'ler, toksik etkilere sahip yapısı nedeniyle canlı sağlığı açısından incelenmesi gereken bir gruptur. Günümüzde hava kirleticileri içerisinde çok önemli bir yer tutan UOB'lerin etkileri, fiziksel ve kimyasal özellikleri birçok araştırmacıyı çekmekte ve araştırma konusu haline gelmektedir.

“İç Ortam Havasında Uçucu Organik Bileşiklerin Derişimlerinin Belirlenmesi ve Maruziyet Risklerinin Değerlendirilmesi“ konulu bu araştırma kapsamında, kaynak mekanlar olarak çalışılan ocak başı restoranlar, kuru temizlemeciler, fotokopiciler ve oto boyacılar, karakteristikleri gereği seçilen dört farklı sektördür. Çalışmamızda, bu dört farklı iş ortamından elde edilen uçucu organik bileşiklerin düzeyleri ve çalışanlarda oluşturdukları sağlık riski ile ilgili bir veri seti oluşturularak, çalışılan mekanlardaki iç ortam hava kirliliğinin boyutu ve önemi konusunda bir değerlendirme yapmak ve olumsuz etkileri ortaya koymak amaçlanmıştır. Böyle bir değerlendirmenin yapılabilmesi için, uygun adsorpsiyon tüpleri kullanarak aktif örnekleme ile toplanan örneklerin analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda ölçülen kirletici düzeyleri ile maruziyet düzeyleri arasında bir ilişki oluşturulmuştur. Ayrıca seçilen noktaların dış ortamında eş zamanlı yapılan örneklemelemlerle belirlenen kirletici derişimleri yardımıyla, iç ortam / dış ortam derişim oranları hesaplanarak oluşabilecek riskin ne kadarının iç ortamdaki kaynaklardan, ne kadarının dış ortamdakilerden kaynaklandığı ortaya çıkarılmıştır.

İç ortamdaki kirleticilere karşı maruziyet, dış ortamdaki kirleticilere karşı maruziyetle karşılaştırıldığında sağlık açısından daha fazla risk taşımaktadır. Çünkü kişiler yaşamlarının büyük bir çoğunluğunu iç ortamda geçirmekte ve bazı kirletici unsurların bina içindeki yüksek derişimleri, çoğunlukla dış ortamdaki düzeyleri geçmektedir.

Çalışmanın temel yararı, farklı çalışma ortamlarındaki kirletici derişimlerinin, gün içerisinde ve mevsimlik değışimlerinin, iç ortamdaki kirletici derişimleri etkileyen aktivitelerin ve dış ortamdaki kirletici düzeylerinin iç ortam hava kalitesine etkisinin belirlenmesinin, özellikle bu ve benzeri pek çok meslek gruplarında çalışan herkesi ilgilendirecek olmasıdır. Seçilen meslek gruplarında, iç ortam havasını soluyan

Çalışanların UOB'lere olan maruziyetinin bilinmesi, oluşabilecek sağlık riskinin boyutunu belirlemek açısından önemlidir.

Sağlık riski modellemesi ile tahmin edilecek sonuçlar, bu tür işletmelerde alışma Şartlarının yeniden düzenlenmesi ve denetlenmesi ile ilgili işletme sahipleri ile kanun yapıcılara yol gösterecek ve alınacak önlemlere ışık tutacaktır.

Ülkemizde bu güne kadar iç ortam hava kalitesi konusunda yapılan çalışmaların dünyadaki diğer bölgeler ile karşılaştırıldığında sayıca çok az olması, bölgemizde mevcut durumun tespit edilmesi için daha çok veri üretilmesine ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

Gerçekleştirilen bu pilot çalışmanın sonuçları benzer özellikteki tüm işletmeleri ilgilendirdiği için ülkemiz açısından önemli bir çalışma olduğuna inanılmaktadır. Daha önce yapılmış benzer araştırmalar olsada seçilen mikro çevreler bazında ele alındığında Dünyada yapılmış tek çalışmadır.

BÖLÜM 1. GENEL BİLGİLER

1.1. Hava Kirliliği

Bugün çok önemli bir çevre problemi olan ve özellikle insan sağlığını etkileyen hava kirliliği, ilk olarak atmosferi oluşturan bileşiklerin değişmesiyle başlamaktadır. Atmosfer, gerek meteorolojik, topoğrafik şartlara gerekse insan kaynaklı faaliyetlere bağlı olarak devamlı bir şekilde kirlenmektedir. Havanın, doğal yollarla ya da insanların çeşitli etkinlikleri sonucu atmosfere karışan katı, sıvı ve gaz halindeki kirlleticilerin etkisiyle fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin değişerek; insan ve diğer canlılar ile cansız varlıkları olumsuz yönde etkileyebilecek duruma gelmesi, hava kirliliği olarak tanımlanmaktadır.

Hava da tıpkı su ve toprak gibi kirlenebilen bir ortamdır. Bunlardan farklı olarak canlılar, aç ve susuz günlerce yaşayabildiği halde nefes almadan sadece birkaç dakika durabilmektedir. Bu yüzden doğal bileşimdeki hava, tüm canlılar için zorunlu olan yaşamsal bir haktır. Saf hava, başta azot ve oksijen olmak üzere argon, karbon dioksit, su buharı, neon, helyum, metan, kripton, hidrojen, azot monoksit, karbon monoksit, ksenon, ozon, amonyak ve azot dioksit gazlarının karışımından meydana gelmiştir. Tablo 1.1'de atmosfer havasının doğal bileşimi ve bileşen gaz oranları verilmektedir.

Hava kirliliği, modern yaşamın bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır. Sıkışık düzende kurup, içinde kendimizi yaşamaya hapsettiğimiz kentlerde; ulaşım, ısınma ve aydınlanma için gerekli enerji ve her geçen gün artıp, çeşitlenen tüketim gereksinmemizi karşılamaya yönelik toplu üretimin artıkları, havayı yoğun gaz ve toz kalıntılarıyla doldurmaktadır.

Tablo 1.1. Atmosferin doğal bileşenleri (Tünay ve Alp, 1996)

Bileşenler	Hacim (%)	Yoğunluk (ppm)
Azot	78,084 ± 0,004	780,900
Oksijen	20,946 ± 0,00	209,400
Argon	0,934 ± 0,001	9,300
Karbondioksit	0,033 ± 0,001	315
Neon		18
Helyum		5,2
Metan		1,5
Kripton		0,5
Hidrojen		0,5
Ksenon		0,08
Azot dioksit		0,02
Ozon		0,01 - 0,04

Günümüzde, her geçen gün artan çevre sorunlarının başında gelen bu kirlilik, geleceğin dünyasını ciddi bir şekilde tehdit etmekte, ekolojik tehlikelerle karşı karşıya bırakmaktadır. Son on yılda hava kirliliği seviyeleri, motorlu araçlar, inşaat sektöründeki gelişmeler ve endüstriyel kuruluşların sayısındaki artışlar nedeniyle artarak devam etmektedir (Ohura ve diğ., 2009). Dünya nüfusunun hızla büyümesine paralel olarak, artan enerji kullanımı, endüstrinin gelişimi ve şehirleşmeyle ortaya çıkan hava kirliliği insan sağlığı ve diğer canlılar üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Özellikle 19. yüzyıldan itibaren sanayiye bağlı olarak artan hava kirliliği günümüzde başta büyük şehirler olmak üzere bütün dünyayı tehdit etmektedir. Hava kirliliğinin küresel bir tehdit oluşturmasında atmosferik hareketlerin sınır tanımayışı da önemli bir rol oynamaktadır.

Hava kirliliği, atmosferde bir veya daha fazla kirleticinin, insan, bitki ve hayvan yaşamına; ticari veya kişisel eşyalara ve çevre kalitesine zarar veren miktar ve sürelerde bulunması olarak tarif edilebilir (Müezzinoğlu, 1987). Bu kirleticiler, gaz (SO_2 , NO_x , HC, CO, CO_2) ve toz (duman, metalik duman, uçucu kül, mist, aeresoller) halindeki kirleticiler olmak üzere genel olarak iki alt grupta toplanmaktadır. Bunun dışında ozon (O_3), peroksi asetil nitrat (PAN) ve peroksi

benzol nitrat (PBN) gibi fotokimyasal oksidantlar da ikincil hava kirleticileri olarak tanımlanmaktadır.

Hava kirleticilerin havaya atıldığı yere veya faaliyete kirletici kaynak adı verilmektedir. Hava kirletici kaynaklar, doğal kaynaklar ve insan faaliyetleri sonucunda meydana gelen (antropojenik) kaynaklar olmak üzere iki sınıfta ele alınmaktadır. Hava kirleticilerinin doğal kaynakları; volkanik patlamalar, orman yangınları, toz fırtınaları, okyanuslar, denizler ve bitkiler olarak gösterilebilir. Başlıca antropojenik kaynaklar ise ulaştırma (uçaklar, motorlu taşıtlar, demiryolları ve gemiler), endüstri (termik santraller, endüstriyel prosesler ve katı atık yakma tesisleri) ve ısınma (katı, sıvı, gaz yakıt sobaları ve kalorifer kazanları) olarak sıralanabilir. Bu iki temel kaynak türü içerisinde insan yapımı olan antropojenik kaynaklar en etkin olanlarıdır (Aydın, 2006). En önemli antropojenik kaynaklar; araç egzozları, benzinin buharlaşması, solventlerin buharlaşması, doğalgaz ve sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG)'den sızmalardır (Srivastava ve diğ., 2005).

Ülkemizde tüketilen enerji kaynaklarının % 41'i konutların ısıtılması amacıyla kullanılmaktadır. Özellikle kış aylarında görülen kirliliğin % 90'ından sorumludur. Şehirlerde hava kirliliğinin % 40'ını trafik oluşturmaktadır. Yazın bu oran daha da artmaktadır. Şehir merkezlerinde endüstrinin etkisi yaklaşık olarak % 20 civarındadır (Aydınlar ve diğ., 2009).

Hava kirliliği ısınma, saniyeleşme, ulaşım gibi insan faaliyetleri sonucu meydana geldiği gibi doğal olaylar sonucu volkanik gazlar, çiçek tozları gibi nedenlerle de oluşabilmektedir. Doğanın kirlenmesi, ulusal sınırlarda bitmemekte diğer ülkeleri de etkileyebilmektedir. Örneğin, eski adıyla, S.S.C.B'de uzun zaman önce meydana gelmiş olan Çernobil nükleer kazası sonucu oluşan kirli hava, Doğu Avrupa ülkelerinde ve ülkemizde oldukça sorun olmuştur. Bir ülkenin sınırları dışında meydana gelen kirli hava başka bir ülkenin suyunu, toprağını, havasını ve bitkilerini kirletebilmekte, ekonomisini bozabilmekte ve insanların korku içinde yaşatabilmektedir. Dolayısıyla hava kirliliği, hem ulusal hem de uluslararası boyutta bütün dünyayı ilgilendiren bir olaydır.

1.2. Hava Kirliliğinin Sağlık Üzerine Etkileri

1950'lerden beri kirliliğinin insan sağlığına etkilerini gösteren kanıtlar vardır. 1980 sonları 1990'larda ise yeni epidemiyolojik çalışmalarla hava kirliliğinin sağlığa etkileri gösterilmiştir. Bu çalışmalar önce Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve Avrupa ülkelerinde yapılmış, daha sonra pek çok ülkede de benzer çalışmalar ile sağlığın olumsuz etkilendiği gözlenmiştir. Bu çalışmalarda ölümler, hastaneye başvurular gibi sağlık göstergeleri ile havadaki kirlenici derişimlerinin ilişkisi aranmış ve her ikisinin birlikte artış veya azalış gösterdiği belirlenmiştir.

Hava kirlenicilerindeki günlük artışlar çeşitli akut sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Örneğin kirlenici derişiminin artması astım ataklarında artışa yol açmaktadır. Kirlenicilere uzun süreli maruz kalım ile sağlıkta kronik etkiler ortaya çıkmaktadır. ABD ve Hollanda'da yapılan çalışmalarda hava kirliliği olan bölgelerde yaşayanların ömrünün, kirliliğin olmadığı bölgelerde yaşayanlara göre 1-2 yıl daha kısa olduğu belirlenmiştir. Yalnızca gelişmekte olan ülkelerde havada bulunan partiküler madde ve kükürt dioksit nedeniyle yılda 500000 kişinin öldüğü tahmin edilmektedir (TTB, 2012).

Hava kirliliğinin sağlık etkisi öksürük ve bronşitten, kalp hastalığı ve akciğer kanserine kadar değişmektedir. Kirliliğin olumsuz etkileri sağlıklı kişilerde bile gözlenmekle birlikte, bazı duyarlı gruplar daha kolay etkilenmekte ve daha ciddi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Tablo 1.2'de bu risk grupları verilmiştir. Bu gruplardan biri yaşlılardır. Fizyolojik kapasitesi ve fizyolojik savunma mekanizması fonksiyonlarındaki azalma, kronik hastalıklardaki artma nedeniyle yaşlılar normal popülasyondan daha duyarlıdır, bu nedenle daha kolay etkilenmektedir. Küçük çocuklar, savunma mekanizmalarının gelişimini tamamlamaması, vücut kütle birimi başına daha yüksek ventilasyon hızlarına sahip olmaları ve dış ortamla daha sık temas etmeleri nedeniyle daha fazla riske sahip diğer bir gruptur. Yaş yapısı yanı sıra hava yolunda daralmaya yol açan hastalıklar da kirlenicilere duyarlılığı artırmaktadır. Yapılan çalışmalar kirlilik arttıkça astım ve kronik obstrüktif akciğer hastalıkları (KOA) gibi hastalıkların alevlenmelerinde artış olduğunu göstermiştir. Kalabalık yaşam, yetersiz sanitasyon, beslenme yetersizliği gibi düşük yaşam standartları da duyarlılığı etkileyen faktörlerdendir. Bu koşullarda yaşayanlar, enfeksiyon

hastalıkları sorunları ile karşı karşıyadır ve yetersiz sağlık hizmeti almaktadırlar. Bu nedenle hava kirliliğinin sonuçlarından daha fazla etkilenilmektedir (TTB, 2012). Tablo 1.2’de havadaki kirleticilerin sağlığa etkileri özetlenmiştir.

Tablo 1.2. Hava kirliliğinden en çok etkilenen risk grupları ve kirleticilerin sağlığa etkileri

Etkilenen risk grupları	Hava kirleticilerinin sağlığa etkileri
Bebekler ve gelişme çağındaki çocuklar	Solunum fonksiyonlarında bozulma
Gebe ve emzikli kadınlar	Solunum sistemi hastalıklarında artış
Yaşlılar	Kronik akciğer hastalıklarında artış
Kronik solunum ve dolaşım sistemi hastalığı olanlar	Kronik solunum sistemi hastalığı olan kişilerin hastalıklarının alevlenmesinde artış
Endüstriyel işletmelerde çalışanlar	Kronik kalp hastalığı olan kişilerin hastalıklarının alevlenmesinde artış
Sigara kullananlar	Kronik kalp hastalığı olan kişilerin hastalıklarının alevlenmesinde artış
Düşük sosyo ekonomik grup içinde yer alanlar	Kanser insi dansında artış Erken ölüm insi dansında artış

Amerika Birleşik Devletleri, en yaygın olarak karşılaşılan altı hava kirleticiyi “criteria” kirletici olarak belirlemiş, bunlar için birincil ve ikincil standartlar koymuştur. Birincil standart, insan sağlığını hassas insanlar (astımlılar, çocuklar, yaşlılar) da dahil olmak üzere korumak için geliştirilmiştir. İkincil standart ise halk sağlığını, hayvanları, zirai ürünleri, bitki örtüsünü ve binaları korumak üzere geliştirilmiştir. Yaygın hava kirleticilerinin havadaki derişimleri ve emisyonları USEPA tarafından sürekli takip edilmektedir. Veriler göstermektedir ki, ABD’de yaklaşık 30 milyon insan altı yaygın kirleticinin en az birinin insan sağlığını tehdit eden derişimlerde bulunduğu bölgelerde yaşamaktadır. Bu kirleticilerin insan sağlığına etkileri sürekli araştırılmakta ve yeni veriler ortaya çıktıkça standartlar revize edilmektedir. Buna en son örnek toz standartlarında yapılan değişikliklerdir. Çapı 10 mikrometre’den küçük olan toz parçaları için var olan standardın formu değiştirilmiş; çapı 2,5 mikrometreden küçük olan toz parçaları için yeni bir standart getirilmiştir (Sofuoğlu, 2012).

1.3. Hava Kirletici Gazlar

Bu bölümde insan sağlığı ve çevresel etkileri bulunan temel hava kirleticilerin tanımı, kaynak ve diğer özellikleri üzerinde durulmuştur.

1.3.1. Azot oksitler (NO_x)

Azot oksitler (NO_x), katı veya sıvı yakıtlar yüksek sıcaklıklarda yandığında oluşur. İki önemli kaynağı motorlu taşıtlar ve termik santrallerdir. Diğer endüstri tesisleri, ticari ve evsel ısınma için kullanılan yakıt türleri de NO_x kaynakları arasındadır. Kentsel bölgelerde partikül madde (PM_{2,5}, PM₁₀) oluşumuna katkıda bulunurlar. Malzemeler üzerinde korozyon etkileri vardır. Özellikle kentsel bölgelerde taşıt sayısındaki artışa bağlı olarak NO_x derişimleri da artmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde genel olarak kükürt dioksit ve partikül madde azalma gösterse bile NO_x emisyonları, artan taşıt sayısı ve sanayileşme nedeniyle artış göstermektedir (Han ve Naeh, 2006).

Azot monoksit (NO) renksiz, kokusuz bir gaz olup yüksek sıcaklık altında tüm yanma işlemleri sonucunda meydana gelmektedir. Atmosfere karışan NO gazının yaklaşık % 80'i doğal kaynaklardan, % 20'si antropojenik kaynaklardan gelir. Doğal ve antropojenik kaynaklardan yılda atmosfere karışan toplam NO gazının 650 milyon ton olduğu hesaplanmıştır. Bunun yaklaşık 110 milyon tonu antropojenik kaynaklı olup (körfez krizinden önceki durum) yanma sonucu meydana gelen yüksek sıcaklık bölgelerinde (motorlarda, santrallerde, fabrikalarda, fırınlarda, yangınlarda v.s) teşekkül eder (Taş, 2006).

Azot monoksit gazının havadaki derişimi karbon monoksit (CO) derişimine göre çok düşüktür. Ancak NO gazı, CO gazından 23 kat daha toksik olduğundan, NO derişiminin artması çok tehlikelidir. NO bir radikaldir ve kan zehridir. Maksimum NO derişimleri çoğunlukla sonbaharın sonlarında ve kış aylarında oluşur. Bu aylar ısınma enerjisinin maksimum ihtiyaç duyulduğu, rüzgar hızlarının düşük olduğu ve solar radyasyonların en az olduğu aylar olarak tanımlanır (Peavy ve Rowe, 1987). Antropojenik kaynaklardan gelen NO gazı daha çok yerleşim merkezlerinden, başka bir deyişle küçük hacimler içinde meydana geldiğinden, belirli yerlerde derişimi çok

yükselebilir. Bu da başta insan olmak üzere bütün canlılar üzerinde son derecede zararlı olur.

Azot dioksit (NO_2) gazının, esas kaynağı NO gazıdır. NO gazının bir kısmı hava oksijeniyle yükseltgenerek NO_2 haline dönüşür. Atmosferde oldukça yaygın olarak bulunan NO_2 , güçlü bir oksidandır ve partiküllerle birlikte bulduklarında kentsel bölgelerde kırmızımsı-kahve renkli bir tabaka halinde görülebilir. Azot dioksit bitkilere de zarar verir. 0,3 ppm gibi düşük derişimlerde, büyümeyi engeller. Daha yüksek derişimlerde ise, hassas bitkilerin yapraklarında gözle görülür bozulmalara neden olur. Sucul ortamdaki yaşamda asidifikasyona neden olurlar bu da bitkilerde ve toprakta olumsuz değişimlere yol açar. Ayrıca ötrofikasyona, dolayısıyla su kalitesinin bozulmasına neden olurlar.

Azot dioksit seviyelerinin standartları aşan değerlerinin, sağlığa olan ters etkilerinin yanı sıra bu kirleticilerin kükürt dioksit ile birlikte yüksek miktarlarda bulunması insan sağlığına yaptığı olumsuz etkiyi daha da şiddetlendirmektedir. Global olarak her yıl atmosfere yaklaşık 150 milyon ton NO_x 'in salındığı hesaplanmaktadır. Bu miktarın yaklaşık yarısı doğal kaynaklardan yarısı da insani kaynaklardan gelmektedir. NO_x 'in doğal kaynakları olarak orman yangınları, yıldırım ve topraktaki mikrobiyolojik prosesler göz önüne alınmalıdır (İncecik, 1996).

Azot oksitler, yüksek sıcaklıklarda ($1200\text{ }^\circ\text{C}$) oluşan oldukça reaktif gazlardır. Bu nedenle üst solunum yollarında elimine edilmeden solunum yollarının en uç noktalarına kadar inhale edilir ve buralarda olumsuz etkilerini gösterirler. NO sinir sistemine etki ederek solunum felcine; NO_2 akciğerlerdeki alveollerde irritasyona yol açar. NO_2 etkisini çok çabuk gösteren bir gazdır. İşyeri havasında NO_2 'ye maruz kalan bir kimse, koku ve görünüşünün farkına varmaksızın öldürücü dozu soluyabilir.

Peroksilasetil nitrat, peroksi propiyonil nitrat (PPN) ve peroksi benzoil nitrat (PBzN) gibi kirleticilerin ve kötü ozon oluşumunda önemli rol oynarlar. Metanın (CH_4) atmosferde kalış süresini sınırlayan hidroksit (OH) radikalinin konsantrasyonunu tüketerek, dolaylı yoldan global ısınmaya katkıda bulunduğu düşünülmektedir.

1.3.2. Kükürt oksitler (SO_x)

Kükürt oksitler (SO_x) denince akla kükürt dioksit (SO₂) ve kükürt trioksit (SO₃) gelir. Her ikisi de en çok bilinen birincil hava kirleticilerdendir. Yaklaşık 200 milyon tonu doğal kaynaklardan, 150 milyon tonu da antropojenik kaynaklardan olmak üzere atmosfere her yıl 350 milyon ton kadar kükürt oksitleri karışır (Taş, 2006). Doğal kaynaklardan karışan kükürt oksitleri, atmosfere doğrudan kükürt oksitler olarak değil, hidrojen sülfür (H₂S) olarak karışır ve hidrojen sülfür atmosferde oksijenle, ozonla yükseltgenerek kükürt oksitleri haline dönüşür.

Kükürt, ham petrol, kömür ve alüminyum, bakır, çinko, kurşun, demir gibi maden cevherinde bol miktarda bulunur. SO_x gazları petrol, kömür gibi kükürt içeren katı ve sıvı yakıtların yanması, petrolden benzin ekstrakte edilmesi ve maden cevherinden metallerin zenginleştirilmesi ve fosil yakıtların yakılması gibi işlemler sonucunda oluşur. Fosil yakıtlardan, özellikle kömür yandığı zaman önemli ölçüde kükürt oksitleri meydana gelir. Kömürde genellikle % 0,2 - % 7 arasında değişen oranlarda kükürt bulunur. Kalitesiz kömürler daha yüksek oranlarda kükürt ihtiva eder.

Atmosfere salınan SO₂'nin büyük bir kısmı elektrik üretiminde kullanılan yakıtlardan kaynaklanır. Özellikle kömürün yakıt olarak kullanıldığı termik santraller SO₂ emisyonunun en büyük kaynaklarıdır. Bunun dışında ham madde işleyerek üretim yapan endüstriler de önemli SO₂ kaynaklarıdır. Petrol rafineleri, çimento fabrikaları, metalürji endüstrisi gibi tesisler atmosfere SO₂ salınımını gerçekleştirir. Kentsel bölgelerde konut ve işyeri ısıtmasında kullanılan katı ve sıvı yakıtlar da kent atmosferi SO₂ kirletici kaynaklarıdır. Orman yangınları, volkanik faaliyetler gibi doğal kaynaklarda da bulunur. Atmosferde sülfat aerosolleri ve partikülleri oluşturur. Atmosferde kalış süresi 2 ya da 4 gün arasında değişen, rüzgarlarla çok uzun mesafelere taşınabilen kükürt dioksit, sadece bulunduğu bölgelerde değil taşındığı yerlerde de önemli olumsuzluklara neden olmaktadır.

Kükürt dioksitin atmosferdeki nemde çözülmesi, güneş ışığı ve bazı kimyasalların varlığında sülfürik asit oluşturur. SO₂ suda kolayca çözülerek asit ve diğer ana ürünleri oluşturur. Asit yağmurlarının oluşmasında önemli katkısı vardır. Asit yağmuru, antropojenik kaynaklardan gelen SO₂ ve NO_x'lerin asitlere dönüşerek bulutlardaki su damlacıklarında ve yağmur damlalarında absorbe edilmeleri suretiyle

oluşur. Buna “yaş birikim” de denir. Asit yağmurları veya asit birikimi, son 20 yıl içinde bölgesel ölçekte önemli çevre problemlerinden biridir. Bilhassa İskandinav ülkelerinde, Kanada'da ve ABD'nin kuzeydoğu eyaletlerinde sucul yaşamda (göllerde), bitkilerde ve toprakta olumsuz değişimlere yol açmıştır. ABD'nin doğu kesiminde asit yağmurunun yaklaşık olarak % 65'inin sülfürik asit, % 30'unun nitrik asit, ve geri kalanının da diğer asitlerden oluştuğu belirlenmiştir. Asit yağmurunun en zararlı etkilerinden biri doğal su kaynaklarının (göller) asidifikasyonudur. Bunun neticesinde suda yaşayan canlılar ve bilhassa balıklar ölmektedir. Asit yağmurunun başka bir etkisi de, toprakta besin olarak kullanılan minerallerin çözünmesidir (demineralizasyon). Demineralizasyon neticesinde ürünlerde ve ormanlarda produktivite düşüşleri ve doğal bitki türlerinde tahribat meydana gelir.

Kükürt dioksitin mermer ve yapılar üzerindeki etkisi, kireçtaşı (CaCO_3) ile reaksiyona girerek suda çözünebilen ve dolayısıyla yapıların zamanla yıpranmasına yol açan, CaSO_4 ve $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ meydana getirmesidir. Kükürt oksitler, atmosferde veya metal yüzeylerinde sülfürikasit oluşturmak suretiyle, metallerin korozyon hızlarının artmasına neden olmaktadır.

Genelde hava kirleticilerinin tekstil, kumaş ve dokumalar üzerinde yapısal bağları zayıflatıcı ve germe kuvvetini düşürücü etkileri vardır. SO_2 'nin selüloz elyaflar, naylon ve pamuk üzerinde zarar verici etkileri bulunmaktadır. SO_2 'nin deri ve kâğıt malzemeler üzerinde de yıpratıcı etkileri vardır. SO_2 , deri tarafından absorbe edilerek sülfürikaside dönüşür ve bu da derinin yapısını bozar. Bu, özellikle kütüphanelerdeki kitap ciltlerinin çatlamasına yol açmaktadır.

Kükürt oksitlerin sebep olduğu kirlilik ve oluşturduğu ikincil ürünler insan sağlığına ve çevreye önemli zararlar vermektedir. SO_2 derişimi sınır değerlerinin üzerinde olduğu zaman özellikle astımlı, bronşitli, kalp ve akciğer hastalarının sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. 24 saatlik bir maruziyette yaşlı ve çocuklarda solunum yolları hastalıklarında ilerlemeler görülmüştür.

1.3.3. Karbon monoksit (CO)

Karbon monoksit (CO), atmosferde bulunan en yaygın ve en zararlı hava kirleticilerden birisidir. Karbon monoksit, karbon atomu içeren maddelerin

tamamlanamayan yanmalar sonucu meydana gelen renksiz, kokusuz, öldürücü özelliği olan tehlikeli bir gazdır. Kapalı ortamlar ve dış hava ortamları için hava kirletici özelliğe sahip bir gazdır. Yanma ürünü karbon dioksittir (CO₂). Karbon monoksit, antropojenik ve doğal olmak üzere iki kaynaktan gelir. Özellikle kentsel bölgelerde CO'nin en önemli kaynağı taşıtlardır. Dış hava ortamlarında bulunan motorlu taşıtların egzozlarında çıkan gaz, en önemli CO kaynağı olarak gösterilmektedir. Kent atmosferindeki CO'nin yaklaşık % 85 - % 95'i taşıtlardan kaynaklanır ve pik seviyesine genellikle yoğun araç trafiğinin ve tıkanıklığının yaşandığı bölgelerde ulaşır (Gomez-Perales ve Colvile, 2004). Ayrıca yanmanın iyi olmadığı diğer bütün antropojenik aktiviteler sonucunda da (fabrika, gemi, lokomotif, kalorifer bacalarından) önemli oranda karbon monoksit çıkar ve atmosfere karışır. Kapalı ortamlarda CO kaynakları olarak gösterilenler ise, düzensiz havalandırılan ya da hiç havalandırılmayan gaz ocakları, ısıtıcı, vb. araçların yanması ve kapalı ortamlarda içilen sigara dumanıdır. Özellikle Türk vatandaşlarında görülen kapalı ortamlarda mangal yakma alışkanlığı ve bacalarını düzenli olarak temizlemeye önem vermemeleri nedeniyle CO, kapalı ortamlarda ölümlere sebep olmaktadır.

Doğal CO kaynağının nedeni metandır. Metan, atmosferde çok karışık bir takım fotokimyasal reaksiyonlar sonunda oksitlenir ve karbon monoksit verir. Kararlı bir gaz olan karbon monoksitin atmosferde kalıcılık süresi 2 aydan fazladır. Bütün dünyada karbon monoksit üretiminin yılda toplam 232 milyon ton olduğu göz önüne alındığında bu miktarın dünya atmosferi için yarattığı sorun daha da belirgin olmaktadır (Taş, 2006).

Şehir havasında bulunan karbon monoksit insan sağlığına tehlikeli etkilerde bulunmaktadır. CO akciğer alveollerindeki kılcal damarlarla emilerek ve kandaki hemoglobine bağlanarak, kanın oksijen taşıma kapasitesini etkilemektedir. CO, oksijene göre kandaki hemoglobine ortalama 200 - 250 kat daha fazla yapışmaktadır. Böylece kanın oksijen taşıma kapasitesini önemli ölçüde engellemektedir. Sonuç olarak bu durum vücudun oksijen miktarını ciddi bir şekilde azaltarak ölümlere yol açabilmektedir (İncecik, 1996; Vural, 2005; Soysal ve Demiral, 2007, Lee ve Chang, 2000).

Karbon monoksit zehirlenmeleri insan sağlığı üzerine çok büyük etkiler yaratmaktadır. CO gazına etkilenmenin miktarı ve süresi, etkilenenin yaptığı faaliyet, etkilenenin çocuk ya da yaşlı olması, solunum sistemi ve kalp damar hastalıkları gibi çeşitli etkenler bu gazdan etkilenmenin risk derecesini arttırdığı bilinmektedir. CO gazı sağlıklı yetişkin bireylerde iş görme gücünü azalttığı gibi kas ağrıları, baş ağrıları, gözlerde küçülme gibi belirtiler gösterebilir (Vural, 2005; Soysal ve Demiral, 2007, Pelham ve diğ., 2002).

Karbon monoksitin kandaki Hemoglobine bağlanarak meydana getirdiği kandaki doymuş CO ile Hemoglobin yoğunluğunun %'sine Karboksi hemoglobin (COHb) denir. İnsanlardaki hastalık oluşturma miktarı 8 saatlik maruz kalma sonucunda milyonda 30 kısım olarak belirtilirken, öldürme miktarı olarak bir saatlik maruz kalma sonucunda milyonda 120 kısım olarak tarif edilmektedir (Karakoç ve diğ., 2005). Tablo 1.3'te farklı işlerde çalışan ve CO gazına maruz kalmamış kişilerin CO gazına maruziyet sonrası kanında oluşabilecek COHb miktarları verilmiştir.

Tablo 1.3. Farklı işlerde çalışanların CO maruziyeti sonucu kanlarında oluşabilecek COHb miktarları (Karakoç ve diğ., 2005)

CO Derişimi Maruziyet Süresi			Tahmin Edilen (%) CoHb Miktarı		
ppm	mg/m ³	süre	Oturularak yapılan iş	Hafif iş	Ağır iş
100	115	15 dak.	1,2	2	2,8
50	57	30 dak.	1,1	1,9	2,6
25	29	1 saat	1,1	1,7	2,2
10	11,5	8 saat	1,5	1,7	1,7

1.3.4. Partikül Maddeler

Partiküller, hava kirleticileri içerisinde önemli bir yere sahiptir. Partiküler madde (PM) tanım olarak, atmosferde standart şartlarda katı haldeki parçacıklara ve sıvı olarak bulunan damlacıklara denilir. Bunlar 0,1 ile 100 µ arasında değişen boylarda bulunurlar. Partikül boyutu genellikle aerodinamik çap olarak ifade edilir ve birkaç

nanometreden (nm) onlarca mikrometre (μm) ap aralığında değişim gösterir. 2,5 μm çaptan daha b \ddot{u} y \ddot{u} k çaplı “kaba partik \ddot{u} ller”, 2,5 μm den daha k \ddot{u} çükler “ince partik \ddot{u} ller” ve 100 nm çaptan daha k \ddot{u} çük olanlar ise “ ok ince partik \ddot{u} ller” olarak adlandırılırlar. Genel olarak katı ve sıvı yakıtların yanmasında, motorin ve kurşunlu benzin kullanan taşıtlardan, termik santraller gibi yanma işlemlerinden ve bazı end \ddot{u} striyel aktivitelerden kaynaklanır. İlaveten atmosferik gazların d \ddot{u} n \ddot{u} ş \ddot{u} m \ddot{u} yle oluşurlar. Kaba partik \ddot{u} ller genellikle mekanik yollarla \ddot{u} retilirler. Çekirdek aerosoller, buhar yoğunlaşması veya gaz-partik \ddot{u} l d \ddot{u} n \ddot{u} ş \ddot{u} m \ddot{u} boyunca oluşurken, birikme modu partik \ddot{u} l maddeler, çekirdek partik \ddot{u} llerin koag \ddot{u} lasyonu veya buhar yoğunlaşması yoluyla oluşurlar (Atımtay ve diğ., 2010).

Partik \ddot{u} ller, gaz molek \ddot{u} llerinden binlerce defa daha b \ddot{u} y \ddot{u} k olduklarından, er veya ge e tekrar yery \ddot{u} z \ddot{u} ne d \ddot{u} nerler. Atmosfer kirliliği s \ddot{u} z konusu olduğu zaman, partik \ddot{u} l kelimesinden başka bir de aerosol kelimesi kullanılır. Aerosol, bir katı veya sıvının bir gaz i inde çok k \ddot{u} çük par acıklar halinde dağılmış şeklidir. Çeşitli partik \ddot{u} llerden s \ddot{u} z edilir ve başlıcaları şunlardır; sis veya pus (havadaki çok k \ddot{u} çük su k \ddot{u} recikleridir), duman (inorganik ve organik buharların havada yoğunlaşması sonucu meydana gelen par acıklardır), toz (b \ddot{u} y \ddot{u} k katı maddelerin ufalanmaları sonucu meydana gelen par acıklardır) ve is (yanma sonucu meydana gelen siyah par acıklardır).

Atmosfere, orman yangınlarından, volkanik hareketlerden ve antropojenik kaynaklardan çok b \ddot{u} y \ddot{u} k miktarlarda partik \ddot{u} l girer. Bu şekilde atmosfere giren partik \ddot{u} llere birincil partik \ddot{u} ller denir. Çeşitli kaynaklardan atmosfere giren terpenler, SO_x , H_2S , NO_x , NH_3 gibi gazlar su buharı toplayarak partik \ddot{u} ller (aerosoller) meydana getirirler. Bu şekilde meydana gelen partik \ddot{u} llere ikincil partik \ddot{u} ller denir. Bunların atmosferdeki yıllık miktarının 1,1 milyar ton kadar olduğu tahmin edilmektedir (Taş, 2006).

Partik \ddot{u} l maddelerin fiziksel \ddot{u} zellikleri yanında kimyasal kompozisyonu da sağlık a ısından olduk a \ddot{u} nemlidir. Partik \ddot{u} l maddeler civa, kurşun, kadmiyum gibi ağır metaller ile kanserojenik kimyasalları b \ddot{u} nyelerinde bulundurabilmekte ve sağlık \ddot{u} zerinde \ddot{u} nemli tehdit oluşturabilmektedirler. Bu zehirli ve kanser yapıcı kimyasallar, nemle birleşerek aside d \ddot{u} n \ddot{u} ş \ddot{u} mektedir. Kurum, u ucu k \ddot{u} l, benzin ve

dizel araç egzoz partikülleri, benzo(a)piren gibi kanser yapıcı maddeler içerdiğinden bunların uzun süre solunması kansere sebep olmaktadır (Pope ve diğ., 2002).

Havadaki partikül madde, insan sağlığını etkileyen en önemli kirleticilerden biridir. Partikül boyutu ile sağlık üzerindeki olumsuz etkisi direkt olarak bağlantılıdır. Partikül çapı küçüldükçe, yüzey alanı artmakta ve partiküllerin olumsuz etkileri artmaktadır. Solunum yollarına alınan PM'nin 10 mikrondan büyük kısmı burun ve nazofarenkste tutulmaktadır. 10 mikrondan küçük kısmı bronşlarda birikirken, 1 - 2 mikron çapındakiler alveollerde toplanmaktadır. 0,5 mikron çapındaki partiküllerden; özellikle 0,1 µm çapında olanlar, alveollerden intrakapiller aralığa difüze olmaktadır. Alveolo-kapiller bariyeri geçen partiküller, başta kardiyak fonksiyonlar olmak üzere diğer sistemleri olumsuz etkileyebilmektedir (Bayram ve diğ., 2006).

1.3.5. Hidrokarbonlar (HC)

Hidrokarbonlar, hidrojen ve karbondan oluşan bileşiklerdir. Hidrokarbonlar, kömür, petrol, doğal gaz ve benzinin yanmasından ve endüstriyel solventlerden meydana gelmektedir. Atmosferde bulunan hidrokarbonların büyük miktarı doğal kaynaklıdır. Bu kaynakların en önemlisi mikrobiyal bozunmalarda oluşan biyolojik reaksiyonlardır. Katran, zift gibi sıvı - katı fazlarda olan yanmamış hidrokarbonlar ve aromatik hidrokarbonların kanser yapıcı etkileri vardır.

Motorlu araç egzozlardan çıkan yarı yanmış ya da yanmamış hidrokarbonlar, benzin istasyonlarında benzin doldururken ve boşaltırken havaya karışan doymuş hidrokarbonlar, metal, boyama işleri, kuru temizlemede kullanılan hidrokarbon içerikli organik çözücüler ve petrol rafinerisi gibi kimyasal imalat yapan fabrikalardan çıkan organik ürünler, buharlaşarak atmosfere girerler.

Hidrokarbonların kendileri zararlı değildir. Ancak, fotokimyasal reaksiyonlarla kirletici ve zehirli maddelere dönüşerek duman (smog) denilen olayı meydana getirirler. Hidrokarbonların karbon sayısı 1 - 4 arasında olanlar normal şartlarda gaz, daha yukarı olanlar ise sıvıdır.

Atmosfer kirlenmesine, gaz halinde olanlar ile buhar basıncı düşük olup, kolay buharlaşabilen hidrokarbonlar sebep olmaktadır. Benzin ve diğer petrol ürünlerinin

en önemli kimyasalları olan hidrokarbonlar, alifatik ve aromatik olmak üzere iki temel sınıfa ayrılırlar.

Alifatik hidrokarbon grubu; alkanlar, alkenler ve alkinleri içermektedir. Alkanlar; doymuş hidrokarbonlar (örneğin; metan) olup, fotokimyasal reaksiyonlarda aktif değildirler. Alkenlere daha çok olefinler denilmektedir, doymamışlardır ve atmosferik fotokimyasal olaylarda oldukça fazla reaktiftirler. Etilen gibi alkenlerin kimyasal reaksiyona girme yeteneği, hava kirliliği açısından onları alkanlara göre çok daha önemli kılar. Güneş ışığının az olması halinde azot oksitle yüksek derişimlerde reaksiyona girerek peroksiasetil nitrat gibi ikincil derece kirliliği oluşturur. Bu arada ozon da oluşur. Ozon, atmosferin doğal bileşiminde bulunan, stratosfer tabakasında pik derişimlere ulaşan oldukça reaktif bir gazdır. Ozon suda çözünmediğinden solunum sisteminin derinliklerine ulaşarak, akciğerlerdeki olumsuz etkilerini gösterir (Bayram, 2006). Troposferde antropojenik aktiviteler sonucu üretilir. Kentsel ve kırsal atmosferde NO₂'nin ve güneş ışığının varlığında gerçekleşen fotokimyasal süreçlerden oluşur. 1950'lerde Los Angeles atmosferinde fark edilmeye başlanmıştır. Stratosferden taşınım da yaşadığımız atmosferdeki O₃'nun artışına katkıda bulursa da büyük oranda antropojenik kaynaklardan üretilir (Atımtay, 2010).

Alifatiklerin üçüncü serisi alkinler, her ne kadar çok reaktif iseler de çok ender bulduklarından hava kirliliği çalışmalarında önemli bir yerleri yoktur. Alkenlerin ilk üyelerinden olan etilen, bitkilerde hasar meydana getiren bir kaç hidrokarbondan biridir. İnsan ve hayvanlarda yapılan deneysel testler, alifatik hidrokarbon derişiminin 326,5 mg/m³ (500 ppm)'e kadar zararlı bir etkisinin olmadığını göstermiştir.

Aromatik hidrokarbonlar, biyokimyasal ve biyolojik olarak aktiftirler ve bazıları oldukça kanserojendirler. Tüm aromatikler ya benzenden türetilmişlerdir ya da benzenle bağlantıları vardır. Her ne kadar aromatikler doymamış alifatik hidrokarbonların reaksiyona girme özelliklerine uymasalar da aromatik hidrokarbonların polisiklik gurupları bu bileşiklerin çoğunun kanserojenik özellik göstermesinden dolayı her türlü hava kirliliği çalışmalarının en önemli kaygı konusunu oluşturmaktadır. Yerleşim bölgelerindeki akciğer kanserindeki artışın en

önemli sebebinin otomotiv egzoz emisyonunun polisiklik hidrokarbonları olduğu ileri sürülmektedir (Taş, 2006).

Atmosferik koşullarda hidrokarbonların canlılar ve eşyalar üzerinde herhangi bir toksik etkisi doğrudan saptanmamıştır. Ancak hidrokarbon üretilen ve kullanan emdüstirlerde yapılan araştırmalarda 25 ppm hidrokarbon bulunan bir hava ortamında herhangi bir etki saptanmazken, 500 ppm Benzen bulunan bir çalışma ortamında insanlar ancak bir saat dayanabilmektedir. 600 ppm Toluen bulunan bir atmosferde ise insan 8 saatte zehirlenmektedir. Diğer taraftan, hidrokarbonların atmosferde oluşturdukları oksidanlar hem eşyalara, hem de canlılara doğrudan etki etmektedir (Bayat, 2001).

1.4. İç Ortam Hava Kirliliği

Konutlarda ve endüstri dışı diğer kapalı yapılarda, iç ortam havasında insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen karbon monoksit, karbon dioksit, kükürt dioksit, azot oksitler, formaldehit, sigara dumanı, radon, asbest, kurşun, uçucu organik bileşikler, çeşitli mikroorganizma ve alerjenler gibi biyolojik, fiziksel ve kimyasal zararlı etkenlerin görülmesi, “kapalı (iç) ortam hava kirliliği” olarak tanımlanır (Soysal ve Demiral, 2007). İç ortam havası, biyolojik kaynaklı bakteri, mantar, küf, virüs, polen ve onların parçalarından oluşan biyoaerosollerin yanında; yemek pişirme, sigara içimi, ısıtma ve soğutma sistemleri, bina yapı malzemeleri ve mobilyalardan kaynaklanan biyolojik olmayan toz ve diğer kirleticiler nedeniyle de kirletilebilmektedir. Kapalı ortamlardaki hava kalitesini etkileyen gazlar ve tozlar gibi kirleticilerin derişimleri yetersiz havalandırma, uygun olmayan sıcaklık ve nem durumlarında artarak riskli durumların oluşmasına katkı sağlamaktadırlar. İnsan sağlığına etki eden iç ortam kirleticilerinin çoğu hayatın vazgeçilmez birer parçasıdır. Bu maddeler fiziksel ve kimyasal özellikleri sebebiyle uçuculuk göstermektedirler. Bu nedenle iç ortam hava kalitesinin tespiti ve kirleticilere yönelik alınacak tedbirler insan sağlığı açısından çok önemlidir.

Farklı türde pek çok hava kirleticisi iç ortamlarda bulunabilmektedir. Ticari bina ve konutlarda iç ortam hava kalitesini etkileyen birden fazla kaynak bulunmaktadır. Bazı iç ortam kirleticileri temel olarak dış ortamdan kaynaklanırken, bazılarının bina

içi kaynakları vardır. Tablo 1.4’te iç ortamlarda sıkça rastlanan hava kirleticileri ve potansiyel kaynakları özetlenmiştir.

Tablo 1.4. İç hava kirleticilerinin potansiyel kaynakları (ASHRAE, 2005)

Kirleticiler	Potansiyel Kaynakları
Uçucu Organik Bileşikler	Parfümler, Saç spreyleri, Mobilya cilaları, Temizlik solventleri, Hobi ve sanat malzemeleri, Pestisitler, Halı ve iplik boyaları, Tutkal, Yapıştırıcı ve Sızdırmazlık malzemeleri, Boyalar, Vernikler, Yapıştırıcı bantlar, Ahşap koruyucular, Kuru temizlenmiş elbiseler, Güve ilaçları, Hava temizleyici kokular, Depolanmış yakıtlar ve Otomotiv Ürünleri, Kirlenmiş Sular
Formaldehit	Parçacık tutucular, Kontrplaklar, Dolaplar, Mobilyalar, Formaldehit köpük yalıtım katkıları, Halı ve Kumaşlar
Kurşun	Kurşun esaslı boyalar, Dış tozlar ve Toprak
Karbon dioksit	Uygunsuz çalıştırılan gaz veya yağ kazanları
Karbon monoksit	Sıcak su ısıtıcıları, Ocaklar, Odun sobaları
Azot dioksit	Havalandırmasız gaz sobaları, Kerosen ısıtıcılar, Tütün ürünleri, Gaz pişirme sobaları, Araç egzozları
Kükürt dioksit	Kükürt İçeren Yakıtların Yanması
Solunabilir Parçacıklar	Ocaklar, Odun Sobaları, Havalandırmasız Gaz Isıtıcıları, Tütün Ürünleri, Havalandırmasız Kerosen Isıtıcıları
Çevresel Tütün Dumanı	Tütün ürünleri
Biyolojik Kirleticiler	Bitkiler, Hayvanlar, Kuşlar, İnsanlar, Yastıklar, Yataklar, Ev tozları, Islak veya Nemli Malzemeler
Asbest	Boru ve kazan yalıtımı, Tavan ve döşeme levhaları, Dekoratif spreyler, Kaplama ve Lambriyerler
Radon	Toprak ve kaya bazlı bina malzemeleri, Yeraltı suları

İç ortam hava kirliliğinin değerlendirilmesinde, bina yapı malzemesi, bina yapım şekli, yüzeyi ve havalandırma, hava kirliliğine maruz kalan yerlerde değerlendirilmesi önemle göz önünde bulundurulması gereken özelliklerdir. Su (1996)'da "İç Ortam Hava Kirliliği" adı altında yayınladığı makalede, iç ortam hava kirlleticilerinin kontrol edilmesi için alternatif çeşitliliğin kıyaslanması gerektiğini öngörerek iç ortam kirliliğinin aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanabilir olduğunu ortaya koymuştur;

İç Kirletici Akışı - Dış Kirletici Akışı + Emisyon Kaynağı – Havalandırma = İç Ortam Kirliliği

İç ortam havasındaki kirletici düzeyleri birçok faktöre bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Bunlar arasında; 1. Kirletici kaynağı ve şiddeti, 2. Kaynağın kapalı ortam ya da dış ortamdaki yeri, 3. Kirleticilerin kapalı ortama ulaşma şekli, taşınması ve karışması, 4. Sıcaklık, nem ile sinerjistik etki gösteren diğer kirleticiler, 5. Dış ortamdan iç ortama sızan ya da mekanik havalandırma yoluyla giren hava miktarı, bileşimi ve yayılımı ve 6. Hava temizleme aletlerinin etkinliği ve bakımı, sayılabilir (Çakaz, 2011).

Amerika Isıtma - Soğutma ve Klima Mühendisleri Birliği (ASHRAE)'nin (2002), yayınlamış olduğu 62 - 2001 standardında kabul edilebilir iç hava kalitesi, "İçinde, bilinen kirleticilerin, yetkili kuruluşlar tarafından belirlenmiş zararlı derişimler seviyelerinde bulunmadığı ve bu hava içinde bulunan insanların % 80 ve/veya daha üzerindeki bölümünün havanın kalitesiyle ilgili herhangi bir hoşnutsuzluk hissetmediği havadır" şeklinde açıklanmaktadır. İç ortam hava kirliticilerinin miktarları ile ilgili olarak çeşitli uluslararası standartlar mevcuttur. USEPA tarafından açıklanan ortam kirliticilerinin kabul edilebilir derişim değerleri Tablo 1.5'te verilmektedir.

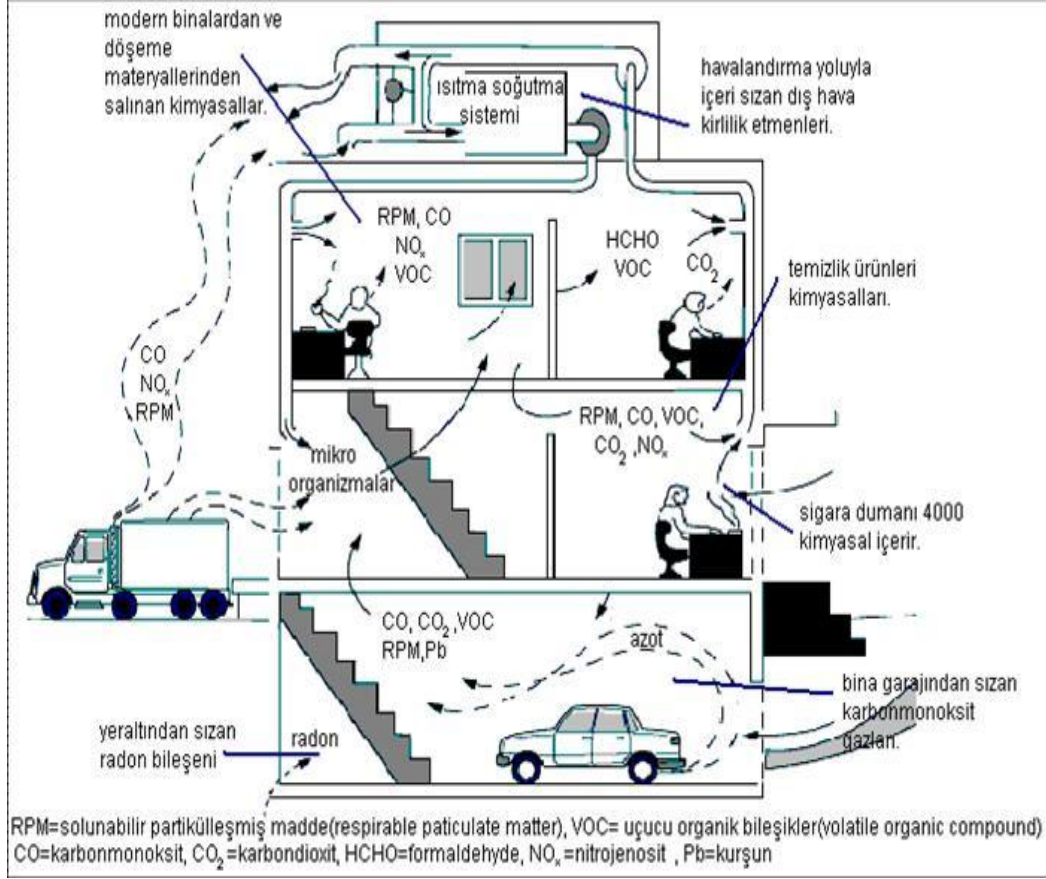
Tablo 1.5. Maksimum iç ortam hava standartları (USEPA, 2001).

İç Ortam Kirleticileri	Müsaade Edilen Konsantrasyonlar
CO	< 9 ppm
CO ₂	< 800 ppm
Küf	İç ve dış havadaki değerler aynı olmalıdır
Formaldehit	< 20 µg/m ³
4-Fenil sikloheksan	< 3 µg/m ³
Toplam Partikül Madde	< 20 µg/m ³
Düzenli kirleticiler	< Ulusal iç ortam standardı
Diğer kirleticiler	< Sınır değerinin % 5'i
Toplam Uçucu Organik Bileşikler	< 200 µg/m ³

Kapalı alanlar, insanların yaşayabileceği kalitede iyi bir iç havaya sahip olmalıdır. İç ortam hava kalitesi insanların gereksinimi olan fiziki, psikolojik ve sağlıklı bir çevreyi sunabilmelidir. Fiziki koşullar olarak sıcaklık, yeterli nem, soğuk, kaliteli temiz bir hava, uygun aydınlanma, yeterli güneş ışığı alabilme ve yeterli genişliğe sahip olup kolay temizlenebilme gibi insanların isteklerini karşılayabilmelidir. Oysa kapalı ortamlarla ilgili sorunların tanımlanması 70'li yılların başındaki petrol krizi sonrası, enerji kısıtlamalarının uygulandığı döneme rastlamaktadır. Bu dönemde binalarda izolasyon ve enerji tasarrufu çok yoğun bir şekilde uygulanmaya başlanmıştır. Isı yalıtımı amacıyla binaların hava sızdırmaz özellikte tasarlanması, iç ortam havasına bağlı sağlık sorunlarının ortaya çıkmasını kolaylaştırmıştır (Düzovalı, 2007). Aynı dönemde doğal ürünlerin yerini sunta ve plastikler almaya başlamıştır. Bu maddelerin çoğu kapalı ortam havasında dağılıp birikmektedirler.

1990'lı yıllarda prefabrike konut yapımının ve sentetik yapı malzemesi kullanımının artması, iç ortamlarda faks makinesi, bilgisayarlar gibi elektronik cihazların yaygınlaşması, sorunu daha da karmaşık hale getirmiştir (Myers ve Maynard, 2005; Gilbert ve diğ., 2006). Bilgisayarların gelişmesi ve yaygın olarak kullanılmaya

başlaması binaların ısı ve elektromanyetik radyasyon yükünü artırmıştır. Aynı zamanda bu ısı, bina içindeki nispi nemin de azalmasına neden olmuştur. Şekil 1.1'de iç ortam hava kirliliğinin nedenleri özetlenmiştir.



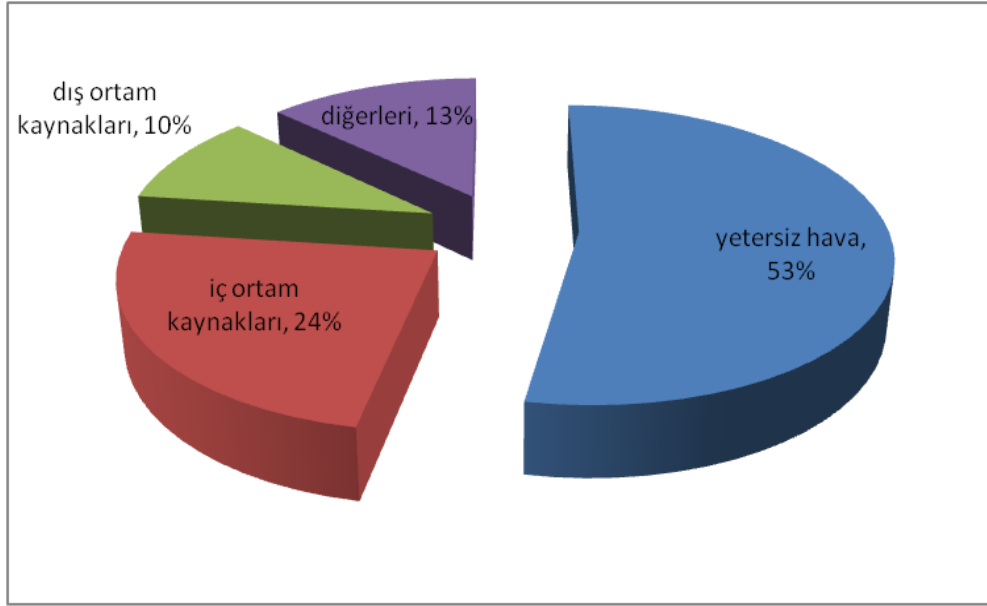
Şekil 1.1. İç ortam hava kirliliğinin nedenleri (URL-1)

Amerika Çevre Koruma Ajansı tarafından yürütülen çalışmalar insanların kapalı alanlarda açık alanlara oranla 2 - 5 kat daha fazla zararlı bileşiklere maruz kaldığını göstermiştir. İç ortamdaki kirleticilere karşı maruziyet, dış ortamdaki kirleticilere karşı maruziyetle karşılaştırıldığında sağlık açısından daha fazla risk taşımaktadır. Çünkü kişiler yaşamlarının büyük bir çoğunluğunu iç ortamda geçirmekte ve bazı kirletici unsurların bina içindeki yüksek konsantrasyonları çoğunlukla dış ortamdaki düzeyleri geçmektedir (Davidson ve diğ., 1996).

İç ortam hava kirliliğinin sebebi, fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörlerin ve ortamdaki havanın yeterli olmamasının ortaklaşa etkisidir.

İç ortam hava kirliliğinin kaynakları dış ortam, havalandırıcılar, bina ekipmanları, mobilyalar ve insan aktivitelerinden biri veya birkaçı olabilmektedir. (Lee ve Chang,

2000). Şekil 1.2’de iç hava kalitesi sorunlarına çeşitli faktörlerin katkı payları gösterilmektedir.



Şekil 1.2. İç ortam hava kirliliğine etki eden faktörler (Wang ve Zhang, 2010)

İç ortam hava kirliliğine etki eden kirleticilerden birisi de dış ortam hava kalitesidir. Ancak iç ortam hava kalitesini bozan en önemli kirletici insandır. Sağlığımızı olumsuz yönde etkileyen bu kirleticiler için dış ortam kaynaklarının iç ortamdaki derişim 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 (Arslanbaş, 2008).

Yapılan çalışmalarda pek çok durumda iç ortamdaki hava kirletici derişimlerinin dış ortamdakilerden daha yüksek olduğu saptanmıştır (Wallace, 1996; Li ve diğ, 2001; Lee ve diğ, 2002).

Aromatik bileşiklerin iç ortam derişimleri dış ortam derişimlerine göre istatistiksel olarak daha yüksektir (Ongwande ve diğ., 2011). Bu durumda iç ortam maruziyeti dış ortam maruziyetine göre daha önemli olmaktadır.

İç ortam hava kirleticileri, önemli sağlık problemlerine neden olabilecek parametrelerden oluşur. Özellikle iş yerlerindeki kapalı ortamlarda çalışan ya da vakit geçiren kişilerde daha ciddi şikayet ve rahatsızlıklara rastlanmaktadır. Olumsuz iç ortam hava koşullarından kaynaklanan bu problemler alerjiler, kas ağrıları, yorgunluk, solunum yolu enfeksiyonları hatta zehirlenmelere kadar ilerleyebilen sağlık sorunları şeklinde görülebilmektedir (Vural, 2005; Myers, 2005). Bu tip şikayetlere neden olan kapalı ortamlar (bina içi mekanlar), hasta binalar; buralardan kaynaklanan sorunlar ise “hasta bina sendromları” olarak tanımlanmaktadır.

Gerçekten de Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) pek çok risk faktörünün küresel hastalık yüküne olan etkilerini incelemiş ve iç ortam kirliliğinin küresel hastalık yükünün % 2,7’sinden sorumlu sekizinci neden olduğunu ortaya koymuştur. Genel olarak katı yakıt kullanımına bağlı iç ortam hava kirliliği; pnömoni, kronik solunum sistemi hastalıkları ve akciğer kanserine bağlı 1,6 milyon ölümden sorumlu tutulmaktadır. Genel hastalık yükü, hastalık ve ölüme bağlı sağlıklı yaşam yılı (DALY) kaybı, dış ortam kirliliğine bağlı hastalık yükünün beş katı kadardır (Atımtay ve diğ., 2010). Gelişmekte olan yüksek mortaliteli ülkelerde iç ortamdaki duman, tüm hastalık yükünün % 3,7’sini oluşturmakta olup, malnütrisyon, cinsel yolla bulaşan hastalıklar, sağlıksız ve kirli su ile bulaşan hastalıklardan sonra en öldürücü nedenlerden birisidir. Popülasyonun bazı grupları, kadınlar ve küçük çocuklar, iç ortam kirliliğinin olumsuz etkilerine daha açık halde bulunmaktadırlar. Çünkü günlük etkinliklerinin büyük bir kısmı tam olarak havalandırılmayan ortamlarda, katı yakıtların kullanıldığı dış ortama çıkışı bulunmayan ocaklarda pişirme ile geçmektedir (Krzyzanowski, 2008).

İnsanların zamanlarının ortalama % 90’ından fazlasını binalarda geçirdikleri bilinmektedir. Bina-içi hava kirletici derişimleri, birikim sebebiyle dış havadakinden genellikle daha fazladır. ABD gelecek 20 yıl içindeki vizyonlarına bina içi hava kirliliği problemlerini çözümlenecek projelerin geliştirilmesini hedef olarak belirlemiştir. ABD’de bina-içi hava kirliliğinin her yıl binlerce çeşit kanser sebebiyle ölümlere ve yüz binlerce solunum yolu hastalıklarına yol açtığı tahmin edilmektedir. Ayrıca, çocukların kanlarındaki yüksek kurşun seviyelerinin kısmen bina-içi hava kalitesi ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Bina-içi hava kalitesinin yükseltilmesi suretiyle çok önemli sağlık kazançlarının elde edilmesi amaçlanmaktadır. Bunun

için, profesyonel eğitiminin geliştirilmesi, yeni ve/veya revize edilecek binalarda yeniliklerin geliştirilmesi, halkın bilinçlendirilmesi yoluyla mevcut binalarda hava kalitesini artıracak tedbirlerin alınmasının sağlanması ön koşullardan birkaçıdır. Yeni materyal ve teknolojilerin geliştirilmesi, sağlığı ön planda tutan bireysel davranış ve tüketicilerin bilgilendirilmesi; bu alanda araştırma ve geliştirme için yapılan çalışmaların önemli miktarda artması gerekliliğini, ortaya koymaktadır (Sofuoğlu, 2011).

1.5. Dış Ortam Hava Kirliliği

Hava kirliliğinin esas kaynağı yanma olayıdır. Isınma ve sanayide kullanılan yakıtlardan ve egzozlardan açığa çıkan kükürt dioksit, ozon, azot oksitler, asit aerosoller ve partiküller dış ortam hava kirliliğine neden olurlar. Özellikle yapay kaynaklardan dış ortama verilen kirleticilerin yıllık miktarları, birkaç yüz tondan milyarlarca tona kadar ulaşmaktadır. Bunlar oluşturdukları alan ve miktarlarına bağlı olarak değişen ölçülerde etki meydana getirirler.

Atmosferde doğal ve antropojenik kaynaklardan meydana gelen hava kirleticileri, meteorolojik ve topoğrafik şartlar yardımıyla taşınır, yayılır veya bir bölgede toplanır. Kirletici emisyonlarının özellikleri ve atmosferin durumu, kirleticilerin bir alandaki miktarını belirleyen faktörlerdir. Dış ortam kirleticileri ise atmosfer havasındaki tozlar, polenler, egzoz emisyonları ve endüstriyel kaynaklı havaya atılan kirleticiler olabilir.

Hava kirliliğini etkileyen faktörler başta meteorolojik değişkenler (rüzgar, sıcaklık, sis, nem, basınç, inversiyon) olmak üzere doğal faktörler (topoğrafik yapı), plansız sanayileşme, kent dokusu, kırsal alandan kentlere göç olayının artması sonucu ortaya çıkan sağlıksız kentleşme, yeşil alanların azalması ve sınır aşan taşınımlar olarak özetlenebilir.

Dış ortam hava kirliliğine neden olan ve insanların faaliyetleri sonucu oluşan yapay kaynaklar ise kış sezonunda evsel ısınmadan kaynaklanan baca gazları, termik santraller, sanayileşme ve ulaşımda motorlu karayolu taşıtlarının kullanımı yani trafiktir. Bu kaynaklar Şekil 1.3'te verilmektedir.



Şekil 1.3. Dış ortam hava kirliliğinin kaynakları (URL-2; URL-3, Su, 2012; URL-4)

Hava kirliliği denildiğinde, kirleticiler ve bunların bulunduğu atmosfer ortamı aynı derecede rol oynar. USEPA hava kirliliğinde etkili ve sorumlu olarak 6 kriter kirletici belirlemiştir. Bunlar, primer kritik maddeler olarak: kükürt dioksit, partiküller, azot dioksit, karbon monoksit; sekonder kritik maddeler olarak da ozon ve kurşundur.

Ayrıca çok sayıda toksik madde başlığı altında kanserojen maddeler olarak; Benzen, Etilen oksit, Metan, Paration, Toluen, Propilen oksit, Vinil klorür gibi bir sınıflandırma yapılmıştır (Düzovalı, 2007).

Hava kirliliğinin olumsuz etkileri, kirliliğin insanlar, hayvanlar, materyal ve bitkiler gibi alıcılara ulaşması, temasta bulunması ve maruziyetin meydana gelmesi ile

anlaşılabilmektedir (Schnelle ve Brown, 2002). Bu durumda hava kirliliği etkilerinin anlaşılması için aşağıdaki özelliklerin bilinmesi gerekmektedir;

- Alıcı ortama ulaşan kirleticilerin doğal, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri,
- Alıcı ortam özellikleri (insan, hayvan, bitki, nesli tükenmekte olan türler, tüm popülasyon veya ekosistem),
- Kişilerin mevcut sağlık durumu,
- Ekosistem şartları,
- Kirleticilerin kimyasal kompozisyonu ve fiziksel formu,
- Kirleticilerin saf veya bir karışım içinde olduğu,
- Organizmanın veya kişinin kirleticiye, gıda, içecek, hava veya cilt yoluyla maruziyet şekli (Boubel ve diğ., 2008).

Tüm bu durumlar ve bir kirlenmeye ait diğer özellikler, hava kirliliğinden kaynaklanan zararın boyutunu ve derecesini belirlerken hava kirliliğinin tanımlanmasını sağlar.

Dış ortam kaynaklarınca üretilen hava kirleticileri, sadece çevreyi kirletmez aynı zamanda sağlığımızı da etkilemektedir. Hava kirliliğinin, canlı sağlığı üzerinde çok büyük sağlık problemlerine neden olduğunu bilmekteyiz. Hava kirliliği insan sağlığını etkileyerek, yaşam kalitesini düşürmektedir. Havaya karışan kirleticilerin insanlarca solunması (doğrudan maruziyet) havadan toprak, bitki, hayvan ve diğer çevresel ortamlara geçerek biriken kirleticilerin içme suyu ve besin zinciri yoluyla (dolaylı maruziyet) vücuda giren kimyasalların birikimi ve emilimi sonucunda meydana gelen olumsuz sağlık etkileri hava kirliliğinin en önemli etkisidir.

Dünyada, özellikle batı ülkelerinde ve Türkiye'de hava kirliliği, yaklaşık iki asır önce endüstri devrimiyle birlikte kömür kullanımı sonucu önemli bir halk sağlığı sorunu olmaya başlamıştır.

Yirminci yüzyılın başlarında geleneksel fosil yakıtların aşırı kullanımı sonucu özellikle atmosferde SO₂ ve partikül artışına bağlı olarak solunum hastalıklarına

bağlı ölümlerde ciddi artışlar görülmüştür. 1931'de Belçika'da Meuse vadisinde, 1948'de ABD'de Pennsylvania'nın Donora bölgesinde dramatik hava kirliliği epizodları görülmüştür. 1952'de Londra'da durgun havanın da katkısıyla SO₂ ve duman derişimlerinin binlerce µg/m³ değerlerine ulaştığı, buna bağlı olarak ölüm oranlarının beklenenin 3 misline çıkarak, fazladan 4000 kişinin ölümüne yol açtığı bildirilmiştir (Bayram, 2004).

Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre Türkiye yıllık 21300 ölüm ile ülkeler arası hava kirliliğine bağlı en çok ölüm sıralamasında 14'üncü sırada yer almaktadır. Bu rakam Türkiye'de bir yılda yaşamını kaybedenlerin yaklaşık % 10'nu temsil etmektedir (ÇMO, 2012).

Dış ortam hava kirliliği, çevrenin bir parçası olan eşyalar üzerinde de olumsuz etki gösterir. Örneğin, havadaki nemin artmasıyla ortamda bulunan kükürt veya azot oksitlerin kimyasal reaksiyonu sonucunda oluşan asitler, binalarda ve sanat eserlerinde büyük tahribatlara yol açarlar. Aşırı miktarlarda atmosfere verilen karbon dioksitin küresel ısınmayı arttırması, mevsimsel değişikliklere neden olması (sera etkisi) sonucunda ekosistem üzerinde meydana gelen olumsuz değişiklikler de bir başka örnek olarak verilebilir.

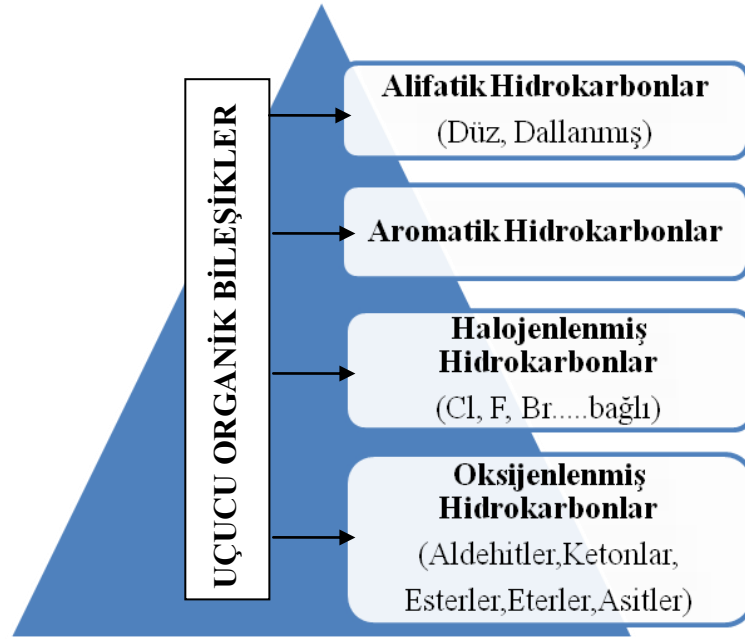
1.6. Uçucu Organik Bileşikler (UOB)

Genel olarak kirlilik, havadaki katı parçacıklar ve kükürt dioksit miktarına göre belirlenir. Oysa atmosferde oluşan kimyasal olaylarda, organik maddeler büyük rol oynar. Çünkü organik maddeler, atmosferde ister reaksiyona girsinler, ister girmesinler kimyasal reaksiyonların çekirdeğini oluştururlar (Aydınlar, 2009).

Yapısında en az bir karbon ve hidrojen atomu içeren kimyasal bileşikler, organik bileşikler adını alırlar. Uçucu organik bileşikler, yapısında çok sayıda kimyasal içerirler ve 300'den fazla türü bulunmaktadır. Organik bileşikler, uçucu organik bileşikler, yarı uçucu organik bileşikler ve uçucu olmayan organik bileşikler olmak üzere üç ana grupta incelenirler (Maroni ve diğ., 1995). Yüksek uçucular 0 - 100 °C arasında, uçucu organik bileşikler 50 - 150 °C arasında, yarı uçucular 240 - 400 °C arasında ve uçucu olmayan organikler ise 400 °C'nin üzerinde buharlaşabilen maddelerdir (Hess-Kosa, 2001). Uçucu organik bileşikler normal oda ısısında

buharlaşabilen ve çoğunlukla karbon ve hidrojenden oluşmuş kimyasallardır. Çalışma ortamı ve dış ortam havasında sıklıkla gözlenen ve hava kalitesi açısından UOB olarak adlandırılan grup, genellikle bazı parafinler ve Benzen'den başlayarak Naftalin'e kadar olan bileşiklerdir. Bu bileşiklerin kaynama noktaları farklılık göstermektedir. Uçucu organik bileşiklerin kaynama noktaları 50 - 260 C arasında değişmektedir. Dşuk kaynama noktaları nedeniyle iç ortam havasında buhar halinde bulunmaktadır (akır, 2010). Yüksek uçucuların 25 C'deki buhar basıncı > 380 mmHg, uçucu organik bileşiklerin 25 C'deki buhar basıncı 0 - 380 mmHg, yarı uçucuların 25 C'deki buhar basıncı 10^{-7} - 0,1 mmHg ve uçucu olmayan organik bileşiklerin 25 C'deki buhar basıncı ise $< 10^{-7}$ mmHg aralığında değişmektedir. (Spicer ve diğ., 2002).

Uçucu organik bileşikler kimyasal yapılarına göre Alifatik (düz veya dallı zincir), Aromatik (halkalı), Halojenli ve Oksijenlenmiş Hidrokarbonlar olarak 4 gruba ayrılmaktadır (Baek ve diğ., 1997). UOB sınıfı farklı kimyasal ve fiziksel davranışlarına sahip türleri kapsar. Karbon ve hidrojen içeren (sadece element olarak) hidrokarbonlar önemli UOB'lere dendir (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, klorofloro karbonlar (CFC) ve hidro klorofloro karbonlar (HCFC) gibi bileşikleri içerir (Arslanbaş, 2008). şekil 1.4'te uçucu organik bileşiklerin kimyasal yapılarına göre sınıflandırılması grlmektedir.



Şekil 1.4. Uçucu organik bileşiklerin kimyasal yapılarına göre sınıflandırılması

Uçucu organik bileşiklerin kaynakları hem antropojenik hem de doğaldır (Khoder, 2007). UOB'lerin temel antropojenik kaynakları yanma ve yakıtların buharlaşmasıdır. Kentsel bölgelerde hem buharlaşma hem de egzoz emisyonları en önemli UOB kaynaklarıdır (Khoder, 2007). Özellikle taşıtlara yakıt doldurulması ve araçların çalışmaları sırasında atmosfere önemli miktarlarda uçucu organik bileşik salıverilir (Broderick ve Marnane 2002). Taşıtlarda hava/yakıt oranının düşmesiyle ters orantılı olarak egzozdan salıverilen hidrokarbon emisyonu artar. USEPA (2005) yapmış olduğu hesaplama göre ABD'de havaya salıverilen UOB'lerin % 40'ı ulaşım aktivitelerinde kullanılan hafif araçlar ve kamyonlar tarafından gerçekleştirilmektedir. Geri kalan % 60'ı ise çözücü üretimi, kullanımı ve yakıt yakılması gibi sabit proseslerden havaya salıverilmektedir.

Sabit kaynaklardan açığa çıkan bileşikler genelde yakma, kimyasal maddelerin çözücü madde olarak kullanılmasıyla ilgili süreçler, yakıt kullanımı ve tank sızmaları gibi işlemler sonucunda ortaya çıkmaktadır (Monod ve diğ., 2001). Sabit kaynaklar açısından incelendiğinde en önemli kısmı, sanayi tesisleri ve bunu takiben yerleşim alanlarının ısınma ihtiyaçları nedeniyle fosil yakıtların kullanımı takip etmektedir. Hareketli kaynaklar ise insan ve eşya taşımacılığında kullanılan araçlardan meydana gelmektedir. Bu motorlu taşıtlar kentsel alanlarda yer seviyesindeki toplam

UOB'lerin % 35 gibi bir oranının meydana gelmesinden sorumludur. Kalan kısım ise endüstriyel, evsel ve doğal kaynaklar tarafından oluşturulmaktadır. Bu açıdan genelde UOB'ler özellikle Benzen, Toluen, Etilbenzen, Ksilenler ve Stiren (BTEKS) bileşikleri en fazla bir kaç yüz kilometre taşınabilmekte ve bu nedenle bölgesel kirliliğin bir göstergesi olmaktadır (Perry ve Gee, 1995). Tablo 1.6'da ABD'de sabit, hareketli ve biyolojik kaynaklardan bir yılda atmosfere yayılan UOB ve diğer kriter hava kirleticilerinin miktarı verilmektedir.

Tablo 1.6. 1995 yılında Amerika'da sabit, hareketli ve biyolojik kaynaklardan bir yılda atmosfere yayılan kirleticilerin miktarı (milyon ton) (USEPA,1996)

Kirleticiler	Sabit kaynaklar	Hareketli kaynaklar	Biyolojik kaynaklar
NO _x	11,2	10,6	2,6
UOB	14,5	8,4	32,7
CO	17,9	74,2	hesaplanmamış
SO _x	17,7	0,6	hesaplanmamış

Doğal hidrokarbon emisyonları başlıca biyolojik aktiviteyle meydana gelir. Bataklıklardan, sulak alanlardan, çürüyen gübre stoklarından, deponilerden, kanalizasyon ve atıksularda meydana gelen oksidasyon olayları sonucu uçucu organik bileşikler oluşmakta ve atmosfere yayılmaktadır. Özellikle oksijensiz ortamda meydana gelen reaksiyonlar sonucu fazla miktarda uçucu organik bileşik oluşmaktadır. Biyolojik faaliyetler sonucu dünyada bir yılda atmosfere yaklaşık 1150 milyon ton UOB salıverilir ve bu, antropojenik olarak üretilenin yaklaşık bir mislidir (Yılmaz, 2006). Atmosferik UOB emisyonlarının yaklaşık yarısı yeşil bitkilerden kaynaklanır (Heinsohn ve Kabel, 1999).

Uçucu organik bileşikler yeryüzünde birçok kaynaktan dağılılabirler ve bazıları atmosferde oldukça kalıcıdır. Kalıcılık ekosisteme salınan bir bileşiğin bütün sağlık etkileri ve ekolojik etkilerini belirleyebilmek açısından önemli bir özelliktir (Sristava ve Som 2007). Özellikle klorlu ve bromlu uçucu organik bileşikler atmosferde oldukça kalıcıdır ve ozon oluşumunda büyük rol oynarlar (Hester ve Harrison 1995).

Uçucu organik bileşikler buharlaştığında daha hızlı hareket ederler ve çevrede daha çabuk dağılır ve taşınırlar. Ozon habercisi özelliği taşırlar ve azot oksitlerle güneş ışığı altında reaksiyona girerek ozon oluşumuna yol açmaktadırlar.



Atmosferde UOB'ler, yer seviyesinde zararlı ozon, fotokimyasal oksidant ve smog vakalarının oluşumunda önemli rol oynamaktadır (Monod ve diğ., 2001). Ozonun canlılar için en tehlikeli olduğu durum, onun havadaki sis ve dumanla aynı anda bulunduğu durumdur. Bu üçlü karışımın atmosferde birlikte bulunduğu duruma, “fotokimyasal duman” durumu denir.



Uçucu organik bileşikler troposferde ozon oluşumuna neden olurken; yapısında klor, flor, brom veya iyot bulunan uçucu organik bileşikler stratosferde ozonun parçalanmasına yol açmaktadır. Stratosfere ulaşan uçucu organik bileşiğin yapısındaki klor, flor, brom veya iyot güneş ışığının etkisi ile bu yapıdan ayrılmakta ve serbest hale geçmektedir. Serbest halde oldukça reaktif olan bu maddeler reaksiyon vermeye meyilli olan O_3 'a saldırmakta ve onu parçalamaktadır. Bir klor atomu stratosferde yok olana kadar (HCl haline dönüşüp yeryüzüne inene dek) 10000-1000000 ozon molekülünü parçalayabilecek kararlılığa sahiptir. Ozonu yok eden başlıca kimyasal maddeler hidrojen, azot, klor ve brom içeren bileşiklerdir.

X olarak HO_x , ClO_x , NO_x veya BrO_x , köklerinden biri alınırsa ozonu tahrip eden genel reaksiyon aşağıdaki gibi gösterilebilir (MGM, 2012),



Uçucu organik bileşiklerin troposferde canlı ve eşya üzerine olumsuz etkilerde bulunan ozonu oluşturması istenmezken, tam aksine stratosferde ise insanları zararlı ultraviyole (UV) ışınlarla karşı koruyan ozonu parçalayıp yok etmesi istenmemektedir.

1.7. Uçucu Organik Bileşiklerin Kaynakları

Uçucu organik bileşikler, yaygın olarak iç ve dış hava kirleticilerin önemli bir grubunu oluşturmaktadır (Caro ve Gallego, 2009). Uçucu organik bileşikler çeşitli kaynaklardan atmosfere yayılırlar. İç ortam UOB kaynakları genelde kullanılan malzemeler iken dış ortam kaynakları genelde üretim, yükleme, taşıma ve boşaltma işlemleridir.

1.7.1. İç ortam kaynakları

İç hava kalitesi (İHK), iç ortamlarda solunan havanın ne kadar “iyi” ya da “kötü” olduğunu gösteren bir ölçüttür. İç hava kalitesinin, insanların sağlığı ve çalışmalarındaki verimi ile doğrudan ilişkisi nedeniyle günümüzde önemi giderek artmaktadır. İyi İHK, sağlıklı bir yaşam ve çalışma ortamı sağlarken, kötü İHK, çalışma ortamındaki isteksizlik, hastalık ve üretim kaybının başlıca nedenlerinden biri olarak görülmektedir. Yapılan araştırmalarda, ofis binalarının % 20 - % 30’unda kötü iç hava kalitesinin çalışanları olumsuz etkilediğini göstermektedir. İç ortam hava kalitesinin bozulmasının, iç ortamda oluşan büyük miktarlarda kimyasalların ya da kimyasal madde sınıflarının sebep olduğu belgelenmiştir. Meydana gelen bu kimyasal maddelerin en önemlileri uçucu organik bileşikler ve karbonillerdir. Bu kimyasalların fazla bulunmasının sebebi uçucu özellikleri ve solventler, vernikler, mumlar, temizlik ürünleri, boyalar gibi çok sayıda ev ürünleri olarak yaygın kullanılmalarıdır.

Uçucu organik bileşikler, derişim düzeyleri sıklıkla artan iç ortam hava kirleticilerinin önemli bir grubunu temsil eder (Walgraeve, 2011). İç ortamlarda yapı malzemelerinden, dekorasyondan ve sigara kullanımı, yemek pişirme gibi aktivitelerden UOB salınımı olmaktadır. Son yıllarda, enerji tasarrufu adına yapılan çeşitli yalıtım önlemleri nedeniyle binalar daha fazla hava geçirmez hale gelmekte, iç ortamlarda hava değişim hızı azalmakta ve kirletici bileşiklerin birikimi söz konusu olmaktadır. Sonuç olarak, çeşitli kimyasal maddelerin iç ortam derişimleri artmıştır (Yamashita ve diğ., 2010; Schlink ve diğ., 2010).

Bir iç ortamda kaynak veya kaynaklar direkt veya dolaylı olarak bazı kirleticileri iç ortama yayarlar. Bu kirleticiler birbirleriyle veya başka kaynaklardan gelen diğer

kirleticilerle reaksiyona girerek yeni kirleticiler oluşturabilirler. Binalarda bulunan her maddenin buharlaşarak veya süblimleşerek havaya geçebilecek organik bileşikler bulundurma potansiyeli vardır. Metal veya cam maddeler bile her ne kadar inorganik yapıda olsalar da yüzeylerinde havadan gelen organik buharlar veya partiküller birikmiş olabilir. Tipik bir konutta veya ticari binalarda kaynak oluşturabilecek çok çeşitli bina materyalleri mevcuttur. Bunlar hiç emisyonu olmayan maddelerden, büyük yüzey alanlı ve yüksek emisyon hızına sahip maddelere kadar oldukça çeşitlidir (Demirel, 2010).

Bina içi UOB derişimleri bina dışı derişimlerine göre iki kat daha fazladır (Esplugues ve diğ., 2010; Çobanoğlu ve Kiper, 2006). Bina içi hava kirliliğine neden olan etkenler; yemek pişirmek için kullanılan yakıtlar, pişirme sonrasında açığa çıkan duman, modern bina yapım maddeleri, izolasyon maddeleri, koruyucu maddeler, mobilya boyları, temizlik maddeleri, kişisel bakım ürünleri, pestisitler, evde beslenen hayvanlar, iyonizen radyasyon ve hava temizleme cihazlarının kullanımındır. Hava temizleme cihazları, küfler, mantarlar, bakteriler gibi biyolojik ürünler yanında toz ve mineral lifler gibi çeşitli kirletici maddelerin ev içine yayılmasına neden olurlar. Ayrıca bina içi hava kirliliğine neden olan ve sağlığı tehdit edici çok önemli bir faktör de çevresel sigara dumanıdır. Sigara dumanı, iç ortamdaki Formaldehit derişimini arttıran önemli bir faktördür.

Uçucu organik bileşiklerin bina içi kaynakları: kuru temizleme ile temizlenmiş giysiler (Tetrakloroetilen), oda kokuları, mobilya koruyucuları ve güve öldürücü ilaçlar (para-Diklorobenzen), bina yapım malzemeleri (formaldehit, Stiren), tutkal ve daksil gibi büro malzemeleri (1,1,1-Trikloroetilen) ve boya, vernik, çözücülerdir (Toluen, Ksilen) (Çobanoğlu ve Kiper, 2006). Tablo 1.7'de bina içinde karşılaşılan UOB'ler ve kaynakları verilmiştir.

Tablo 1.7. Bina içinde genellikle karşılaşılan uçucu organik bileşikler ve kaynakları (Hess-Kosa, 2001)

UOB	Bina içi kaynağı
Formaldehit	Yapıştırılmış tahta, yapıştırıcılar, sunta, laminat parke, boyalar, plastikler, halıfleks, kumaşla kaplanmış sandalye ve koltuklar, CaSO ₄ laminat, tutkallar, tavan kaplama ve paneller, lateks içermeyen macunlar, asitle muamele edilmiş ahşap kaplamalar, ahşap paneller, plastik/melamin paneller, marleyler ve parke döşemeler.
Benzen	Sigara dumanı, çözücüler, boyalar, cilalar, faks makineleri, bilgisayar terminalleri ve yazıcılar, parça birleştirici maddeler, lateks içeren macunlar, su kökenli yapıştırıcılar, ahşap paneller, halılar, marleyler, kumaş temizleyiciler, plastik köpük ve sentetik
Karbon Tetraklorür	Çözücüler, soğutucular, aerosollar, yangın söndürücüler ve gres çözücüler.
Trikloroetilen	Çözücüler, kuru temizlemeden çıkmış kumaş elbiseler, kumaşla kaplanmış sandalye ve koltuklar, mürekkepler, boyalar, yüzey kaplama materyalleri, cilalar, yapıştırıcılar, faks makineleri, bilgisayar terminaller ve yazıcılar, tıpeksler, boya gidericiler ve leke sökücüler.
Kloroform	Çözücüler, kumaş boyaları, pestisitler, faks makineleri, bilgisayar terminalleri ve yazıcılar, koltuk iç dolgu malzemesi ve klorlanmış su.
1,2-Diklorobenzen	Kuru temizleme ajanları, gres ve yağ çözücüler, insektisitler ve halıfleks yapıştırıcılar
1,3 Diklorobenzen	İnsektisitler
1,4-Diklorobenzen	Deodorantlar, küf ve mantar kontrol maddeleri, oda spreyleri, tuvalet ve çöp kutusu deodorantları ve naftalin

Tablo 1.7. (Devamı) Bina içinde genellikle karşılaşılan uçucu organik bileşikler ve kaynakları (Hess-Kosa, 2001)

UOB	Bina içi kaynağı
Etilbenzen	Sitiren içeren maddeler, sentetik polimerler, çözücüler, faks makineleri, bilgisayar terminalleri ve yazıcılar, poliüretanlar, mobilya parlaticılar, tutkallar, lateksli ve lateksiz parke yer döşemeleri.
Toluen	Çözücüler, parfümler, deterjanlar, elbise boyaları, su kökenli yapıştırıcılar, silikonlar, küf tutucu yapıştırıcılar, duvar kağıdı, tutkallar, kalsiyum silikattan yapılmış laminatlar, Vinil kaplı duvar kağıtları, macunlu maddeler, boyalar, halıfleksler, suntadan yapılmış mobilyalar, marleyler, lateksli ve çözücülü boyalar, halı yapıştırıcılar ve gres çözücüler
Ksilen	Çözücüler, elbise boyaları, insektisitler, polyester fiberler, yapıştırıcılar, tutkallar, duvar kağıdı, macunlu maddeler, cilalar, reçine ve kalın cilalı kaplama, halıfleksler, fotokopiler, sunta mobilyalar, CaSO ₄ paneller, su kökenli yapıştırıcılar, gres çözücüler, boyalar, halı yapıştırıcılar, marleyler ve poliüretan kaplamalar.
Tetrakloroetilen	Kuru temizlemeden çıkmış kumaşlar, kumaşla kaplanmış sandalye ve koltuklar, tekstilden leke sökücüler, faks makineleri, bilgisayar terminalleri ve yazıcılar.

Amerika Çevre Koruma Ajansı, Amerika'daki nüfusu ele alarak yaptıkları çalışmada, insanların Benzen maruziyetinin asıl kaynağının öncelikle beri şüphe edilen dış ortam kaynakları değil, iç ortam kaynakları ve kişisel aktivitelerden olduğunu rapor etmiştir. İç mekanlarda kullanılan ürünler; temizlik malzemeleri, organik çözücüler, boya ve cilalar, kozmetik ürünleri, pestisitler, yapı malzemeleri ve mobilya, ofis ekipmanları, fotokopi ve yazıcıları, düzeltme sıvıları, grafik ve tutkallar, kalıcı belirteçler ve fotoğrafçılık da dahil olmak üzere çok geniş bir yelpazede UOB yayarlar (Barro ve diğ., 2009). USEPA'nın Amerika'nın farklı bölgelerindeki evlerde yapmış olduğu diğer bir araştırmada bina içinde 300'den fazla uçucu organik bileşiğe rastlanmıştır (Brown, 1999).

Seoa ve diğ. (2009) deneyleri sonucu vardıkları kanı, iç ortamlarda kullanılan yapı malzemelerin ve mobilyaların türü önemli olup onlardan yayılan Formaldehit ve Toluen gibi uçucu organik bileşiklerin azaltılmasında oldukça etkilidir. Lim ve diğ. (2011) kapalı ortamda UOB düzeyleri ile ilişkili faktörleri tespit etmeyi amaçlamışlar, iki yıl içerisinde UOB düzeylerinde anlamlı azalmanın döşeme malzemeleri, yapıştırıcı ve boya ile ilişkisini bulmuşlardır. İç ortamlarda kullanılan çeşitli kaplamalardan kaynaklanan UOB emisyonları hakkında, Amerika ve Avrupa ülkelerinde yapılan çok sayıda araştırma sonuçları, bu tip kaynakların iç ortam hava kirliliğine olan katkısını gözler önüne sermektedir (Kwok, 2003).

Bazı kirleticilerin iç ortam derişimlerini dış ortamdaki gelen kirleticiler etkileyebilmektedir. Bu durum özellikle trafiğin yoğun olduğu cadde üzerinde, endüstri bölgesinde ve/veya sanayi ortamında bulunan binalar için geçerlidir. Tablo 1.8'de önemli iç ortam havası kirleticilerinin en önemli dış ortam kaynakları verilmiştir.

Tablo 1.8. Önemli iç ortam kirleticilerinin dış ortam kaynakları (Arslanbaş, 2008)

Kirletici	Endüstri ile bağlantılı emisyon yüzdesi	Trafik ile bağlantılı emisyon yüzdesi
Benzen	32	65
Karbon monoksit	3	90
Kurşun	31	60
Azot oksitler	38	49
Partiküller	56	25
Kükürt dioksit	90	2
UOB	32	34
Ozon	Atmosferik kimyasal reaksiyonlardan oluşur	

Baek ve diğ. (1997) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, iç ortam UOB bileşiklerine hem iç ortamdaki ısıtma, soğutma uygulamaları hem de havalandırma oranına bağlı olarak dış ortamdaki trafik emisyonlarının önemli katkısının olduğu tespit edilmiştir. Hatta iç ortamda, sigara içilen ortamlar da dahil, UOB seviyesine

sigara dumanının katkısının trafik emisyonlarının katkısından daha az olduğu tespit edilmiştir.

İç ortamda gözlenen UOB'lerin kaynak tespiti için yapılan bir çalışmada, ev içi kaynakların katkısının % 42 - % 73, dış ortam katkısının % 18 - % 34 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Gokhale ve diğ., 2008).

1.7.2. Dış ortam kaynakları

Dış ortam UOB kaynakları hareketli emisyon kaynakları (araçlar) ve sabit emisyon kaynakları (endüstriyel tesisler) olarak basitçe ikiye ayrılabilir. (Ohura ve diğ., 2006; Parra, 2009). Tablo 1.9'da bazı ülkelerde çeşitli kaynaklardan atmosfere yayılan Uçucu organik bileşik emisyonları verilmiştir. Tablodan da anlaşıldığı üzere UOB'ler için en baskın kaynaklar hareketli kaynaklar ve çözücü kullanımıdır.

Tablo 1.9. Bazı ülkelerde metan harici UOB'lerin kaynakları açısından kütleli (%) dağılımları (Demirel, 2010)

Kaynak Kategorisi	Avustralya	Norveç	İngiltere
Çözücü Kullanımı	36	12	28
Petrol Endüstrisi	2	44	16
Kimya endüstrisi	<1	<1	7
Sabit yanma Kaynakları	18	4	2
Diğer sabit kaynaklar	10	2	5
Hareketli kaynaklar	29	38	37
Doğal kaynaklar	-	-	3

İnsan aktiviteleri sonucu oluşan, motorlu taşıt egzozlarından kaynaklanan emisyonlarla, araç motorlarından petrolün buharlaşması, çözücü kullanımı, endüstriyel prosesler, petrolün rafinerizasyonu, petrolün depolanması ve dağıtılması, katı atık bertaraf tesisleri, gıda sanayi ve tarım, gibi faaliyetlerden atmosfere yüksek miktarlarda UOB salınımı mevcuttur. Toluene, Ksilen ile birlikte Benzen ve Etilbenzen, motorlu taşıt trafiği sonucunda oluşan en önemli bileşiklerdir (Chang ve diğ., 2002). Taşıtlardan ise yakıt doldurulması ve araçların çalışmaları sırasında atmosfere uçucu organik bileşik salınır (Broderick ve Marnane, 2002).

Kim ve diğ. (2001) yaptıkları çalışmada, geniş kentsel mikro çevrelerden örnekler toplamış en yüksek UOB değerlerini, ulaşımın ve trafiğin olduğu bölgelerden elde etmiştir.

Meksika'da okul, hastane, benzin istasyonu ve otobüs durağında yapılan UOB ölçümlerinde Toluen konsantrasyonu tüm çevrelerde yüksek bulunmuş, Benzen'in yüksek çıktığı yerler ise yoğun trafik ve benzin istasyonları olmuştur (Ortiz ve diğ., 2002; Ho ve diğ., 2004). Helsinki çalışmasında, işyeri ortamında toplanan UOB örneklerinin analizi sonucunda, kaynakların birinci faktörünün % 24 oranında dış ortamdaki trafik olduğu bulunmuştur. (Edwards ve diğ., 2001a).

Bu kaynakların dışında dış ortam UOB seviyelerini arttıran doğal kaynaklar da mevcuttur. Bu kaynaklar; bitkiler, ağaçlar, vahşi hayvanlar, orman yangınları ve bataklıklardaki anaerobik süreçlerdir (Demirel, 2010).

Uçucu organik bileşiklerin pek çok iç ortam ve dış ortam kaynağı mevcuttur. Kentsel havada en bol bulunan toksik organik bileşikler, aromatik hidrokarbonlardır (Ho ve diğ., 2004). Kişisel maruziyetler açısından iç ortam kaynaklarının her ne kadar daha önemli olduğu bilinse de dış ortam seviyelerinin çok yüksek olduğu bölgelerde bu bileşiklerin havalandırma yoluyla iç ortama taşındıkları ve iç ortam seviyelerini arttırdıkları bilinmektedir (Ohura ve diğ., 2006a). Gallego ve diğ. (2009) iç ortam UOB olası kaynakları belirlemek için yaptıkları çalışmada, kirletici derişimlerinin kökeninin dış ortam kaynaklı olduğunu göstermiştir.

1.8. Uçucu Organik Bileşiklerin Sağlık Etkileri

Uçucu organik bileşikler, sayısı ve çeşitliliği, kendi kaynaklarının yanı sıra insan sağlığı üzerindeki potansiyel zararlı etkileri nedeniyle özellikle bilimsel alanda dikkat çekmektedir (Parra ve diğ., 2008). Endüstride yaygın olarak kullanılan aromatik hidrokarbonlar insanlarda akut ve kronik zehirlenmelere neden olurlar (Zhou ve diğ., 2011; Norback ve diğ., 1995). Özellikle kanserojen olmaları ve çok sık rastlanmaları nedeniyle gerek dış ortam havasında gerekse iç ortam havasında UOB örneklemeleri ve analizleri çok yaygın olarak yapılmaktadır.

Toksik özellik taşıyan bu bileşikler solunum yolu hastalıklarına (astım vb.) sebep oldukları gibi, yüksek derişimlerde merkezi sinir sisteminde narkotik etki yaparak tahribata yol açmaktadır. USEPA tarafından yapılan sınıflandırmada Benzen kanserojen madde olarak değerlendirilirken Karbon Tetraklorür, Kloroform, Vinil klorür, Etilen dibromür kansere sebep olma riski taşıyan organik maddeler olarak sınıflandırılmıştır (URL-5).

Hava kirleticilerine maruz kalma sonucu ortaya çıkan belirtiler Tablo 1.10'da verilmiştir. Bu matriste, iç ortamlarda bulunan UOB'lerin kişiler üzerinde meydana getirdiği olumsuzluklar özetlenmiştir.

Tablo 1.10. Teşhise yardımcı, tanısal referanslar (Gönüllü ve diğ., 2002)

Belirtiler	Sigara dumanı	Yanıcı bileşikler	Biyolojik kirleticiler	Uçucu Organik Bileşikler	Hasta Bina Sendromu
<i>Solunuma ilişkin belirtiler</i>					
Burun tıkanıklığı	x	x	x	x	x
Vücut yorgunluğu				x	
Farenjit/ Nezle	x	x	x	x	x
Hırıltılı nefes alma/Fenalaşma	x	x		x	x
Hazımsızlık	x		x		x
Çeşitli akciğer hastalıkları				x	
<i>Diğer belirtiler</i>					
Göz iltihaplanması / Gözde kaşınma	x	x	x	x	x
Uyuşukluk/Aşırı yorgunluk/Kırgınlık		x	x	x	x
Baş ağrısı /Baş dönmesi	x		x	x	x
Mide bulantısı/Kusma		x	x	x	
Kuvvetten düşmek		x	x	x	x
Ateş /Soğuk algınlığı		x			
Kalp sıkışması		x		x	
Retinal zayıflama			x		
İşitme kaybı		x	x	x	

Tehlikeli hava kirleticileri (HAPs) olarak bilinen bileşikler, kansere ve daha pek çok ciddi sağlık sorunlarına yol açtığı bilinen veya şüphelenilen, olumsuz çevresel etkileri olan kirleticilerdir. Amerika Çevre Koruma Ajansı toplamda 189 hava kirleticisini tehlikeli hava kirleticileri olarak belirlemiştir. Bunların 149 tanesi UOB'tir (USEPA, 2002). Benzen, Toluen, Etilbenzen orto, para ve meta izomerli Ksilenler (BTEK), uçucu organik bileşikler ailesine ait mono aromatik hidrokarbonlardır. BTEK bileşikleri yüksek toksisiteleri ile en zararlı UOB'lerdir. Valensiya'da bir yaşındaki çocukların bulunduğu 352 evde ve evlerin dışında yapılan BTEKS ölçümlerinde iç ortam derişimleri dışarıya göre yaklaşık 2,5 kat daha yüksek bulunmuştur (Esplugues ve diğ., 2010). BTEKS bileşiklerinden bazıları ozon ile reaksiyona girdiğinde güçlü bir havayolu tahriş edici form oluşturur (Lee ve Hsu, 2007). Bu bileşiklerden Benzen için, çevre havası derişimi toksik olması nedeniyle yasa tarafından özel olarak düzenlenmiştir (EC, 2009). Aynı nedenle Dünya Sağlık Örgütü, sağlık tabanlı iç ortam hava kurallarını geliştirmiştir (WHO, 2009). Benzenin sağlık etkileri oldukça iyi bir şekilde ortaya konmuştur. Benzenin insanlarda akut (kısa süreli) solunması bilinç kaybı, uyuşukluk, baş dönmesi, baş ağrısı yanı sıra göz, cilt ve solunum yolu tahrişine; kronik (uzun süreli) solunması kırmızı kan hücreleri, aplastik anemi, lösemi ve çeşitli kan hastalıkları neden olmaktadır (USEPA, 2002). Benzenin kemik iliği hücrelerinde genotoksik ve kanserojen etkilere sahip olduğu da bilinmektedir. (Zhou ve diğ., 2011).

İç ortam UOB kaynakları kişisel maruziyetler açısından dış ortam kaynaklarına göre daha etkilidir (Gokhale ve diğ., 2008; Weisel, 2010). Kullanılan kimyasallar içinde bulunan uçucuların, insanlar ve canlılarda düşük derişimlerde uyuşukluk, baş ağrısı ve yorgunluk gibi özellikle sinir sistemleri ile ilgili şikâyetlere sebep olduğu bildirilmektedir. Ayrıca, üst solunum yolları tahrişi, baş ağrısı, kas ağrısı, eklem ağrısı, mide bulantısı ve gözlerde tahrişe de dahil olmak üzere bazı spesifik olmayan belirtiler, kapalı ortamın yarattığı kimyasalların varlığı ile ilişkilidir (Yamashita ve diğ., 2010). Maruziyetin kronik hale gelmesi ile kanserojen oluşumların ortaya çıktığı bildirilmektedir.

Uçucu organik bileşiklerin pek çoğunun etkisi konusunda çok net çalışmalar olmamakla birlikte hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalar neticesinde kansere, çocuklarda ve yeni doğanlarda gelişim bozukluğuna, hamilelerde düşüğe neden

olduğu ve merkezi sinir sistemi, göz, solunum yolları tahrişi, baş ağrısı, koordinasyon bozukluğu, mide bulantısı, karaciğer ve böbrek üzerinde olumsuz etkileri olduğu bildirilmektedir (Barro ve diğ., 2006). Bu etkiler, organik maddeye maruz kalınan süre ve maddenin miktarı ile yakından ilgilidir. Bu maddelere yüksek oranda maruz kalınması durumunda narkotik özellikler de gösterdiği saptanmıştır (Çakır, 2010). Düşük derişimlerdeki UOB'lere sürekli maruziyet, solunum yolu hastalıklarına ve astım rahatsızlığına neden olduğu vurgulanmaktadır (Norback ve diğ., 1995). Bu konuda İsviçre'de yapılan bir çalışmada ve araştırmada 20 – 45 yaşları arasındaki 88 astım hastasında UOB'lere maruziyet ile nefes darlığı şikâyetlerinde artış gözlenmiştir (Norback ve diğ., 1995). Amerika'da 10 farklı UOB'e maruz kalan 550 katılımcının katıldığı Ulusal Sağlık ve Beslenme İnceleme Taramasında doktor tanısı olarak astım ve hırıltı atakları olmuştur (Arif ve Shah, 2007). Fransa'da yapılan diğer bir çalışmada, 1012 nüfuslu (yaşları 15'ten büyük) 490 konutta kantitatif iç ortam hava kalitesi değerlendirilmiş, yetişkinler arasında, astım (% 8,6), 1,2,4-Trimetilbenzen ile ilişkili rinit (% 38,3) Etilbenzen, Trikloroetilen ve m,p,o-Ksilen ile ilişkili bulunmuştur (Yu ve diğ., 2011; Arif ve Shah, 2007).

1.8.1. Çalışanlar üzerindeki etkileri

İç hava kalitesinin insan performansı üzerine etkilerini bildiren çalışmalar son zamanlarda giderek yaygınlaşmaya başlamaktadır. Bilinçsiz üretim, kontrolsüz ve tedbirsiz çalışma sahalarının artması, artan talebe hızlı ve teknik ekipmanların sağlanamaması nedeni ile kontrolsüz çalışma ortamları oluşturulmakta ve insan sağlığını riske etmektedir (Çakır, 2010). İnsanlar seçme şansı olmadan buldukları iş ortamındaki havayı solumaları demek, bu soludukları havanın kirli bir hava olması ve içerisinde bulunan kirletici gazları da solumaları demektir. Bu kirleticiler çalışanların akciğerine, kalbine ve diğer organlarına zarar vermekte öksürük, gözlerde yanma, solunum problemi ve kanser gibi pek çok hastalığa sebep olmaktadır. Çalışma havasında yapılan incelemeler sonucunda 350'den fazla uçucu organik bileşiğin konsantrasyonları 1 ppm'in üzerinde bulunmuştur (Brooks ve diğ., 1991). Bu hava kirleticilerinin işyeri ortamındaki derişimleri çok önemli olmakla birlikte düşük derişimde olan bir kirletici uzun yıllar solunduğunda bile aynı sağlık problemlerinin oluşumunu sağlamaktadır.

Her birey sosyal yaşam içinde çalışma hayatı ve çalışma ortamları içinde günün yaklaşık olarak 2/3'ünü geçirmektedir. Kötü hava kalitesi, hastalık ve rahatsızlık üretir, işçi verimliliğini azaltır ve devamsızlığı artırır. Tersine, gelişmiş hava kalitesi ise verimlilik getirir. İş hayatı içinde sürekli çalışma ortamında bulunan ve özellikle temiz hava sirkülasyonunun olmadığı kapalı ortamlarda kalan kişilerde, bu derişim oranları yükseldikçe kişilerin sağlığı üzerinde etkileri giderek şiddetini artırmakta olduğu ve artan bu şiddet nedeni ile koma ve ölüme neden olan sonuçların ortaya çıktığı bildirilmiştir.

Toksik UOB kirleticiler, yüksek oranlarda, kapalı ortamlarda artı uzun maruziyet süresi, işçilerde farklı sağlık sorunlarına neden olabilir (Tanga ve diğ., 2005). Kuru temizleme sektöründe yaygın olarak kullanılan organik çözücülere (Perkloretilen, Tetrakloretilen vb.) maruz kalındığında akut sağlık etkileri oldukça iyi belgelenmiştir. Tetrakloretilen işyeri ortamından insan vücuduna, solunum ya da cilt yoluyla alınır. Solunum yolundan vücuda alınan madde, başta merkezi sinir sistemi (MSS) olmak üzere karaciğer ve böbrekleri etkiler. Akut etkilenim sonucunda bilinç bulanıklığı, hatırlama güçlükleri, sersemlik, baş ağrısı gibi sistemik belirtilerin yanı sıra göz, burun ve boğaz mukozasında irritasyon yapar. Tekrarlayan deri teması, deride kuruma, çatlama ve yarıklara neden olur (NRC, 2010). İnsanlarda Tetrakloretilen'in üreme sistemi üzerinde olumsuz etkileri olduğu sanılmaktadır. Yapılan hayvan deneyleri ile anne ve bebeğe toksik etkileri olduğu kanıtlanmıştır (Doyle ve diğ., 1997).

Perkloretilen koklamak kısa bir süre için insan sinir sistemi olumsuz etkileyebilir. Etkileri yorgunluk, koordinasyon bozukluğu, bilinç kaybı ile terleme, baş ağrısı ve baş dönmesidir. Uzun süreli maruz kalma, insanlarda karaciğer ve böbrek hasarına neden olabilir (Chao ve diğ., 1999). 1994 tarihli bir çalışmada, kuru temizleme işçilerinin yemek borusu kanseri olmasında önemli aşırılıklar bulunmuş, İş Güvenliği ve Sağlığı Ulusal Enstitüsü, Perkloretilen'in insan için karsinojen madde olarak ele alınmasını önermiştir. Finlandiya'da yapılan araştırma sonucunda, hamile kuru temizleme işçilerinin düşük yapma oranları normalden üç kat daha yüksek bulunmuştur. Kuru temizleme, modern ekipman ve iyi temizlik uygulamaları ile ilişkili düşük seviyelerde maruz kalmada kanser riskleri bilinmemektedir ve daha fazla araştırma gerektirmektedir. Bu sınıflandırma tartışmalı olmasına rağmen,

toksikolojik ve epidemiyolojik çalışmalar Perkloretilen'in kanser yapıcılar sınıfında olduğu için bir kanıttır (Keoleian ve diğ., 1997).

Bazı çalışma ortamlarında, ofis, kırtasiye, matbaa vb. kurumlarda bulunan mürekkep, kalem, kâğıt, özellikle fotokopi ve faks makinelerinde kullanılan sarf malzemelerinin içindeki uçucular ve kirleticiler, insan sağlığı üzerinde etkiler ve olumsuzluklar meydana getirmektedir (Vural ve Balanlı, 2005). Konuyla ilgili ilk çalışmalardan biri Molhave tarafından yapılmıştır; Danimarka'da bazı ofis ve iş yerlerinin hava sahası içinde 29 farklı uçucu organik bileşik belirlenmiştir. Bu bileşiklerin insan sağlığı açısından risk oluşturan kimyasallar olduğu bulunmuştur. Bu araştırma sonunda en çok rastlanan UOB türünün, derişimleri $0,03 - 2,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişen alkil Benzenler olduğu görülmüştür (Çakır, 2010). Yapılan diğer bir çalışmada ise kapalı çalışma ortamlarında ölçülen pek çok UOB konsantrasyonunun $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerinin altında olduğu tespit edilmiştir (Brown ve diğ., 1994). Hodgson ve diğ. (1991) araştırmaları sonucu, ofis çalışanlarında mukoza zarı tahrişi ve santral sinir sistemi semptomları ile UOB'lere maruz kalma arasında güçlü bir ilişki olduğunu bildirmiştir. Wolkoff ve diğ. (1993) ofis ekipmanlarından yayılan UOB'lere düşük düzeyde maruz kalmanın, baş ağrısını arttıran bir algı, mukoza membran irritasyonu, göz, burun, boğaz ve yüzde cilt kuruluğu gibi olumsuzluklara neden olduğunu laboratuvar test odası kaynaklı çalışmasında belirlemiştir. Lee ve diğ. (2007) yaptıkları çalışmada, UOB'lerin solunması halinde insan sağlığı üzerinde oluşturacağı riski değerlendirmek için Tayvan'da fotokopi merkezlerinin iç hava kalitesini incelemişlerdir. Fotokopi merkezlerinde belirlenen yüksek düzeyde Benzen derişimi nedeniyle tehlike indeksi sınır değerler aşılmıştır.

Winder ve Turner (1992) yılında Avustralya'nın Sidney şehrinde yapmış olduğu çalışmada, oto sanayisinde çalışan işçilerin boya çözücü buharından etkilenmeleri ve işyeri değerlendirilmesi üzerine bir alan çalışması yapmıştır. Beving ve diğ. (1991) organik çözücülere maruz kalan boya işçilerinin merkezi sinir sistemi, karaciğer ve kanın fonksiyonel birimlerinde değişiklik gözlendiğini ve bunların, organik özellikteki çözücülerin sebep olduğu sorunlardan sadece birkaçı olduğunu öne sürmektedirler. Uang ve diğ. (2007) işçilerin organik solventlere maruziyeti ile ilgili yaptıkları araştırma sonucunda, boya işçilerinin diğer sektördeki işçilere göre en yüksek UOB derişimlerine maruz kaldığını ve boya işçilerinde % 19,5 gibi bir

oranda sperm hareketliliğinin yavaşladığını belirtmişlerdir. Malherbe ve Mandin, (2007) yaptıkları çalışmada, boya ve solvent kullanımını sırasında yayılan UOB'lere dikkat çekmiştir.

Oto boyacılarda boyama işlemi sırasında organik solvent içerikli boyaya uzun süreli maruz kalma, konsantrasyon ve hafıza eksikliği gibi nöro-psikolojik sonuçlar doğurabilmektedir (Caro ve Gallego, 2009). Toksikolojik değerler göz önüne alındığında, boya sırasında yüksek miktarlarda havaya yayılan Toluen'e maruziyet ve oluşabilecek sağlık riskleri düşünüldüğünde bu toksik bileşik, endişe ve kaygı verici bir kirletici olarak kabul edilir bulunmuştur. Merkezi sinir sisteminin bozulması (baş dönmesi, bulantı, konfüzyon vb.), göz bozukluğu, burun ve boğaz tahrişleri akut maruz kalmanın en önemli etkileridir. Karaciğer ve böbrek üzerinde de minimal etkiler fark edilmiştir.

1.9. Uçucu Organik Bileşiklere Ait Yapılan Çalışmalar

İç ortam hava kalitesinin gözlenmesi ve insanların iç ortam kaynaklı rahatsızlıklarının anlaşılabilmesi amacıyla pek çok mikro çevrede UOB'lerin derişimleriyle ilgili çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmaların çoğunda iç ortam derişimlerinin dış ortam derişimlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür (Ohura ve diğ., 2006; Ohura ve diğ., 2009; Gallego ve diğ., 2008; Gallego, 2009, Kim ve diğ., 2001; Esplugues ve diğ., 2010; Johnson ve diğ., 2010).

Solvent kullanımı, boya uygulaması, baskı süreçleri, kuru temizleme, çözücü buharlaşma içeren ev ürünleri ve diğer endüstriyel prosesler, UOB emisyonları için önemli bir kaynak sektördür (Yuan ve diğ., 2010).

1.9.1. Restoranlar ile ilgili yapılan çalışmalar

Yemek pişirmek, gerçekleşen yanma işlemi ve sonucunda havaya verilen kirleticilerden dolayı iç ortam havasını olumsuz etkiler. Çok yüksek ısılarda kızartılan yemek parçaları başlıca hava kirliliği nedeni olmakta ve insan sağlığını tehdit etmektedir (Serrano ve diğ., 2009). Izgara işleminde kömürün yanmasıyla ortaya çıkan kirleticiler pişen yemek tarafından emilebilmekte ve ortam havasının kalitesini bozmaktadır (Pandey ve diğ., 2009). Loh ve diğ. (2006) yaptıkları

çalışmada ev, iş ve okul dışında insanların vakitlerinin % 25'ini geçirdikleri dükkan ve restoranlarda, UOB seviyelerinin oldukça yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Bir restoranda iyi bir iç hava kalitesi, restoran çevresinde zevki arttırdığı gibi çalışanların ve müşterilerin de sağlığını korur (Lee ve diğ., 2001). Mugica ve diğ. (2001) yaptıkları çalışmada, pişirmeden kaynaklanan organik bileşiklerin kapalı yerlerde kalabalık koşullar altında önemli bir kirlilik kaynağı olduğunu belirtmiştir. Lee ve diğ. (2003) yaptıkları diğer bir araştırmada, Hong Kong'da ev, ofis, okul, alışveriş merkezi ve restoranları içeren birkaç mikro çevrenin iç ortam havasında ölçtükleri BTEKS derişimlerinin kaynak karakterizasyonu yapmışlar; Benzen, Toluen ve Etilbenzen derişimlerini alışveriş merkezlerinden sonra en yüksek restoran ortamlarında elde etmişlerdir. Pişirme tipinin ve sigara dumanının da BTEKS derişimlerinde etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Sigara dumanı önemli bir iç ortam Benzen kaynaklarındandır. Bununla birlikte, kömür ızgaraya yakın temas halinde pişirme, özellikle Benzen maruziyetini artırmaktadır. Fince'de on restoranda yapılan diğer bir çalışmada, restoran ortamında ölçülen 16 UOB ve sigara dumanından elde edilen Benzen ve 1,3-Bütadien bileşiklerinin, insanlarda kanserojen etki yaptığına dair kanıt ulaşılmıştır (Vainiotalo ve diğ., 2008).

Yemek pişirmek, çeşitli uçucu organik bileşikler, aldehit ve H₂S gibi kirletici bileşenlerin yanında yan ürün olarak serbest gazlar ve küçük katı parçacıklar oluşturan; hava kirliliğinin ve / veya koku emisyonlarının bilinen bir kaynağıdır (Kabir ve Kim, 2011). Pişirme teknikleri, yerel, çevresel, coğrafi, ekonomik ve kültürel faktörlerin etkisiyle, kavurmadan kızartmaya, ızgara mangaldan buğlama, haşlamaya, buhardan, mikrodalgaya kadar çok çeşitli olmaktadır. Izgara şeklinde pişirme, hava kirletici emisyonlarında önemli bir etkiye sahiptir (Kabir ve Kim, 2011). Gıda maddelerinin son derece yüksek ısıda pişirilmesi (ızgara), hem çevre havasını kirletmekte hem de insan sağlığını tehdit etmektedir (Serrano ve Jedda, 2009). Bu tür faaliyetler yoluyla havaya salınan kirleticilerin seviyesi, özellikle pişiren ve ortamda bulunan kişilerin sağlığı için tehlikeler oluşturmaktadır (Kim ve diğ., 2011).

Ülkemizde olduğu gibi, dünyada da birçok insan kömür ızgarada pişmiş yemeği diğerlerine nazaran daha lezzetli bulmaktadır. Özellikle Kore gibi ülkelerde ızgarada

et pişirmek çok popülerdir. Kabir ve diğ. (2010) çelik çubuklar, sıcak çelik tava veya ızgarada kömür brülör üzerinde kızarmış gıdalardan yayılan UOB ve karbonilleri, havadaki kirleticiler olarak sınıflandırmış; barbekü restoranlarda, müşteri masalarına yerleştirilen ısıtılmış kömür üzerinde yemek pişirmenin, iç ortamda serbest halde bulunan kirleticilerin büyük ölçüde salınımına sebep olduğunu savunmuşlardır. Susaya ve diğ. (2010) yaptıkları incelemeler sonucunda, yüksek miktarlarda UOB ve metal emisyonlarının barbekü kömürünün yanması sırasında gerçekleştiğini tespit etmişlerdir.

Dünya çapında birçok hane ve restoranlarda barbekü amaçlı yaygın olarak kullanılan kömür, oduna göre daha fazla ısı ve daha az duman üretir (Susaya ve diğ., 2010). Fakat diğer taraftan yüksek ısıda ızgarada pişirme UOB gibi zararlı ürünleri, büyük miktarlarda üretebilir (Mugica ve diğ., 2001). Kore’de barbekü tarzı bir restoranda ölçülen UOB’lerin, iç ortam havasında yüksek derişimleri elde edilmiş ve kendi ülkelerindeki standardı aşan (1000 ppm) iç ortam CO₂ değerlerine ulaşılmıştır (Lee ve diğ., 2001). Aynı zamanda bu çalışma, barbekü tarzı yemek pişirmenin hatırı sayılır miktarda CO üretebileceğini de göstermiştir. Izgara için kömürün yaygın kullanımı, insanların kömürden yayılan bileşiklere maruz kalmasına sebep olmaktadır. Olsson ve Petersson (2003) tarafından yapılan bir çalışmada, yakacak köz kömüründen oluşan Benzen’in, ızgara sırasında havayı kirleterek önemli bir sağlık etkisi yarattığı sonucuna varılmıştır. Kabir ve diğ. (2010) yaptıkları çalışmada, yaygın olarak kullanılan mangal kömürünün yanması sırasında aromatik uçucu organik bileşiklerin ve karbonil bileşiklerin bir dizi emisyon derişimlerini ölçmüş ve Toluen derişiminin yüksek miktarlarda olduğu sonucuna varmışlardır.

Barbeküler, genellikle açık havada yapılması amaçlanmasına rağmen, günümüzde iç mekanlarda da uygulanmaktadır. Kömür, mangal işlemi sırasında yüksek sıcaklıklarda yanar. Yanma sırasında yayılan kirleticiler hem gıda tarafından emilmekte hem de iç hava kalitesini düşürmektedir. Yanma işlemine yakın yerde bulunan insanlar kirleticilere maruz kalarak emisyon gazlarını teneffüs ederler ve böylece potansiyel sağlık riskleri oluşur (Pandey ve diğ., 2009). Kömür karmaşık bir organik madde olup, odun külü, karbon, hidrojen, oksijen, çeşitli uçucular ve nem içerir. Kabir ve diğ. (2010) yaptıkları araştırma sonucuna göre, tipik bir mangal kömürünün kimyasal özelliklerinin, genellikle % 50 karbon, % 30 uçucu organik,

% 20 amonyak, % 5 nem ve % 0,8 kükürt içermesinin yanı sıra, yanması sonucu ortamda yüksek miktarlarda Benzen ve Toluen derişimleri oluşur. Sonuç olarak, yanmayla oluşan ve duman şeklinde çıkan kirletici derişim düzeyleri, (örneğin, Polisiklik Aromatik Hidrokarbon) ciddi şekilde insan sağlığını etkileyebilmektedir.

Diğer taraftan Olsson ve Petersson (2003) yaptıkları çalışma ile pişirmede karbon içeriği yüksek olan kömürün kullanılmasının, pişirme kaynaklı ortama verilen Benzen emisyonlarının etkin bir şekilde azalmasında etkili olabileceğini ortaya koymaktadır.

Restoranların çalışma konusu olarak seçilmesinin nedeni birçok kişinin gün içerisinde belirli zamanını geçirdiği, halka açık olan iç ortamlardan birisi olmasıdır. Yürütülen çalışmada seçilen restoranların, ocak başı (ızgara usulü pişirilen) kebabçı ya da köfteci olmasına önem verilmiştir. Diğer bir önemli husus ise pişirme işlemini gerçekleştiren kişi ya da kişilerin ızgara ocağına yakın temas halinde olup ızgara ocaktan çevreye salınan kirleticilere direkt maruziyeti söz konusudur.

1.9.2. Kuru temizlemeciler ile ilgili yapılan çalışmalar

Kuru temizleme, solvent (organik çözücü) kullanımıyla UOB emisyonları için önemli bir kaynak sektördür (Yuan ve diğ., 2010). Çözücülerden kaynaklanan emisyonlar, öncelikle solvent buharlaşması sonucu olmaktadır (EMEP/CORINAIR, 2007). Tetrakloretilen ve Perkloretilen, kuru temizlemede kullanılan solventler olup, insan ve ekosistem için ciddi sağlık sorunları oluşturmaktadır. Modern kuru temizleme makinelerinde 100 kg tekstilin temizlenmesinde, 2,0 ila 5,2 kg aralıklarında Perkloretilen tüketimi sağlanır (Keoleian ve diğ., 1997).

Avrupa komisyonu için oluşturulan hava ile ilgili Çevre Bilimler Koordinasyonu Akademisi Emisyon Envanteri (EMEP/CORINAIR)'e göre, Avrupa çapında, solvent kullanımının toplam UOB'lere katkısının, antropojenik emisyonların dörtte birinden daha fazla olduğunu belirtmektedir. Avrupa Çevre Ajansı (EEA) (2005) verilerine göre, toplam 27 Avrupa Birliği (AB) üyesi ülkede meydana gelen metan olmayan UOB emisyonlarının en önemli iki kaynağı, boya uygulaması ve kuru temizlemedir. Yunanistan'da antropojenik UOB emisyonlarının en önemli ikinci kaynağı yine solvent kullanımındır. Sidiropoulos ve Tsilingiridis'in (2009) Yunanistan'da yaptığı

araştırmada, emisyon kaynağı olarak solvent kullanımının en çok boya uygulamalarında ve kuru temizleme de olduğu belirlenmiştir.

2002 ile 2004 yılları arasında İzmir’de Elbir ve diğ. (2007) yaptıkları çalışmada, 28 UOB ortam derişimleri ölçülmüş ve 6 kaynak faktöre ulaşılmıştır. Sonuçlara göre önemli miktarlarda elde edilen Tetrakloretilen, Butanol, 1,2,4-Trimetilbenzen, 1,3,5-Trimetilbenzen, Propilbenzen, tert-Butilbenzen, İzopropilbenzen ve o,m-Ksilen derişimleri, örnekleme noktasına yakın olan bir kuru temizlemeciden kaynaklanmaktadır. Chao ve diğ. (1999) iç ortam havasında ölçtükleri Perkloretilen’in kaynağının ortamda bulunan kuru temizleme işlemi görmüş giysilerden yayıldığını belirlemişlerdir. Ho ve diğ. (2004) Hong Kong’da 7,7 mg/m³ olarak elde ettikleri Tetrakloroetan derişiminin olası kaynağının, özellikle sokak içlerinde sıra sıra dizilmiş kuru temizleme dükkanlarının olduğunu bildirmişlerdir.

1.9.3. Fotokopiler ile ilgili yapılan çalışmalar

Ofis ve konutlarda kullanılan yazıcılar, fotokopi makineleri ve bu makinelerden yayılan kirleticiler (VOC, ozon, parçacıklar, vb.) son zamanlarda kapalı ortamlarda ciddi bir sorun haline gelmiştir (Kagi ve diğ., 2007; Stefaniak ve diğ., 2000).

Ofis cihazlarından yayılan hava kirleticileri üzerine çok sayıda çalışmalar yapılmıştır. UOB’lerin fotokopi, yazıcı vb. elektronik cihazların kullanımı sırasında yayıldıkları kanıtlanmıştır (Sarigiannis ve diğ., 2011). Black ve Worthan (1999)’da lazer yazıcılar, fotokopi ve kişisel bilgisayarlarda UOB/TUOB (Toplam Uçucu Organik Bileşik) emisyonları, ozon ve partikülleri araştırmış; Brown (1999) bir çalışmada ise, fotokopi cihazı için UOB, Formaldehit, solunabilir partiküller, ozon ve azot dioksit için emisyon verileri yayınlamıştır. Yine aynı yıl Wolkoff (1999) fotokopi ve kapalı hava kirliliği ile uğraşmıştır. Daha sonra Lee ve diğ. (2001a) ofis ekipmanlarından kaynaklanan UOB, ozon ve partikül madde emisyonlarını karakterize etmiştir. 3 farklı fotokopi merkezinde yapılan bir araştırmada, çalışanların UOB’lere maruziyeti ele alınmış, en yüksek derişime sahip bileşik Toluen olarak elde edilmiştir. En fazla maruziyetin ofset baskı makinelerinin varlığı nedeniyle üç nolu fotokopi merkezinde olduğu tespit edilmiştir (Stefaniak ve diğ., 2000).

Fotokopi cihazlarından kaynaklanan UOB emisyonlarının en detaylı araştırmaları genelde laboratuvar test odası değerlendirmeleri olmuştur. Leovic ve diğ. (1996) dört fotokopi cihazının UOB için belirlenen emisyon oranlarını ölçmüştür. Aromatik hidrokarbonların sadece baskı ve kopyalama işlemlerinde değil, işlenmiş kağıttan da yayılabildiği ve önemli bir kaynak olduğu gösterilmiştir. Wolkoff ve diğ. (1993) 6 fotokopi makinası, 3' lazer 5 yazıcıdan kaynaklanan 61 farklı UOB derişimlerini belirlemiş ve bunların en az 25'inin kopyalanan kağıttan yayıldığını tespit etmiştir. Tutarlı bir şekilde fotokopi merkezlerinde yapılan UOB rneklemelelerinde en yüksek derişimli bileşik olarak Toluen bulunmaktadır (Stefaniak ve diğ., 2000; Lee ve diğ., 2001a). Lee ve Hsu (2007) Tayvan'da 12 fotokopi merkezinde BTEKS bileşiklerini araştırdığı çalışmada, ölüm sonuçlarına göre Toluen'in, tüm fotokopi merkezlerinde en yüksek derişime sahip bileşik olduğunu belirtmiştir. Ongwandee ve diğ. (2011) Bangkok'ta iş alanında kaynak belirleme amaçlı 13 farklı UOB derişimlerini değerlendirdiğinde, en baskın uçucu organik bileşiğin yine Toluen olduğunu belirlemiştir.

Ofislerde veya konutlarda kullanılan yazıcıların kapalı hava kirliliğinin kaynağı olabileceği, yapılan incelemeler sonucunda grlmektedir. Aromatikler ve ağır hidrokarbonlar (C₆) baskı sanayinin etkin UOB emisyonları olduğu öne sürülmüştür (Yuan ve diğ., 2010). Yazıcı ve fotokopi makinelerinden yayılan UOB emisyonları, özellikle Stiren, Toluen, Ksilen ve diğer alkil Benzenler, genellikle bilgisayarlardan yayılan miktarlardan daha yüksek bulunmuştur (Destailats, 2008). Ofislerde belirlenen p-Ksilen ve o-Ksilen derişim fazlalığı, yazıcıların geniş kullanımı nedeniyle kaynaklanmıştır (Lee ve diğ., 2002). Yazıcılar ve fotokopi cihazları çalıştığında iç ortam UOB derişimini 200-3000 mg/m³'e kadar artabilmektedir (Kagi ve diğ., 2007). Ozon ve UOB emisyonlarının yazıcılar ve iç ortam evre havası üzerindeki etkilerini değerlendirmek bu nedenle önemlidir.

Fotokopi merkezleri, genellikle birbirine yakın, uzun işlem süresine sahip, birden fazla fotokopi cihazlarının, yazıcıların, bilgisayarların, tarayıcıların, faks vb. cihazların bulunduğu bir i ortamı temsil ettiğinden, değerlendirilmesi için önemli bir çevreyi temsil eder. USEPA (1995) ofis ekipmanları ve evre kirliliğinin önlenmesi konusunda yayınladığı raporda, UOB kirliliğini nleme çabaları adı altında, yüksek öncelikli olarak iç ortam hava kirliliğine önemli bir kaynak olarak fotokopi

makinelere dikkati çekmiştir. Kaldı ki, çalışma ortamlarında fotokopinin giderek yaygınlaşması, iç ortam UOB emisyonlarına maruz kalma potansiyelinin, önümüzdeki yıllarda daha da artacağına işaretler.

Lee ve diğ. (2001a) faks makineleri, lazer yazıcılar, mürekkep püskürtmeli yazıcılar, tarayıcılar ve fotokopi makineleri de dahil olmak üzere birçok ofis ekipmanından ortama verilen UOB'leri belirledikleri çalışmada, Toluene, Etilbenzen m,p-Ksilen ve Stiren derişimleri yüksek emisyon oranları ile tüm donanımlardan elde edilmiş, lazer yazıcılardan yayılan ozon ve UOB emisyonlarının, mürekkep püskürtmeli yazıcılardan elde edilen değerlere göre daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca çalışma, yüksek sıcaklıklarda kullanılan tonerin, organik bileşiklerin uçuculuğunu daha da arttırdığını, dolayısıyla UOB emisyonunun lazer yazıcılardan neden daha fazla kaynaklandığını açıklamaktadır.

Tonerler kaynaştırıcı malzeme özelliklerine bağlı olarak, Benzen, Toluene, Stiren, Etilbenzen, Ksilen, Asetofenon, alkanlar ve aldehytler gibi sürekli UOB yayarlar (Wolkoff ve diğ., 1993; Brown, 1999; Stefaniak ve diğ., 2000; Lee ve diğ., 2001a, 2006; Hsu ve diğ., 2005). Destailats (2008) ve Wolkoff ve diğ. (1993) yaptıkları araştırma sonucunda, lazer yazıcılarda kullanılan tonerin, ortamdaki UOB'lerin önemli bir miktarının kaynağı olduğunu tespit etmişlerdir. Caselli ve diğ. (2009) basımdan dolayı iç ortama yayılan Toluene seviyesinin dış ortamdaki seviyenin yaklaşık 100 katı olduğunu belirlemişlerdir. Kagi ve diğ. (2007) lazer yazıcı ve mürekkep püskürtmeli yazıcıların kapalı havada oluşturdukları UOB'ler, ozon ve ultra ince parçacıkları incelemişlerdir. Yayınladıkları rapora göre, lazer yazıcı ile baskı işlemi artışında Stiren, Ksilen ve ozon derişimleri; mürekkep püskürtmeli yazıcı ile baskı işleminde Pentanol artışı tespit edilmiştir. Stiren ve Ksilen derişimleri lazer yazıcının baskı sürecinde 200 - 3000 mg/m³ 'e kadar yükselmiştir. Lazer yazıcının toneri Stiren'e, mürekkep püskürtmeli yazıcının mürekkebi de Pentanol'e kaynak olmuştur. Lazer yazıcılar ve fotokopi makinelerinden üretilen ozonun iç ortam havasında artışı olmasa da, ultra ince partiküller, aldehytler, asitler ve benzeri diğer kirleticilerin UOB'leri okside ettikleri sonucuna varılmıştır.

Toner, basılı evrak, çözücü çeşitleri, ofis mobilyaları, inşaat malzemeleri, döşeme malzemeleri ve diğer ofis ekipmanları da dahil olmak üzere fotokopi merkezlerinde

diğer malzemeler, kapalı ortam içine organik maddeler yayarlar (Lee ve Hsu, 2007; Caselli ve diğ., 2009). Ofislerdeki iç hava kalitesini, ortamda bulunan tozlu raflar, eski kitaplar, müsfette kağıtlar, belgeler vb. malzemelerde düşürmektedir. Wargoocki ve diğ. (2002) yaptıkları çalışmada, ofis ortamında bulunan ahşap rafları, kitapları, kullanılmayan kağıtları, belgeleri ve eskimiş mobilyaları çıkartarak tekrar gerçekleştirdikleri ölçümlerde UOB derişimlerinin azaldığını görmüşlerdir.

Yapı malzemeleri ve mobilya gibi diğer iç ortam kaynaklarının yanı sıra elektronik cihazlar da etkin UOB emisyon kaynaklarıdır (Wensinga ve diğ., 2008). Bilgisayarlar, yazıcılar, fotokopi makineleri ve diğer elektronik cihazlar, ev ve ofis ortamlarının vazgeçilmez bir parçasıdır. Ancak, ofis ekipmanlarından yayılan zararlı kirleticilere insanların maruziyeti, sistematik olarak değerlendirilememiş dolayısıyla iyi anlaşılmiş değildir (Destailats, 2008). Olası sağlık etkileri yanı sıra, ofis ekipmanları tarafından yayılan hava kirleticileri, iş performansını ve iş verimliliğini olumsuz etkileyebilmektedir.

1.9.4. Boyacılar ile ilgili yapılan çalışmalar

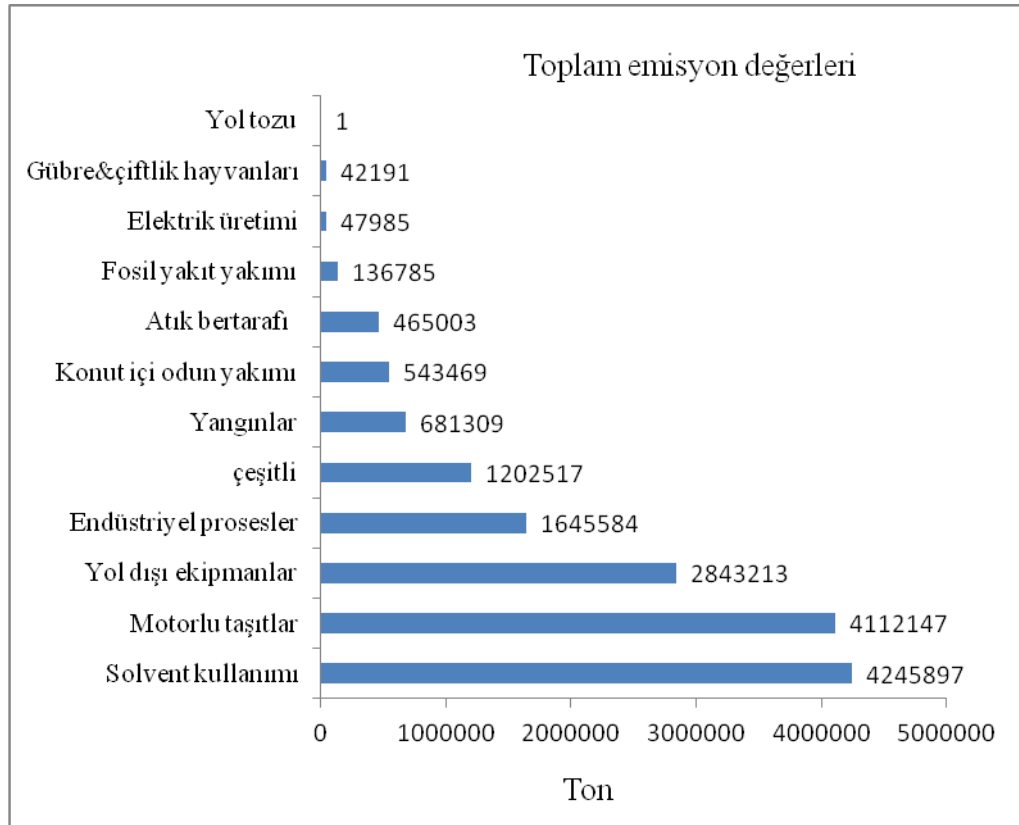
Boya türleri, solvent bazlı boyalardan su bazlı boyalara kadar çeşitlenir. Su bazlı boyalar, solvent bazlı boyalara göre daha az uçucu organik kirletici yayarlar (Weschler, 2009). Uçucu organik bileşikler, genellikle çözücülerin yapısında bulunan uçucu organiklerden kaynaklanmaktadır. Çözücüler (tiner) ise katkı maddesi olarak ve temizlik amaçlı kullanılır. Geleneksel olarak kullanılan tiner UOB olarak, Toluen, Ksilen, Etil asetat ve n-Butil asetat içerir (Chang ve diğ., 2002).

Organik çözücücüde çözülen boyalar zamanla buharlaşarak havaya karışırlar. Uçucu kısımdaki bu bileşikler boyanın üretimi ve kullanımı sırasında (karıştırılması, uygulanması ve kurutulması) buharlaşmaktadır. Konvansiyonel organik solvent bazlı boyaların petrol bazlı çözücü içerikleri yaklaşık % 50 iken geleneksel su bazlı boyaların çözücü içerikleri sadece % 7'dir. Dolayısıyla doğal boya ürünleri daha az UOB emisyonlarına sahiptir (Guo ve Murray, 2000).

Çoğunlukla havasız tabanca ile boyama, daha az pahalı ve daha çok verimli olduğu için organik solvent bazlı boyalar, su bazlı olanlara tercih edilir. Saf solventlerde ve bazı solvent bazlı boyalarda UOB içeriği litrede 800 gr'ı bulmaktadır (Malherbe ve

Mandin, 2007). Boya püskürtmede, büyük kompozisyonlarda keton, ester ve aromatik hidrokarbonlar da dahil olmak üzere, birçok türde solvent, sertleştirici reçine ve tiner kullanılır (USEPA, 1994; Uang ve diğ., 2007). Chang ve diğ. (2002) yaptıkları araştırma sonucu, püskürtme tabancası ve taban kaplama için kullanılan boyalardaki organik çözücülerin miktarının yılda 3350 ton; kat astar ve vernik için kullanılan çözücülerin miktarının ise yılda yaklaşık 1700 ton olduğunu belirlemiştir.

Amerika Çevre Koruma Ajansı (2005) Amerika'da UOB emisyonlarının kaynaklandığı sektörleri araştırmış ve çözücü kullanımının diğer sektörlerle göre en yüksek UOB kirleticilere neden olduğunu göstermiştir. Yayınlanmış sonuçlar Şekil 1.5'te verilmiştir.



Şekil 1.5. UOB emisyonlarının kaynaklandığı sektörler (USEPA, 2005)

Papasavva ve diğ. (2001) solvent bazlı boya, su bazlı boya, toz astar ve toz vernikler dahil olmak üzere farklı otomotiv sarf malzemeleri üretimi ile ilgili çevresel etkileri araştırmıştır. Araştırma sonuçları, boyamanın, doğrudan çevre emisyonlarına en fazla katkıda bulunan işlem olmasına dikkat çekmiştir. İzmir'de Elbir ve diğ. (2007) çevre havasında yaptıkları UOB karakterizasyonunda altı kaynak faktörden birinin boya

üretim ve uygulamaları olduğu sonucuna varmışlardır. Malherbe ve Mandin (2007) yaptıkları çalışmada, boya ve solvent kullanımı sırasında yayılan UOB'lere odaklanmış; üç farklı boyama senaryosu göz önünde bulundurularak, bir aracın boyanması için kullanılan malzemelerin, toplam çevresel etkileri değerlendirilmiştir. Boyama için kullanılan malzemelerin, ortamdaki UOB'ler ile ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır. Özellikle temizleme ve kurutma işlemleri sırasında kullanılan organik çözücüler, solvent, boya ve boya ekipmanlarının difüzyonuyla çok sayıda uçucu organik bileşik atmosfere bırakılmaktadır (Malherbe ve Mandin, 2007).

Caro ve Gallego (2009) ev boyacıları, cilalama işçileri, oto boyacıları ve benzin istasyonu çalışanlarını, işyerinde uçucu organik bileşiklere maruz kalan işçiler olarak, dört farklı meslek grubu olarak değerlendirmiştir. Bu çalışmada sunulan sonuca göre, vardiya sonrasında bile bu bileşikler yüksek derişimlerde ortam havasında mevcudiyetlerini korumaktadır. Çalışmada işçiler sınıfı arasından oto boyacılar, diğerlerine nazaran çözücülere en yüksek düzeylerde ve uzun süreli, maruz kalan grup olduklarından, daha fazla odaklanılmıştır. Vincent ve diğ. (1994) işçilerin organik bileşiklere maruziyetini değerlendirdiği çalışmada, boya sıyırma işlemi sırasında ortam havası ölçülmüş, birçok türde solvent ve UOB derişimlerinin yüksek değerlerde olduğu belirlenmiştir. Yine aynı çalışmada işçilerden alınan biyolojik örneklerde, tehlikeli bileşiklere rastlanmıştır. Boyama sırasında ve birkaç saat sonrasında bile UOB'lerin 1000 kat seviyelerine ulaşabilmektedir (Barro ve diğ., 2009). Boya püskürtme sırasında organik çözücülere kişisel ve bölgesel maruziyeti araştıran Uang ve diğ. (2007) yüzey boyama sırasında Toluen, İzobütilketon, n-Bütülasetat ve Ksilen derişimlerini, elde edilen diğer organik bileşiklerin seviyelerine göre daha yüksek bulmuşlardır. Xie (2007) tarafından yapılmış araştırma sonucunda, solvent kullanımı sonucu oluşan bütün emisyonların yaklaşık % 80'inin boya uygulama ve baskı işlemlerinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Pekin'de, Yuan ve diğ. (2010) boya uygulamaları ve baskı süreçleri sırasında oluşan uçucu organik bileşik emisyon kompozisyonlarını örneklemiş, Toluen ve C₈ aromatiklerin boya uygulamaları esnasında; ağır alkanlar ve aromatiklerin ise baskı süreçleri sırasında ortama en çok yayılan UOB'ler olduğunu belirlemişlerdir.

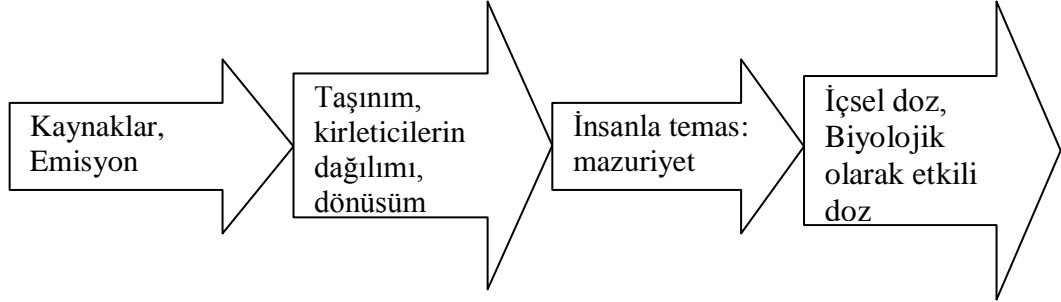
1.10. Maruziyet Değerlendirmesi

Maruziyet, insanın kimyasal bir madde ile teması halinde ortaya çıkan durumdur. Bu kimyasal madde havada, suda, toprakta veya birtakım ürünlerde bulunabilir. Maruziyet derecesi, insan aktiviteleri, ısınma, havalandırma teknikleri, sigara içimi, bina yapısı ve tipinden etkilenebilir. Maruziyet değerlendirme, maruziyetin uzunluğu ve sıklığının belirlenmesi, maruz kalan grupların ve potansiyel maruziyet yollarının değerlendirilmesini içerir. Çevresel monitörlemeler veya tahmin modelleri, belirli yollarla belirli noktalarda maruziyet seviyelerini belirlemede kullanılabilir (Demirel, 2010). Tablo 1.11’de maruziyet değerlendirmesinde kullanılan terimler görülmektedir.

Tablo 1.11. Maruziyet analizinde önemli olan bazı terimler (WHO, 2000)

Terim	Açıklama
Kirletici	Biyolojik, kimyasal, fiziksel, tek madde, çoklu maddeler, karışımlar
Kaynaklar	Antropojenik / doğal, nokta/alan, sabit/hareketli,
Taşınma	İç ortam / dış ortam hava, su, toprak, çöp, besin, ürünler
Maruziyet yolu	Kontamine besinleri yeme, kontamine havayı soluma, kontamine yüzeylere dokunma
Maruziyet derişimi	mg/kg (besin), mg/L (su), µg/m ³ (hava)
Vücuda girme yolu	Solunum, deri teması, sindirim, birden fazla yolla temas
Maruziyet süresi	Saniye, dakika, saat, gün, hafta, ay, yıl, yaşam boyu
Maruziyet sıklığı	Sürekli, aralıklı, döngüsel, tesadüfi, nadiren
Maruziyet ortamı	Mesleki / mesleki olmayan, ikametgahla ilgili / ikametgahla ilgili olmayan, iç ortam / dış ortam
Maruziyet popülasyonu	Genel popülasyon, belli gruplar, bireyler
Coğrafi kapsam	Yerel, bölgesel, ulusal, uluslararası, küresel
Zaman çerçevesi	Geçmiş, şimdiki zaman, gelecek, eğilimli

Hava kirleticileri her yere dağılır ve insanların hedef organları ile sürekli temas halindedirler. Temas noktasındaki kirletici derişimi maruziyet derişimidir. Şekil 1.6 kirleticilerin kaynaktan vücuda doğru akışını göstermektedir.



Şekil 1.6. Kirleticilerin kaynaktan vücuda doğru akışı

Maruziyetin ölçülmesi direkt ve dolaylı olmak üzere iki yolla yapılabilir. Direkt metotlar çeşitli kişisel veya mikro ortam ölçümlerini gerektirir. Dolaylı yöntem ise belirli mikro ortamlarda maruziyetin deneysel dağılımını, mikro ortam modellemesi çıktılarını, insan aktivite verisini ve anketleri kullanarak maruziyeti simule eden bir modelleme yaklaşımıdır (EHRA, 2002).

1.11. Hava Kirliliği Örnekleme Yöntemleri

Genel olarak işyeri ortamında havadaki uçucu bileşiklerin örnekleme teknikleri iki ana kategoriye ayrılmaktadır.

1.11.1. Pasif örnekleme tekniği

Pasif örnekleme herhangi bir pompa sistemi olmadan adsorban yüzeye gazın difüzyonu esasına dayanır. Gaz molekülleri hava moleküllerinin arasında difüzyona uğrayarak adsorblayıcı yüzey üzerinde tutunurlar (Colls, 2002). NO₂, UOB, SO₂, NH₃ ve ozon gibi pek çok gaz için pasif örnekleme cihazları geliştirilmiştir. Ucuz olmaları ve herhangi bir elektrik kaynağına ihtiyaç duymamaları sebebiyle de oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Ortalama kirlilik konsantrasyonları belirlenen, uzun süreçli çalışmalar için kolay ve düşük maliyetli pasif örnekleme cihazları ideal bir araçtır (Bruno ve diğ., 2005; Pekey ve Yılmaz, 2011; Cocheo ve diğ., 2008). Bu teknik kimyasal olarak stabil maddelerin örnekleme için uygun olmaktadır (Çakır, 2010). İşyeri hava kontrollerinde çoğunlukla pasif örnekleme cihazları için aktif karbon kullanılır (Ulman ve Chilmonczyk, 2007).

Pasif örneklemede organik moleküller adsorban madde üzerine Fick'in 1. yasası uyarınca difüze olurlar,

$$m = D \times \frac{A}{L} \times (C - C_0) \times t \quad (1.6)$$

m: Pasif örneklemede tutulan miktar

D: Difüzyon katsayısı (1 atm basıncında 294 K'de) (cm²/sn)

A: Kesit alanı (cm²)

L: Difüzyon yüzeyinin uzunluğu (cm)

C: Numune hava ile sabit hava arasındaki derişim farkı

C₀: sorbent üzerindeki hava tabakası derişimi (teotik olarak ideal bir sorbent için

C₀ = 0 kabul edilir)

t : Örnekleme süresi (sn) (Walgraeve ve diğ., 2011).

Uçucu organik bileşiklerin pasif olarak izlenmesinde yaklaşık 15 çeşit ticari örnekleme cihazı bulunmaktadır. Bunlardan bazıları, Radiello difüzyon örnekleme cihazları, OVM örnekleme cihazları, ORSA tipte örnekleme cihazları, Analyst, Perkin Elmer tüpleri, SKC örnekleme cihazları ve TK-200 kişisel örnekleme cihazlarıdır (Kot-Wasik ve diğ., 2007).

1.11.2. Aktif örnekleme tekniği

Aktif örnekleme, havadaki kirleticileri belirlemede kullanılan geleneksel bir örnekleme tekniğidir (Woolfenden, 2010). Hava pompasıyla ya da vakum kullanılarak belirli sürede ve hacimde alınan hava, toplayıcı bir kap içerisine veya adsorblayıcı bir yüzeye çekilir. Hava vakum yardımıyla polimer torbalara (tedlar, teflon) veya metal örnekleme kapları (kanister) içerisine toplanır; örnekleme oldukça basit ve hızlıdır. Örnekleme sisteminde herhangi bir kırılma noktası gözlenmez ancak örnekleme kabı içerisnde oluşabilecek reaksiyonlar ve duvarlarda fiziksel adsorblanma nedeniyle UOB kaybı oluşabilir (Pluschke, 2004). Diğeri aktif örnekleme tekniğinde gaz molekülleri, yüzeylerinde adsorblayan bir ortamdan geçirmek suretiyle toplanmaktadır. Sorbentler üzerinde toplama tekniğinde belirli

miktarda sorbent içeren cam veya paslanmaz çelik tüpler kullanılır. Hava bu tüplerden geçirilerek aktif örnekleme işlemi gerçekleştirilir ve hedef kirleticilerin sorbentler üzerinde tutunması sağlanır. Günümüzde aktif örnekleycilerde kullanılan debi oranı 5 - 200 mL/dak. arasındadır (Batterman ve diğ., 2002).

Belirli bileşikleri yakalamak için genellikle sorbent kapasitesi, somut bir bileşiğin sorbente tutunma hacmi ölçerek belirlenir. En verimli örnekleme, adsorban kaybı olmadan alınabilen maksimum UOB derişimi içeren hava hacmidir. Adsorban üzerinden geçen hava hacmi, adsorban yatağında yüzeye tutunan moleküllerin önden arkaya doğru geçişine sebep olur (Gallego ve diğ., 2011). Adsorbsiyon amacıyla kullanılan birçok ortam vardır. Bunlar; Poröz polimerleri, Tenax, Aktif karbon, Poliüretan köpük, Karyojenik Teknikler ve Çoklu Sorbent Tekniklerdir (Hamideh, 2000).

Literatürde kullanılan en popüler sorbentler, geçirimli polimer bazlı sorbentler (Tenax ve Chromosorb) ve karbon bazlı sorbentlerdir (aktif karbon, grafit karbon, anasorb). Tenax'ın hidrofobik, termal stabiliteye sahip ve hızlı desorpsiyon özellikte olması, UOB'lerin numunelenmesinde çok yaygın olarak kullanılmasına olanak verir (Schripp ve diğ., 2007; Singer ve diğ., 2007; Barro ve diğ., 2004; Rossner ve Farant, 2004; Baroja ve diğ., 2005). Örnekleme için sorbent seçimi sorbentin hedef bileşiği adsorblama ve desorblama kapasitesine bağlıdır.

Kornacki ve diğ. (2005) yaptıkları deneyler sonucunda yapısında C₃ ve C₄ bulunan organikler ve alkollerin örneklemede kullanılan Carbopack X, Carbograph 5TD ve Carbotrap B gibi grafit karbonların Termal Desorber sonrası elde edilen kromatogramlarından aldehit ve ketonlar için yetersiz sorbentler olduğunu; diğer yandan Tenax TA ve Chromosorb 106 gibi polimerik adsorbentlerin, bu tip oksidatif özellik göstermediklerini tespit etmişlerdir.

Baroja ve diğ. (2005) havadaki uçucu aromatikleri ve klorlu hidrokarbonları Tenax TA ile belirlemiştir. Elbir ve diğ. (2007) İzmir havasında 60 farklı UOB değerlerini belirlemede; Martins ve diğ. (2007) Rio'daki aldehit ve BTEKS örneklemede aktif kömür kullanmışlardır. İç ortam havasındaki UOB'lerin toplanmasında Srivastava ve Devotta (2007) adsorbent olarak Chromosorb 106'yı; Gariazzo ve diğ.

(2005) Anasorb CSC'yi; işyeri ve çevre havasındaki organikleri belirlemede Rao ve diğ. (2007) hindistan cevizi kabuğundan üretilen aktif karbonu kullanmışlardır.

Davis ve diğ. (2007) karbon ve gözenekli polimer yapısında olan çoklu sorbentlerden Carbopack ve Carboxen'i tercih etmişlerdir. Wu ve diğ. (2003) sorbent olarak Carbosieve'i; Baek ve Jenkins (2004) Carbotrap ve Carbosieve ikilisini kullanmıştır. Pierrini ve diğ. (1999) Carbograph'ın iki tipini birlikte kullanmayı seçerken Su ve diğ. (2007) Tenax'ı Carboxen ile birlikte kullanmıştır. Bu çalışmaların ortak noktaları havadaki UOB'lerin belirlenmesinde çoklu sorbent uygulamasını seçmeleridir.

Eğer analitler geniş bir uçuculuk aralığında belirlenecekse, birden fazla adsorbent seçmek ve adsorbentlerin sağlamlılıklarına göre zayıftan güçlüyle doğru sıralamak kullanımı kolaylaştırmaktadır. Böylece az uçucu organikler güçlü sorbent tarafından tutulacaktır (Ras, 2009). Yaygın olarak kullanılan sorbent kombinasyonu Tenax ve Carbopack B/Carbograph 1 ve Spherocarb/Carboxen 1000'dür. Kuntasal ve diğ. (2005) 102 farklı C₅ ile C₁₂ arasında değişen UOB'lerin toplanmasında Tenax TA ve Carbopack B çoklu sorbent kombinasyonunu kullanmışlardır. Youngmin ve diğ. (2001) mikro çevrelerde yaptıkları kişisel örneklemelemlerde çoklu sorbent olarak 1000 mg Carbopack B, 150 mg of Carbosieve SIII; kent havasında yaptıkları UOB ölçümlerinde 300 mg Tenax GR, 600 mg Carbotrap kullanmışlardır.

Uçucu organik bileşiklerin belirlenmesinde üçlü sorbent kullanımı da uygulanmıştır. Ribes ve diğ. (2007) uçucu organikleri belirlemek için yaptıkları çalışmada Carbotrap, Carbopack-X ve Carboxen-569 adsorbent üçlüsünü kullanmıştır.

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1. Çalışma Bölgelerinin Tanımlanması

2.1.1. Kocaeli bölgesi

Bugün ileri düzeyde sanayi ve endüstri kenti olan Kocaeli, 1,5 milyonu aşkın nüfusu, 3626 km² yüz ölçümü ve Avrupa'yı Anadolu üzerinden Ortadoğu'ya bağlayan D100 karayoluna sahip, Türk imalat sanayi üretimine yapmış olduğu yaklaşık % 13' lük üretim katkısı ile İstanbul'dan sonra gelmektedir (Kocaeli Valiliği, 2012). İstanbul'a olan yakınlığı, boğazların trafik yükünü hafifletici etkisi olan doğal limanı (İzmit Körfezi), elverişli iklim koşulları, denizyolu, demiryolu ve karayolu ulaşım imkanları nedeniyle bütün dönemlerde önemli bir cazibe merkezi olmuş sanayi kentidir. Ülke sanayileşmesinde kale görevini üstlenen ilde petrokimya, rafineri, tehlikeli atık yakma tesislerinin yanı sıra tekstil, makine, otomotiv, metal, gıda, maden, kağıt vb. çok sayıda sanayi kuruluşları yer almaktadır.

Kocaeli, bir yüzüyle; Türkiye'nin en çok üreten, en çok göç alan, en hızlı kentleşen ve en çok veren; öbür yüzüyle de çevresi en önce ve en çok kirlenen, tarihsel ve kültürel kimliğini en acımasız ölçüde yitiren ili olmuştur. Özellikle son yıllarda görülen hızlı endüstriyel gelişim, yoğun trafik, tesislerin çok sayıda uçucu organik bileşik ve ağır metal içeren kirleticileri yayması kentin havasını olumsuz yönde etkilemiştir. Yerleşik hayatın ağır trafik ve sanayi alanlarıyla iç içe olması, Kocaeli'nde yaşayan insanların kirleticilere maruziyetinin belirlenmesi için yapılacak çalışmalarda öncelikli bölge konumundadır.

2.1.2. Sakarya bölgesi

Hızlı kalkınması ve gelişmesiyle Türkiye'nin önemli şehirlerinden birisi olan Sakarya, 851 bin 292 il genel nüfusuna, 4838 km² yüzölçümüne sahiptir. Avrupa'nın Anadolu'ya açılan kapıları olan ulusal ve uluslararası taşımacılıkta önemli iki karayolu (D 100, D 25) ve bir demiryolu bağlantı güzergâhı üzerindedir. Bu konumu nedeni ile Türkiye'nin lokomotifini olan İstanbul'un etki bölgesindedir. Sakarya ili,

sanayileşme ve kentleşme sürecinde çok hızlı ilerlemiş, 1990'lı yıllarda Kocaeli havzasının dolmasıyla yeni yerler arayan sanayi tesisleri için cazip bölge haline gelmiştir. Bugün ikisi faal, biri inşaatı tamamlanmak üzere olan ve dördü plan halinde bulunan Organize Sanayi Bölgeleri ile Sakarya ili sanayi yatırımlarını kendine çekmektedir. İlde son yıllarda özellikle otomotiv, tekstil ve gıda sektörlerinde büyük gelişmeler yaşanmıştır. Ayrıca büyük holdingler bölgede kendilerine sanayi üstleri kurmaktadır.

Sanayileşmede meydana gelen gelişmelere paralel olarak ortaya çıkan nüfus yapısındaki değişimler, beraberinde bir dizi sorunu da ortaya çıkarmıştır. Bu sorunlar içerisinde ulaşım, kentleşme, çevre sorunları ön plandadır. Şehir havasının kirliliği merkezde bulunan işletmelerin iç ve dış hava kalitesini doğrudan etkilemektedir.

2.2. Örnek Alınan Yerlerin Tanımlanması

Çalışma kapsamında örnek alma noktaları, UOB kaynağı olan ve çalışanları için sağlık riski taşıyan çeşitli işletmeler olarak belirlenmiştir.

Örnekleme Kocaeli ve Sakarya illerinde seçilen restoranlar, kuru temizlemeciler, fotokopiler ve oto boyacılar yapılmıştır. Her ilde her bir sektörden 3'er örnekleme noktası olacak şekilde toplam 24 örnekleme noktası belirlenmiştir.

2.2.1. Ocak başı restoranlar

Seçilen restoranların halk tarafından rağbet gören, ocak başı kebabçı ya da köfteci olmasına önem verilmiştir. Örnekleme ve ölçümler, pişirme işlemlerinin yapıldığı esnada iç ve dış ortamda eş zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Örnekleme yapıldığı restoranlar "R" harfiyle; örnekleme yapılan işletmelerin sıraları da rakamlarla verilirken; Kocaeli'de yapılan ölçümler "K" harfi ile Sakarya'da yapılan ölçümler "S" harfi ile gösterilmiştir.

R1K kodlu işyeri Kocaeli şehir merkezinde bulvarda olup, yoğun bir trafiği olan cadde üzerinde bir kebabçı dükkanındır. Restoranda ocak başının bulunduğu yer müşterilerin yemek salonundan ayrılmıştır. Ocak başı kısmı 20 m² olup aynı kısımda ekme, lahmacun ve pide yapımı için bir de fırın bulunmaktadır. Mutfak kısmında

çalışan sayısı 5 kişidir. Izgara ocağa yakın temas halinde pişirme işlemine maruz 2 kişi vardır. Bu işyerimizde havlandırma, ocağın baca sistemiyle (bacanın içerisine ayrıca fan takılmış), tavan fanıyla ve dışarıya açılan kapılardan sağlanmaktadır.

R2K kodlu işyeri Kocaeli şehir merkezinde devlet hastanesine yakın, sokak arasında bir kebabçı dükkanındır. Restoranda ocak başının bulunduğu yer müşterilerin yemek salonuna açılmaktadır. İşletme 20 m² olup üst katı vardır, bunun 3,5 m²'si ocak başı kısmıdır. Izgara ocağa yakın temas halinde pişirme işlemine maruz 2 kişi vardır. İçeride sigara içilebilmektedir. Bu işyerimizde havlandırma, ocağın baca sistemiyle sağlanmaktadır. Havalandırma oldukça yetersiz durumdadır. Bu işyeri yazın gün içersinde doğal havalandırmayı (kapılar açılarak) tercih etmektedir. Kışın havalar soğuduğu zaman çalışma ortamlarında kapılar ve pencereler rahatlıkla açılmadığından işyeri havasının çalışanlar için bir risk oluşturduğu düşünülmektedir.

R3K kodlu işyeri Kocaeli orman bölge müdürlüğüne yakın, cadde üzerinde bir köftecedir. Restoranda ocak başının bulunduğu yer müşterilerin yemek salonuna açılmaktadır. İşletme 80 m² olup bunun 20 m²'si ocak başı kısmıdır. Izgara ocağa yakın temas halinde pişirme işlemine maruz 3 kişi vardır. İçeride sigara içilmemektedir. Yoğun çalışan bir işletmedir. Bu işyerimizde havlandırma, ocağın baca sistemiyle ve duvardaki küçük bir pencereyle sağlanmaktadır.

R4S kodlu işyeri Sakarya'da Çark caddesi üzerinde bulunan bir kebabçı dükkanındır. İşletmenin bulunduğu cadde trafik açısından sabahları normal, akşam saatleri yoğunlaşmaktadır. Restoranda ocak başının bulunduğu yer mutfak kısmında olup 10 m²'lik alana sahiptir. Bu alanda çalışanların sayısı yaklaşık 10'dur. Izgara ocağa yakın temas halinde pişirme işlemine maruz 2 kişi vardır. Pide çeşitlerinin yapıldığı fırın ve ısınma amaçlı barbekü, müşterilerin yemek salonuna açılmaktadır. Restoranda toplam alan 150 m²'dir ve üst kat vardır. İçeride sigara içilmemektedir. İşyerimizde havlandırma ocağın baca sistemiyle sağlanmaktadır. Müşteri salonunda tavan fanı mevcuttur.

R5S kodlu işyeri Sakarya'da Bosna caddesi üzerinde bulunan kebabçı dükkanındır. İşletmenin bulunduğu cadde trafik açısından sabahları normal, akşam saatleri yoğunlaşmaktadır. Restoranda ocak başının bulunduğu yer müşterilerin yemek

salonuna açılmaktadır. İşletme 120 m² olup üst katı vardır, bunun 3,5 m²'si ocak başı bölümüdür. Izgara ocağa yakın temas halinde pişirme işlemine maruz 2 kişi vardır. Pide çeşitlerinin yapıldığı fırın ile ocak başı yan yanadır. İçeride sigara içilmemektedir. İşyerimizde havlandırma ocağın baca sistemiyle sağlanmaktadır. Müşteri salonunda klima mevcuttur. Havalandırma yetersiz durumdadır.

R6S kodlu işyeri Sakarya kentinde uzun çarşı denilen dükkanların yan yana dizildiği, üzerleri kapalı bir ortamda bulunan kebabçıdır. Dışarıda herhangi bir taşıt trafiği yoktur ama dış ortamın bir kapalı alan olması dükkanın başka bir iç ortama açılmasını gerektirmektedir. Bu kebabçı küçük bir işletme olup toplamda yaklaşık 20 m² alana sahiptir ve bunun 3 m²'si ocak başıdır. Izgara ocağa yakın temas halinde pişirme işlemine maruz 2 kişi vardır. İçeride sigara içilmemektedir. İşyerinde havlandırma, ocağın baca sistemiyle sağlanmaktadır. İçeride klima mevcuttur.

Restoranlarda aktif örnekleme yapılırken çekilen fotoğraflar iç ortam örnekleme olarak Şekil 2.1, Şekil 2.2 ve Şekil 2.3'te; dış ortam örnekleme olarak Şekil 2.4'te verilmektedir.



Şekil 2.1. R1S kodlu restoranın pişirme bölümü



Şekil 2.2. R1K kodlu restoranın pişirme bölümü



Şekil 2.3. R2S kodlu restoranın pişirme bölümü



Şekil 2.4. R1K kodlu restoranın dış ortam örneklemesi

2.2.2. Kuru temizlemeciler

Kuru temizlemecilik son yıllarda insanların tekstil temizliği ihtiyacını karşılayan önemli bir sektör haline gelmiştir. Temizleme işlemini gerçekleştiren cihazlarda kullanılan kir çözücülerin ise çalışanlar tarafından solunması sağlık riski yaratmaktadır. Çalışmada iç ortam ölçümleri, kuru temizleme makinelerinin çalışması sırasında dış ortam ölçümleri ile eş zamanlı gerçekleştirilmiştir.

Örnekleme yapıldığı kuru temizlemeciler “K” harfiyle; örnekleme yapılan işletmelerin sıraları da rakamlarla verilirken; Kocaeli’de yapılan ölçümler “K” harfi ile Sakarya’da yapılan ölçümler “S” harfi ile gösterilmiştir.

K1K kodlu işyeri Kocaeli Baş iskele semtinde 23 çalışanı olan pek çok tekstil ürününde (kıyafet, perde, yorgan, halı vs.) kuru temizleme yapan bir firmadır. Şehir merkezi dışında, trafikten uzak bir konumdadır. Firmanın Kocaeli dışında Türkiye’de başka şubeleri de bulunmaktadır. Buradaki işletme Kocaeli bölgesinin fabrikası konumundadır. İşletme 400 m² geniş bir alana sahiptir. Ütülerin yapıldığı, ürünlerin toplandığı, ürünlerin yıkandığı, kuru temizleme ve solventleme gibi bölümleri vardır. 3 tane kuru temizleme makinesi mevcuttur. Makineleri çalıştıran ve tekstil ürünlerini kimyasal kullanarak temizlemeye hazırlayan kişi aynı kişidir. Kimyasal uygulama yapılan bölümün üzerinde aspiratör mevcuttur. Havalandırma sistemi olmasına rağmen ortamda bulunan ürünlerden dolayı çözücü kokusu hissedilmektedir. Fabrika çalışanları çözücü buharlarını solumaktadırlar. Gün içerisinde aralıklarla sevkiyat nedeniyle kapılar açık konumdadır.

K2K kodlu işyeri Kocaeli’ni İstanbul’a bağlayan karayolu üzerinde bulunan alışveriş merkezi (AVM) içerisinde bulunan bir işletmedir. Firmanın Kocaeli dışında Türkiye’de başka şubeleri de bulunmaktadır. Alışveriş merkezi içerisinde bulunan işletme 80 m² olup 2 çalışanı vardır. İşletmenin kapısı başka bir iç ortama (AVM’nin içine) açılmaktadır. Dış ortam örnekleme AVM’nin dış kapısına yakın alanda gerçekleştirilmiştir. AVM içerisindeki meydana bulunan bisikletlerin lastik kokuları işletmenin içinde hissedilebilmektedir. Dolayısıyla bu kaynağın işletmenin iç ortamını etkilemesi düşünülmektedir. Bir tane kuru temizleme makinesi mevcuttur. Ütüleme, solventleme ve temizlenmiş ürünlerin toplandığı bölüm aynı alan içerisinde. Makineleri çalıştıran ve tekstil ürünlerini kimyasal kullanarak

temizlemeye hazırlayan kişi aynı kişidir. Kimyasal uygulama yapılan bölümün üzerinde aspiratör yoktur. İşletme AVM'nin merkezi havalandırma sistemine dahildir. Havalandırma sistemi olmasına rağmen çözücü kokusu ortamda bulunan ürünlerden rahatlıkla hissedilmektedir. İşyeri havasının çalışanlar ve müşteriler için bir risk oluşturduğu düşünülmektedir.

K3K kodlu işyeri Kocaeli Kartepe semtinde bulunan 80 m² alana sahip bir kuru temizlemecidir. Cadde üzerinde olduğundan ölçüm yapılan saatlerde trafik yoğunluğu olmamıştır. Ütü yapılan bölüm, ürünlerin toplandığı, ürünlerin yıkandığı, kuru temizleme ve solventleme işlemleri aynı alanlar içinde gerçekleştirilmektedir. Bir tane kuru temizleme makinesi mevcuttur. Makineleri çalıştıran ve tekstil ürünlerini kimyasal kullanarak kuru temizlemeye hazırlayan kişi aynı kişidir. Havalandırma kapı girişinde tavanda bulunan klima ile sağlanmaktadır.

K4S kodlu işyeri Sakarya'da minibüslerin çok yoğun olarak kullandığı cadde üzerinde bir kuru temizlemecidir. Trafik yoğunluğu vardır. Faaliyet alanı 65 m² olup yoğun çalışan bir işletmedir. Yerlerde kumaş parçaları, çöpler ve toz yığınları vardır. Kapılar müşteri girdikçe açılmaktadır. Ütü yapılan bölüm, ürünlerin toplandığı, ürünlerin yıkandığı, kuru temizleme ve solventleme işlemleri aynı alanlar içinde gerçekleştirilmektedir. İçeride 2 tane kuru temizleme makinesi mevcuttur ve sigara içilebilmektedir. Makineleri çalıştıran ve tekstil ürünlerini kimyasal kullanarak kuru temizlemeye hazırlayan kişi aynı kişidir. Klima sistemi mevcut ama her zaman aktif olarak çalıştırılmamaktadır.

K5S kodlu işyeri şehir merkezinde, pek çok mağazanın yan yana dizildiği, insan trafiğinin olduğu ama taşıt trafiğine kapalı bir cadde üzerindedir. Faaliyet alanı 60 m² olup, işletmede aynı alan içerisinde bölümler, ürünlerin toplanması, solventleme, ütü kısmı ve teslimat olarak düzenlenmiştir. İçeride 2 tane kuru temizleme makinesi mevcuttur ve sigara içilmemektedir. Makineleri çalıştıran ve tekstil ürünlerini kimyasal kullanarak kuru temizlemeye hazırlayan kişi aynı kişidir. Havalandırma olarak aspiratör kullanılmaktadır.

K6S kodlu işyeri Sakarya'da Ankara caddesi üzerinde yer alan 50 m² alana sahip 45 yıllık bir kuru temizlemecidir. Ölçüm anında dışarıda trafik yoğunluğu olmamıştır. İşletmede aynı alan içerisinde bölümler, ürünlerin toplanması, solventleme, ütü kısmı

ve teslimat olarak düzenlenmiştir. İÇeride eski bir kuru temizleme makinesi mevcuttur ve sigara içilmemektedir. Makineleri çalıştıran ve tekstil ürünlerini kimyasal kullanarak kuru temizlemeye hazırlayan ve ütülerini yapan kişi aynı kişidir. Havalandırma olarak aspiratör ve klima mevcuttur

Kuru Temizlemecilerde aktif örnekleme yapılırken çekilen fotoğraflar iç ortam örnekleme olarak Şekil 2.5 ve Şekil 2.6 'da; dış ortam örnekleme olarak Şekil 2.7'de verilmektedir.



Şekil 2.5. K1S kodlu kuru temizlemecinin iç ortam örnekleme



Şekil 2.6. K2K kodlu kuru temizlecenin iç ortam örneklemesi



Şekil 2.7. K1S kodlu kuru temizlecenin dış ortam örneklemesi

2.2.3. Fotokopiciler

Günümüzde fotokopi adı altında çalışan işletmelerde sadece fotokopi çekimi olmamakta; aynı zamanda bilgisayarlar, yazıcılar ve kırtasiye bölümleri de bulunmaktadır. Bunların her biri birer UOB kaynağıdır. Çalışmada iç ortam ölçümleri, fotokopi çekimi, yazıcıların ve/veya bilgisayarların çalışması sırasında dış ortam ölçümleri ile eş zamanlı olarak yapılmıştır.

Örnekleme yapıldığı fotokopiciler “F” harfiyle; örnekleme yapılan işletmelerin sıraları da rakamlarla verilirken; Kocaeli’de yapılan ölçümler “K” harfi ile Sakarya’da yapılan ölçümler “S” harfi ile gösterilmiştir.

F1K kodlu işyeri Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesinin fotokopisidir. Fakülte binasının bodrum katında 30 m² alana sahip olan işletme, özellikle sınav dönemleri çok yoğun olarak çalışmakta ve son derece havasız bir ortama sahip olmaktadır. 8 fotokopi makinesi, 1 yazıcı ve 3 bilgisayarın bulunduğu fotokopicide çalışan sayısı 6 kişidir. İşletmenin bodrum katında olması ve dış ortamının başka bir iç ortam olması artı bir başka kirliliğe maruz kalmasını doğurmaktadır. Dışarıdan gelen trafik kaynaklı bir kirlilik yoktur. Sınav dönemleri içeriye öğrencilerin dolması ve aynı ortamda makinelerin sürekli çalışması içerideki herkes için bir risk oluşturduğu düşünülmektedir. Havalandırma, binanın hava boşluğuna açılan 2 tane shaft ile sağlanmaktadır ama son derece yetersizdir.

F2K kodlu işyeri Kocaeli Üniversitesi Sosyal Tesisler binasında bulunan bir fotokopidir. Binanın birinci katında 12 m² alana sahip olan fotokopici, özellikle sınav dönemleri çok yoğun olarak çalışmaktadır. Havalandırma sadece tavan fanından sağlanmaya çalışılmaktadır. 3 fotokopi makinesi, 2 yazıcı, 2 bilgisayar ve 1 faksın bulunduğu fotokopicide çalışan sayısı 1 kişidir. İşletmenin dış ortamı yemekhane gibi başka bir iç ortama olması artı bir kirliliğe maruz kalmasını doğurmaktadır. Dışarıdan gelen trafik kaynaklı bir kirlilik yoktur. Sınav dönemleri içeriye öğrencilerin dolması ve aynı ortamda makinelerin sürekli çalışmasının içerideki herkes için bir risk oluşturduğu düşünülmektedir. Havalandırma yetersizdir.

F3K kodlu işyeri Kocaeli şehir merkezinde sokak arasında bulunan, 40 m² alana sahip bir fotokopidir. İçeride 3 fotokopi makinesi, 2 yazıcı, 2 bilgisayar

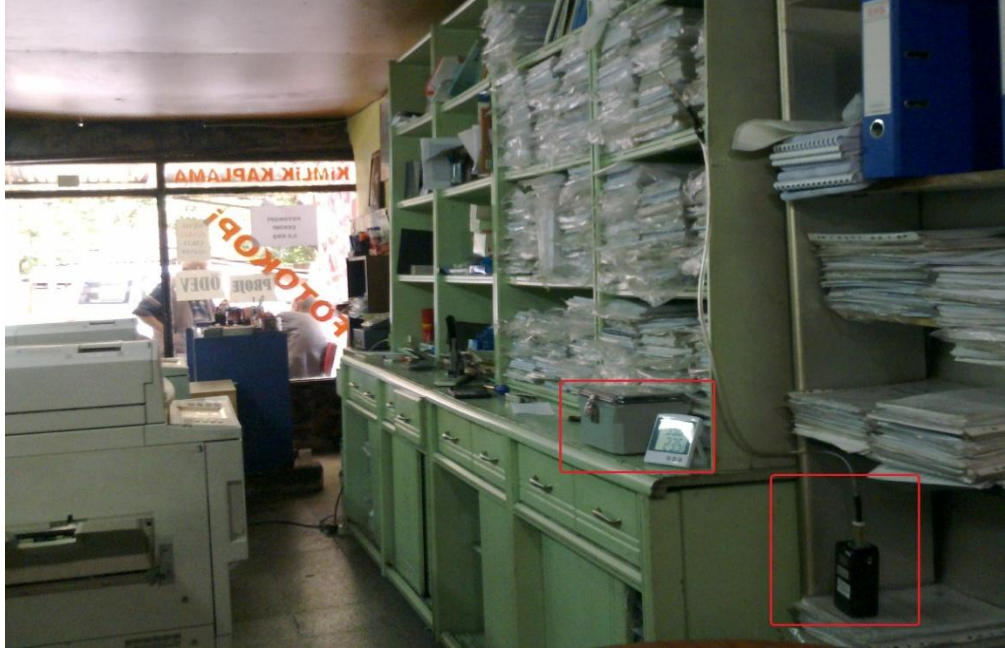
bulunmaktadır. Çalışan sayısı 2 kişidir. İçeride sigara içilebilmektedir. Çok yoğun olarak çalışmayan bir işletme olsa da içeride organik bileşik kaynakları mevcuttur. Bina çok eski bir yapıdır ve uzun yıllardır herhangi bir tadilat yapılmamıştır. Her taraf eski kitaplar, ders notları, dosyalar, kırtasiye malzemeleri ve kullanılmayan eşyalarla doludur. Raflar tozlu, havası rutubetlidir. Havalandırma sistemi yoktur. Havalandırma kapılarının açılmasıyla sağlanmaktadır dolayısıyla yetersizdir.

F4S kodlu işyeri şehir merkezinde işlek bir cadde üzerinde bulunan, 20 m² alana sahip bir kırtasiyecidir. İçeride 2 fotokopi makinesi, 1 yazıcı, 1 bilgisayar ve 1 faks bulunmaktadır. Çalışan sayısı 1 kişidir. İçeride sigara içilebilmektedir. Ticari olarak amaç kırtasiye üzerinedir. Çalışma yoğunluğu normaldir. Kapı havaların güzel olduğu günlerde sürekli açıktır. Havalandırma sistemi yoktur.

F5S kodlu işyeri taşıt trafiği olmayan, insan trafiği olan sokak arasında bulunan, 48 m² alana sahip bir kırtasiyecidir. İçeride 3 fotokopi makinesi, 3 yazıcı, 1 bilgisayar ve 1 faks bulunmaktadır. Çalışan sayısı 3 kişidir. İçeride sigara içilebilmektedir. Ticari olarak amaç kırtasiye ve fotokopi üzerinedir. Çalışma yoğunluğu normaldir. Kapı havaların güzel olduğu günlerde sürekli açıktır. Havalandırma sistemi klimadır.

F6S kodlu işyeri Sakarya'da belediye binasına yakın taşıt trafiğinden uzak bünyesinde her türlü baskı, ozalit ve kopyalama işlemlerini barındıran 100 m² alana sahip bir işletmedir. İçeride 10 fotokopi makinesi, 10 yazıcı, 7 bilgisayar, 1 faks ve 4 cilt makinesi bulunmaktadır. Çalışan sayısı 10 kişidir ve sigara kullanılmamaktadır. Ticari olarak amaç baskı ve fotokopi üzerinedir. Yoğun çalışan bir işletmedir. Dışarıda yakın mesafede dolu kapasite çalışan oto park vardır. Kapı havaların güzel olduğu günlerde sürekli açıktır. Havalandırma sistemi olarak 3 tane klima ve bir aspiratör mevcuttur.

Fotokopicilerde aktif örnekleme yapılırken çekilen fotoğraflar iç ortam örnekleme olarak Şekil 2.8 'de; dış ortam örnekleme olarak Şekil 2.9'da verilmektedir.



Şekil 2.8. F3K kodlu fotokopinin iç ortam örnekleme



Şekil 2.9. F1S kodlu fotokopinin dış ortam örnekleme

2.2.4. Oto boyacılar

Otomobillerin gerek bütün gerekse parça boyamalarında kullanılan boyanın, kimyasal bileşiminde bulunan maddeler ve incelticiler son derece toksik olup boyama işlemini gerçekleştiren kişi tarafından solunduğunda ciddi sağlık riski doğurmaktadır. Kaldı ki oto boyacıların bulunduğu sanayi ortamı başlı başına yoğun bir UOB kaynağıdır. Çalışmada iç ortam ölçümleri, boyacının tabancayla boya işlemini gerçekleştirdiği sırada yapılmıştır. Eş zamanlı dış ortam ölçümleri de, sanayi ortamı içerisinde bulunan boya atölyesinin dış kapısında gerçekleştirilmiştir.

Örnekleme yapıldığı fotokopiciler “B” harfiyle; örnekleme yapılan işletmelerin sıraları da rakamlarla verilirken; Kocaeli’de yapılan ölçümler “K” harfi ile Sakarya’da yapılan ölçümler “S” harfi ile gösterilmiştir.

B1K kodlu işyeri Kocaeli Körfez sanayi sitesinde bulunan bir oto boyacıdır. İşletme 48 m² alana sahip, 3 çalışanı vardır. İçeride sigara içilebilmektedir. Havalandırma sistemi yoktur ve kapılar yaz kış açıktır. Zımpara işleri, astarlama, boyanın hazırlanması ve boya uygulama işlemleri aynı alanda yapılmaktadır.

B2K kodlu işyeri Kocaeli Körfez sanayi sitesinde bulunan bir oto boyacı ve kaportacıdır. İşletme 60 m² alana sahip, 3 çalışanı vardır. İçeride sigara içilebilmektedir. Havalandırma sistemi yoktur ve kapılar yaz kış açıktır. Kaporta işleri, zımpara, astarlama, boyanın hazırlanması ve boya uygulama işlemleri aynı alanda yapılmaktadır.

B3K kodlu işyeri, B2K kodlu işyeridir. Farklı zamanlarda ve farklı koşullarda iç ve dış ortam örnekleme yapılmıştır.

B4S kodlu işyeri Sakarya Atatürk sanayi sitesinde bulunan bir oto boyacıdır. İşletme 100 m² alana sahip, 2 çalışanı vardır. Bu işletmede boya uygulamasının kaliteli olması için bir kabin mevcuttur. Havalandırma sistemi olarak boya kabininin kendi bacası vardır. Ayrıca işletmenin kapıları yaz kış açıktır. Zımpara, astarlama, boyanın hazırlanması dükkan içinde, oto boya uygulama kabin içerisinde yapılmaktadır.

B5S kodlu işyeri Sakarya Modern sanayi sitesinde bulunan 50 yıllık bir oto boyacıdır. İşletme 100 m² alana sahip, 3 çalışanı vardır. İçeride sigara

içilebilmektedir. Havalandırma sistemi yoktur ve kapılar yaz kış açıktır. Zımpara işleri, astarlama, boyanın hazırlanması ve boya uygulama işlemleri aynı alanda yapılmaktadır.

B6S kodlu işyeri, B4S kodlu işyeridir. Farklı zamanlarda ve farklı koşullarda iç ve dış ortam örnekleme gerçekleştirilmiştir.

Sanayi ortamında bulunan oto boyacılar aktif örnekleme yapılırken çekilen fotoğraflar iç ortam örnekleme olarak Şekil 2.10 'da; dış ortam örnekleme olarak Şekil 2.11'de verilmektedir.



Şekil 2.10. B2K kodlu oto boyacısında boyama işlemi



Şekil 2.11. B2K kodlu oto boyacının dış ortam örnekleme

2.3. Örnekleme Süresi

Örnekleme işlemlerinin çalışma saatleri içerisinde her bir örnekleme yerinde 2 şer defa yapılmıştır. Örnekleme iç ve dış ortamlarda eş zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir. Böylelikle kış ve yaz mevsimlerinde her bir örnekleme noktasında toplam 4 örnekleme yapılmıştır.

Aktif örnekleme tekniğiyle toplanan UOB derişimlerinin doğru bir şekilde belirlenebilmesi için örnekleycilerin kirleticilere maruziyet sürelerinin belirlenmesi önemlidir. Örneklemede çekilecek hava miktarı literatür verileri dikkate alınarak ve yapılan ön denemeler sonucunda 20 mL/dak. olarak belirlenmiştir. Örnekleme süreleri restoranlar, kuru temizlemeciler ve fotokopicilerde 2 saat; boyacılar da 20 dakikadır.

Mevsimsel farklılıkların seçilecek kirletici derişimleri üzerinde herhangi bir etkisinin olup olmadığının belirlenebilmesi için kış ve yaz mevsimlerinde örnekleme tekrarlanmıştır. Bu doğrultuda kış örnekleme 11 Ocak – 29 Nisan 2011 tarihleri

arasında; yaz örnekleme de 16 Mayıs 2011 – 6 Temmuz 2011 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir.

2.4. Örnekleyicilerin Yerleştirilmesi

Örnekleyicilerin yerleştirilmesi iç ortam örnekleme ve dış ortam örnekleme şeklinde olarak aşağıda açıklanmıştır.

2.4.1. İç ortam örnekleme

İç ortamlarda örnek almak için çalışanların kirleticilere en fazla maruz kalabilecekleri yerler ve UOB kaynakları dikkate alınmıştır. Örnekleyiciler, bir kişinin ortalama solunum yüksekliği olan yerden 1,5 metre yüksekliğe sabitlenmiş olup seçilen mekanların genel kullanım alanlarına yerleştirilmiştir.

2.4.2. Dış ortam örnekleme

Dış ortam örneklemeinde örnekleyiciler için yer seçimi yaparken,

- İç ortam için seçilen mikro çevrelerin yakınında korumalı bir alana konulmasına,
- Yerden 1,5 m yüksekliğe konulmasına,
- Ağaç veya çalılardan en az 1 m uzağa konulmasına,
- Taşıt yolundan en az 5 m uzağa konulmasına,
- Havalandırma çıkışlarından (kurutucu, hava şartlandırıcıları, v.b) en az 5 m uzağa konulmasına dikkat edilmiştir.

2.5. Örneklerin Hazırlanması ve Alınması

2.5.1. Uçucu organik bileşiklerin örnekleme

Kocaeli ve Sakarya illerinde belirlenen örnek alma yerlerinde (restoranlar, kuru temizlemeciler, fotokopiler ve boyacılar) işletmelerin çalışma saatleri içinde belirlenen sürelerde (20 dak. - 120 dak.) hava örnekleri çekilerek UOB örnekleme yapılmıştır.

Örnekleme, iç ve dış ortamlarda eş zamanlı olarak USEPA TO-17 Metodu izlenerek gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada ölçülen UOB'lere ilişkin özellikler Tablo 2.1'de verilmektedir.

Tablo 2.1. Bu çalışmada ölçülen UOB'lere ilişkin özellikler (RAIS, 2012)

Bileşik Adı	Molekül Formülü	Cas No	Molekül Ağırlığı (g/mol)	Kaynama Nok. (°C)	Buhar Basıncı (Pa) (25 °C)
1,1-Dikloroetilen	C ₂ H ₂ Cl ₂	75354	96,94	31,6	84526
Diklorometan	CH ₂ Cl ₂	75092	84,9	39,6	57995
trans-1,2- Dikloroetilen	C ₂ H ₂ Cl ₂	156605	96,94	48,7	26798
Bromoklorometan	CH ₂ BrCl	74975	129,38	68	19065
1,1,1-Trikloroetan	C ₂ H ₃ Cl ₃	71556	133,41	74,1	16532
Karbon Tetraklorür	CCl ₄	56235	153,82	76,7	15332
1,2-Dikloroetan	C ₂ H ₄ Cl ₂	107062	98,96	83,5	105191
Benzen	C ₆ H ₆	71432	78,11	80,1	126389
1,2-Dikloropropan	CH ₃ CH(Cl) CH ₂ Cl	78875	112,99	95 - 97	7106
Dibromometan	CH ₂ Br ₂	74953	173,84	97	5920
Bromodiklorometan	CHBrCl ₂	75274	163,83	90	2080
Toluen	C ₇ H ₈	108883	92,14	111	3786
Klorodibromometan	CHBr ₂ Cl	124481	208,28	119,5	2800
Klorobenzen	C ₆ H ₅ Cl	108907	112,56	132	1600
Etilbenzen	C ₈ H ₁₀	100414	106,17	136	1280
m- Ksilen	C ₈ H ₁₀	108383	106,17	139	1105
p- Ksilen	C ₈ H ₁₀	106423	106,17	138	1179
Bromoform	CHBr ₃	75252	252,73	149,1	720
Stiren	C ₈ H ₈	100425	104,15	145	853

Tablo 2.1. (Devamı) Bu çalışmada ölçülen UOB'lere ilişkin özellikler (RAIS, 2012)

Bileşik Adı	Molekül Formülü	Cas No	Molekül Ağırlığı (g/mol)	Kaynama Nok. (°C)	Buhar Basıncı (Pa) (25 °C)
o- Ksilen	C ₈ H ₁₀	95476	106,17	144	1065
İzopropilbenzen	C ₉ H ₁₂	98828	120,2	152	600
1,2,4-Trimetilbenzen	C ₉ H ₁₂	95636	120,2	169	280
sec-Bütilbenzen	C ₂ H ₅ CH (CH ₃)C ₆ H ₅	135988	134,22	173	233
İzopropiltoluen	C ₁₀ H ₁₄	99876	134,22	177	219
1,2-Dibromo- 3- kloropropan	C ₃ H ₅ Br ₂ Cl	96128	236,33	196	77
Hekzaklorobutadien	C ₄ Cl ₆	87683	260,76	215	29

Örnekler 20 mL/dak.'lık çekiş hızına ayarlanan pompa yardımı ile alınmıştır. Örnekler alınırken her iki ucu açık olan çelik tüplerin analiz edilecek sistemde uygulanacak akış yönleri dikkate alınarak ayarlanmıştır. Şekil 2.12'de aktif örneklemede kullanılan tüplerin açık görünümü; Şekil 2.13'te aktif örneklemede kullanılan tüplerin örnek alma öncesi ve sonrasında kapalı tutulan görünümü verilmektedir.



Şekil 2.12. Aktif örneklemede kullanılan tüplerin görünümü



Şekil 2.13. Aktif örneklemede kullanılan tüplerin örnek alma sonrası görünümü

2.5.1.1. Adsorbent tüpler

İlgili analit, adsorbent maddenin granül, boncuk ya da kristal yüzeyinde kimyasal bir reaksiyon gerçekleşmeden, fiziksel olarak dağılık olarak tutulur, ısı ya da vakumla desorbe edilir. Uçucu organik bileşiklerin örneklenmesi için birçok adsorbent kullanılabilir. Ancak sonuçların güvenilirliği doğru adsorbent kullanılmasına önemli ölçüde bağlıdır.

Bu çalışmada, UOB'lerin örneklenmesinde çoklu sorbent tüpler üzerine aktif örnekleme ile adsorpsiyon yöntemi kullanılmıştır. Çoklu sorbent sistemleri, çok geniş bir kimyasal ve uçucu gaz tipini tutmak için geliştirilmiş, peş peşe sıra dizilmiş sorbent sistemleridir. Bu amaçla çelik tüpler içerisinde geniş bir bileşik aralığını adsorplama kapasitesine sahip Tenax TA ve Carbopack B sorbentleri kullanılmıştır. Seçilen çoklu sorbentler çevre havasında bulunan C₅ ve üzeri karbon içeren uçucu organikleri adsorblama yeteneğine sahip olup hidrofobik özelliktedirler. Çalışma öncesinde yöntemin geliştirilmesi amacı ile kaçak testi, saklama stabilesi, uygun örnekleme parametrelerinin belirlenmesi ile ilgili denemeler yapılmıştır. Çalışmada kullanılan adsorbent maddelerin karakteristik özellikleri Tablo 2.2'de verilmiştir.

Adsorpsiyon tüpleri, ilk kullanımdan önce veya daha önce kullanılıp kullanılmadığı konusunda bir bilgi olmaması durumunda Thermal Desorber (TD) ile yüksek sıcaklıklarda şartlandırılarak içerdiği tutucu maddenin herhangi bir uçucuyu içermediğine emin olunmaktadır. Adsorbentin kirlenmemesi için muhakkak şartlandırılmalı, içerisine hava geçişi engellenmeli ve düşük sıcaklıklarda temiz yerde saklanmalıdır (Ulman ve Chilmonczyk, 2007). Kullanılan adsorbentin tutma kuvveti ve sıcaklığa toleransına bağlı olarak farklı şartlandırma sıcaklıkları uygulanmaktadır.

Tablo 2.2. Adsorbent maddelerin karakteristik özellikleri (Ras ve diğ., 2009)

Sorbent	Tenax TA	Carbopack B
Sertlik	Zayıf	Orta-zayıf
Uçuculuk	Bp 100 - 400 °C n-C ₇ - n-C ₂₆	n-C _{5/6} - n-C ₁₄
Yüzey alanı (m ² /g)	~ 35	~ 100
Mak. Sıcaklık (°C)	350	> 400
Bileşim	Gözenekli organik polimerler Poli (2,6-difenil-fenilenoksit)	Grafit karbon siyahı
Analiz edilen gaz	Benzen hariç polar olmayan aromatikler (bp > 100 °C) Az uçucu polar bileşikler (bp > 150 °C) Alkil benzenler PAH'lar PCB'ler	Ketonlar, Alkoller Aldehitler (bp > 75 °C) Uçuculuk aralığı belli bütün polar bileşikler Perfluorokarbon izleyici gazlar Hidrokarbonlar BTEKS

Bu çalışmada kullanılan adsorbent tüpleri ilk kullanımlarından önce 2 saat 320 °C ve 30 dakika 335 °C sıcaklıkta toplam iki buçuk saat şartlandırmaya tabi tutulmuştur.

Şartlandırmadaki bu değerler metottan ve tüplerin üretici firmasının (Markes) kılavuzlarından alınan değerlerden optimize edilen sonuçtur. Tüplerin şartlandırılma aşamaları Tablo 2.3'te verilmiştir.

Tablo 2.3. Tüplerin şartlandırılma aşamaları

	Taşıyıcı gaz	Akış hızı	Uygulanan sıcaklık (°C)	Bekleme süresi (dak.)
1.aşama	Helyum	50 mL/dak.	320	120
2.aşama	Helyum	50 mL/dak.	335	30
				Top: 150

Şartlandırılan tüpler hiç bekletilmeden conta kapaklar ile kapatılmış, alüminyum folyo ile sarılıp ağızları kapatılabilen ve hava geçişine büyük oranda izin vermeyen cam kavanozlara konup + 4 °C’de saklanmıştır. Şekil 2.14’te şartlandırma, desorpsiyon ve analiz işlemlerinde kullanılan kuru hava ve taşıyıcı gazları içeren tüplerin görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.14. Taşıyıcı gazlar ve kuru hava içeren tüpler

Örnek alınan tüpler analiz edildikten sonra teorik olarak tekrar kullanılmaya hazır olmaktadır. Buna rağmen bazı tüpler için analiz metodu tekrar çalıştırılarak bu varsayım kontrol edilmiş ve doğrulanmıştır. Bu çalışmanın sonucunda, tüpler için 20 dakika 335 °C sıcaklıkta yapılan desorpsiyon işleminin, tüpün uçucular bakımından temizlenerek tekrar kullanılmaya hazır olduğu belirlenmiştir. Bir tüpün desorpsiyon ve şartlandırma dahil 100 kez kullanılabilir olduğu bildirilmektedir.

Örnek alma işlemi için kullanılacak olan sorbent tüpler, numune alma süresinden en fazla 2 gün önceden şartlandırılmıştır. Örnek alındıktan sonra sorbent tüpler çelik kapakları sıkıca kapatılıp alüminyum folyolara sarılarak cam kavanozlara yerleştirilmiş ve buz içeren termos çantaların içinde soğuk zincirde laboratuara getirilmiştir. Laboratuarlarda buzdolabında +4 °C'de saklanan numunelerin resmi aşağıda verilmektedir. Örneklerin analizleri en geç 3 gün içerisinde gerçekleştirilmiştir. Şekil 2.15'te tüplerin içerisine konduğu cam kavanoz ve taşındığı termos çantanın görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.15. Tüplerin konduğu cam kavanoz ve taşındığı termos çantanın görüntüsü

2.5.1.2. Aktif örnekleme pompası

İç ve dış ortamlarda eş zamanlı yapılan örneklemelelerde UOB'lerin toplanmasında SKC AirCheck Model XR5000 pompası kullanılmıştır. Çekiş hızı 5 ile 5000 mL/dak. olan cihazın bu aralıktaki hassasiyeti $\pm \% 5$ ' tir. Cihaz 454 gr olup lityum iyon pil ile çalışmaktadır. Pil ömrü 8 saat örneklemeğe müsaade edebilecek güçtedir. 4 saat süre sonunda tekrar kullanılabilir durumda şarj olmaktadır. Kullanımını kolaylaştırıcı ekranı ve örnekleme sırasında uyarıcı led lambası mevcuttur. Pompanın üzerinde bulunan “^ * v” işaretlerle başlatma, bitirme veya çekiş hızı gibi ayarlar yapılabilmektedir. Bir ucu pompaya diğeri ucu adsorbent içerikli tüpe takılan teflon hortum yardımıyla örneklemele gerçekleştirilmiştir.

İç ve dış ortam örneklemelelerinde kullanılan pompalar ayrı tutulmuş, örnek alma yerlerine kendilerine özel çantalarının içerisinde taşınmıştır. Aktif örnekleme pompasının görüntüsü Şekil 2.16'da verilmektedir.



Şekil 2.16. Aktif örnekleme pompası

2.5.1.3. Kalibratör cihazı

Pompa kalibrasyonu için Bios Defender 520 Primary Flow Meter kalibratör kullanılmıştır. Çekiş hızı 5 - 500 mL/dak. olan cihazın bu aralıktaki hassasiyeti $\pm \%1$ ' dir. Cihaz 820 gr olup şarj edilebilen kurşun asitli pil ile çalışmaktadır. Cihazın üzerinde bulunan LCD ekranı ve dokunmatik tuşlar kolay kullanım sağlamaktadır. Bu cihaz, küçük debiler için kalibrasyonda doğru değerlere az hatayla ulaşabilen bir model olduğu için tercih edilmiştir. Kalibratör cihazı Şekil 2.17'de gösterilmektedir.

Cihaz kalibre ederken pompanın yarattığı gerçek akış hızını görüntüler. Tek tek ölçümler, tüm ölçümlerin çalışan ortalaması ve ortalamadaki ölçüm sayısı eş zamanlı görüntülenir. Ekrandan istenilen akış hızı sağlanana kadar pompanın akış hızını arttırarak veya azaltarak pompa kalibre edilir. Pompa kalibrasyonu örneklemeler öncesi ve sonrası gerçekleşmiştir. Kalibrasyonda istenilen çekiş hızı, pompanın borusunda bulunan vidanın kontrol kalemi yardımıyla ayarlanması ile sağlanmıştır.

Örnek alımlarında iç ve dış ortamlar (eş zamanlı ölçüm) için kullanılan 2 pompa da ölçüm öncesi debileri 20 mL/dak. olacak şekilde kalibratör cihazı ile ayarlanmıştır.



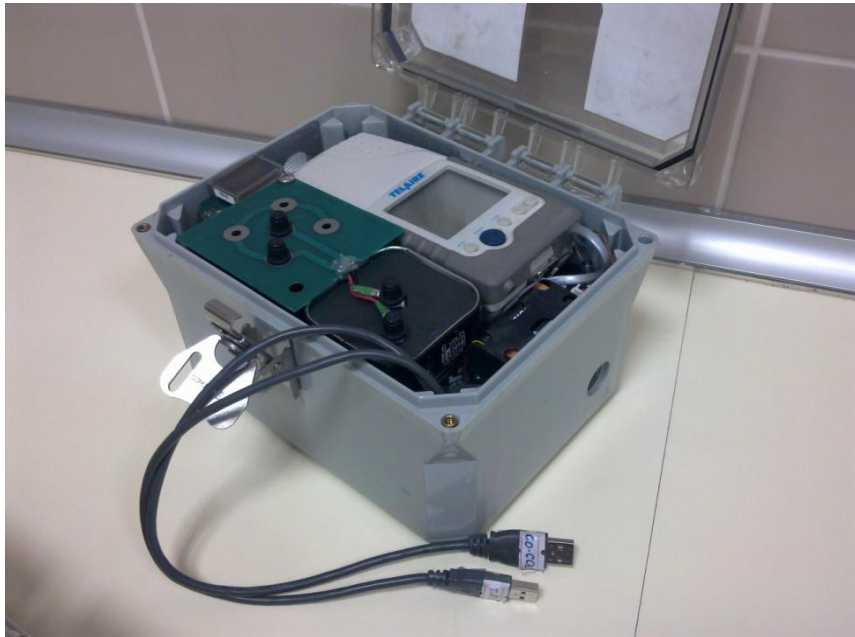
Şekil 2.17. Hava örnekleme pompası ve kalibratör cihazı

2.5.1.4. Sıcaklık, nem, CO ve CO₂ ölçümü

Her örnekleme noktasında, iç ve dış ortam havasının genel profilini göstermek amacıyla diğer ölçümlere paralel olarak sıcaklık, bağıl nem, karbon monoksit ve karbon dioksit ölçümleri de yapılmıştır. Bu parametrelerin ölçümü için Langan Model L76n (Langan Products, Inc. CA, USA) marka mobil ölçüm cihazı kullanılmıştır. CO için 0 - 200 ppm arasında; CO₂ için 0 - 4000 ppm arasında ölçüm yapabilen cihazın hassasiyeti ± 1 ppm'dir.

Cihazın temel mekanizması bir CO değerini ölçen sensörden bir de CO₂ nem ve sıcaklık değerlerini ölçen ayrı bir sensörden ibarettir. Ölçülebildiği sıcaklık aralığı: -40 - 85 °C arasında, bağıl nem: % 5 - % 95 arasındadır. 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. Ölçüm cihazı Şekil 2.18'de gösterilmektedir.

Sahip oldukları sensörler vasıtasıyla sıcaklık, nem ve CO, CO₂ ölçümünü sağlayan cihazlar iç ve dış ortamlarda 2 ayrı cihaz, paralel olarak kullanılmıştır. Ölçüm sonrasında veriler HOBOWare (versiyon 2.1.1_18) yazılımı kullanılarak bilgisayara aktarılmıştır.



Şekil 2.18. Hava kalitesi ölçüm cihazı

2.6. Örneklerin Analizi

Uçucu organik bileşiklerin laboratuvar ortamında analizi için en çok kullanılan ikili sistem, Termal Desorpsiyon GC-FID/MS olmaktadır. Kolay ve az maliyetli uygulanabilir özellikte olması sebebiyle USEPA'nın "Toksik Organik" başlığı altındaki metotları (TO-01, TO-02, TO-05, TO-06, TO-07, TO-08, TO11, TO14, TO17) UOB'lerin tespiti ve analizinde yol gösterici olmaktadır (USEPA, 1999).

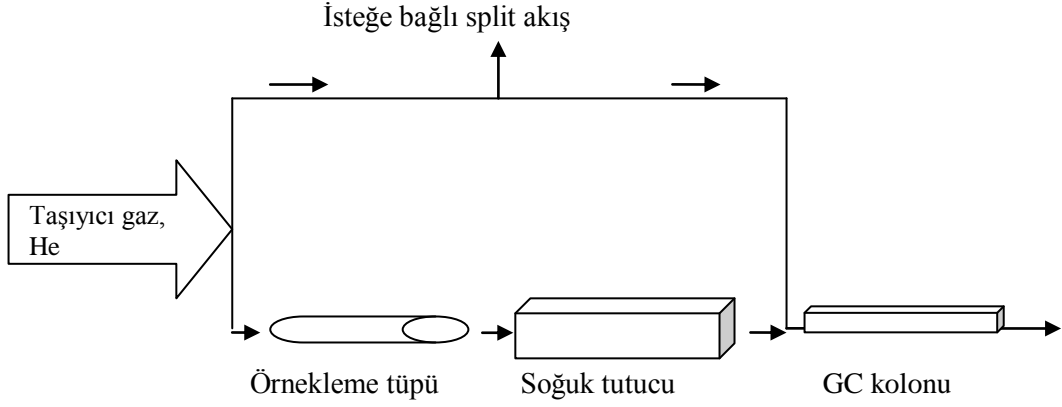
2.6.1. Termal desorber (TD) sistemi

Uçucu organik bileşiklerin analizinde en çok kullanılan örnekleme tekniği, katı yüzeylere tutunan maddelerin ısıdaki değişimlerle ve inert bir gaz aracılığı ile ayrılması işlemine dayanan, termal desorpsiyondur. Kirleticileri yüzeyinde tutan katı madde adsorbenttir. Sistemde kullanılan adsorbent, ortam yeterli ısıya ulaştığında kirleticiyi bırakır (kirletici yeterli sıcaklığa gelince buharlaşır). Kirleticiler, gaz akışı içine desorbe olurlar ve GC'de analitik kolona gönderilirler. Örnek tüpünden desorbe olan bileşikleri, olabildiğince küçük hacimli bir buhar olarak analitik sisteme göndermeden önce analiti konsantre eden odaklama (focusing) mekanizmaları vardır.

Kapiler kriyo-odaklama (cryo-focusing) ve soğuk tuzak (cold trapping) olmak üzere iki temel odaklama mekanizması vardır:

Kapiler kriyo-odaklama ile iyi bir kromatografik ayırma sağlanır, fakat soğutma amaçlı kullanılan sıvı azot maliyeti ve nemli numunelerle çalışırken oluşan buzun sistemi bloke etmesi gibi dezavantajları vardır.

Soğuk tuzak sisteminde ise elektrikle ya da sıvı azotla soğutulan küçük bir sorbent tuzak üzerinde konsantre edilen bileşikler daha sonra hızlı bir şekilde ısıtılır ve ilk birkaç saniye içinde analitin % 99'u desorbe olur. Bu sistemler C₂ hidrokarbonları kadar uçucu analitleri kantitatif olarak tutabildiği gibi aynı zamanda yeterince hızlı şekilde desorplayarak düşük, hatta sıfır split oranlı yüksek ayırma sağlayan kromatogramlar verir. 2 mm iç çaplı soğuk tuzak tüpünün buz oluşumu ile bloke olma riski de çok azdır. Şekil 2.19'da termal desorpsiyon sisteminin akış şemasının görünümü verilmiştir.



Şekil 2.19. Termal desorpsiyon sisteminin şematik görünümü

Tutulan bileşikler çok düşük sıcaklıklara ($-180\text{ }^{\circ}\text{C}$ gibi) soğutularak yoğunlaştırılır hemen sonrasında yüksek sıcaklıklara ısıtılarak ($300\text{ }^{\circ}\text{C}$) konsantre edilirler. Derişik haldeki bileşikler hızlı ısıtma ile dar bir buhar bandı olarak analitik kolona gönderilir, böylece keskin pikler, dolayısı ile çözünürlüğü yüksek bir ayırma elde edilir.

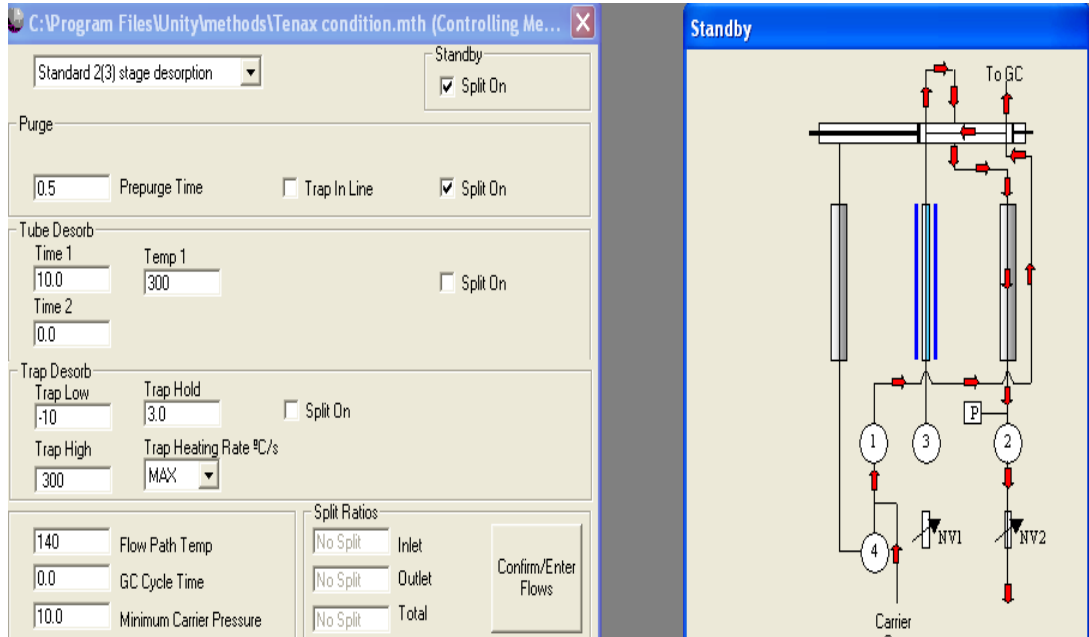
Termal desorpsiyon, klasik örnek hazırlama yöntemleriyle kıyaslandığında düşük maliyetli ve duyarlı bir yöntemdir. Desorpsiyon verimi analiz metodunun doğruluğunu önemli ölçüde etkiler. Doğru adsorbent seçildiği sürece termal desorpsiyon tekniğinin desorpsiyon verimi çok yüksektir. Termal desorpsiyon, tüm analiti tamamen ve çözücü gerektirmeden gaz kromatografi sistemine gönderir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta termal desorpsiyondaki ısı değişimleri, tespit edilmek istenilen kirletici maddenin yapısını bozmayacak şekilde ayarlanmasıdır.

Bu çalışmada örnekleyicilerde toplanan uçucu organik maddelerin desorpsiyonu için Unity Markes marka Termal Desorber cihazı kullanılmıştır.

Analiz sırasında kullanılan TD şartları, Tablo 2.4'te ve Şekil 2.20'de verilmiştir.

Tablo 2.4. Termal desorber için geliştirilen çalışma programı

Ön temizleme süresi	1 dak.
Tüp desorpsiyon süresi	10 dak.
Tüp desorpsiyon sıcaklığı	300 °C
Soğuk tutucu min. sıcaklığı	-10 °C
Soğuk tutucu süresi	3 dak.
Soğuk tutucu mak. sıcaklığı	300 °C
Transfer hattı sıcaklığı	140 °C
Taşıyıcı gaz (He) min. basıncı	10 psi

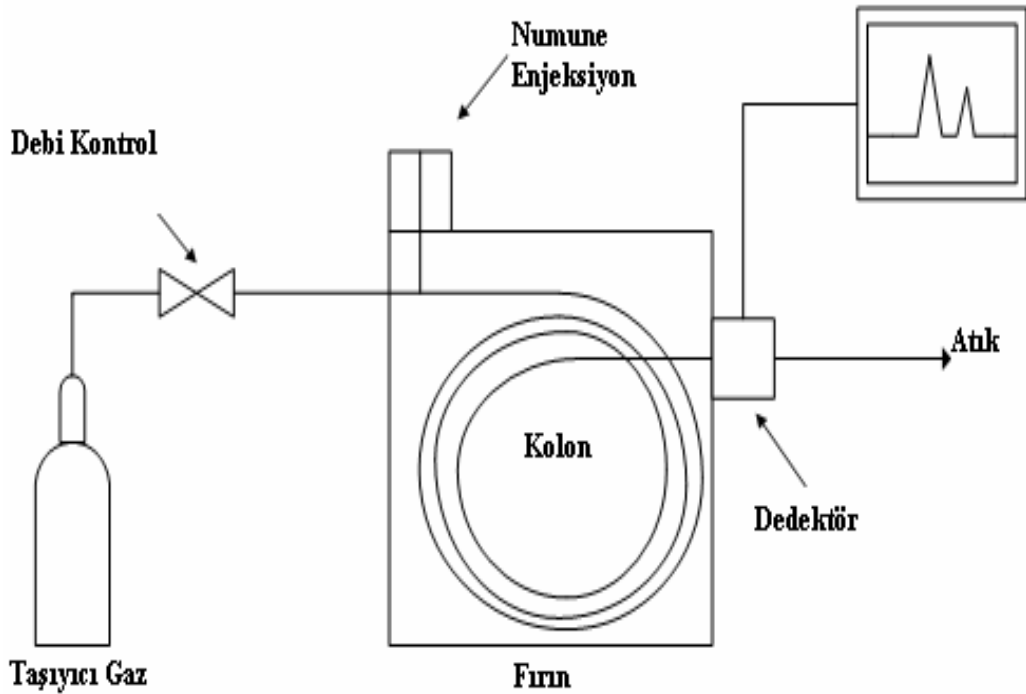


Şekil 2.20. Tüplerin desorpsiyonunda kullanılan TD parametrelerinin bilgisayar ekranındaki görünümü

2.6.2. Gaz kromatografi (GC) sistemi

Gaz kromatografi sistemi, gazları ya da gaz halinde bulunan karışımları birbirinden ayırıp, analiz etmek için kullanılan cihazlardır. Hareketli fazda bulunan örnekteki bileşenlerin, durgun fazdan farklı hızlarda geçmelerine bağlı olarak ayrılmanın gerçekleştiği analitik bir metottur. Hareketli faz genelde helyum, hidrojen ya da azot gibi inert bir gazdır ve ayırma bu inert gaz yardımıyla gerçekleştirilir. Diğer çoğu kromatografi türlerinin aksine, hareketli faz analit molekülleriyle etkileşime girmez. Tek işlevi analiti kolon içine taşımaktır.

Gaz kromatografide iki tür kolon vardır; dolgulu ve kapiler (kılcal) kolonlar. Kolonların boyları 2 - 50 m veya daha büyük olabilir. Kolonlar paslanmaz çelik, cam, erimiş silis veya teflondan yapılabilir. Kapiler kolonlar, uzun boyları, küçük çapları ve düşük miktarda örnekle çalışılabilmelerinden dolayı dolgulu kolonlara göre daha çok kullanım alanı bulur. Kolon sıcaklık parametresi, gaz kromatografide önemli bir parametre olduğundan 10 - 30 cm çapında spiraller halinde kolon fırının içine yerleştirilir. Şekil 2.21'de GC cihazının şematik görünümü verilmiştir.



Şekil 2.21. GC cihazının şematik görünümü

Gaz kromatografisinde, ilk olarak örneğin buharlaştırılması için ısıtılan bir bölme vardır. Hemen ardından sıcaklığı programlanabilen bir fırın içine yerleştirilmiş olan kolon gelmektedir. Sıvı örnekler bir şırıngayla bir septumdan giriş kısmına enjekte edilirler. Kolon çıkışına yerleştirilen bir dedektörden sinyal izlenir ve bir integratör ile kaydedilir. Gaz kromatografisi yönteminde incelenebilen maddeler için belli sıcaklıktaki alıkonma sürelerinin birbirinden farklı olmasından yararlanarak nitel analiz yapılabilir. Ancak, birçok bileşen için tek bir kolonla birbirine yakın alıkonma süreleri elde edilebileceğinden, sonuçların güvenilir olması için birkaç değişik kolon kullanmakta yarar vardır. Bir maddenin alıkonulma süresi, belli bir kolon için, belli sıcaklıkta ve belli taşıyıcı gaz akış hızında sabit bir değerdir. Bu sebeple de, bir iç standart maddesinin analiz örneğine eklenmesi ve sonuçların bu maddeye bağlı olarak belirtilmesi daha çok tercih edilen bir yoldur.

Gaz kromatografisi yönteminde nicel analiz ise kromatogramdaki piklerin altlarında kalan alanların hesaplanması ile veya pik yüksekliğinin ölçülmesi ile yapılır. Örneğin, enjekte ettiğimiz bir karışımda başlangıçta eşit miktarlarda A ve B bileşenlerinin olduğunu varsaydığımız bir durumda, kromatogramda bu bileşenlere ait piklerin altında kalan alanlar da birbirine eşit olacaktır. Bir bileşen kolondan ne kadar erken çıkarsa, o bileşene ait pik de o kadar keskin elde edilirken, kolondan geç çıkan bileşenlere ait pikler ise geniş ve yayvan olarak elde edilmektedir. Bu ise istenmeyen bir durumdur. Bu durumu önlemek için sıcaklık programlaması yöntemi uygulanır. Başlangıçta kolon sıcaklığı düşük tutulur ve zamanla doğrusal olarak artırılır (Çökelek, 2008).

GC kolonundan çıkan gazları analiz etmede kullanılan, Alev İyonlaşma Dedektörü (FID), Kütle Dedektörü (MS), Elektron Yakalama Dedektörü (ECD) ve Termal İletkenlik Dedektörü (TCD) metotları en çok bilinen tanımlama ve bulma teknikleridir.

2.6.2.1. Alev iyonlaşma dedektörü (FID)

Gaz kromatografide kullanılan ideal bir dedektör, uygun duyarlılık, iyi kararlılık ve tekrarlanabilirlik, oda sıcaklığında en az 400 °C'ye ulaşan bir sıcaklık aralığı, cevap süresi akış hızından bağımsız, geniş doğrusal çalışma aralığı ve yüksek güvenilirlik, kullanma kolaylığı ve numuneyi bozmama özelliklerine sahip olmalıdır. Alev

iyonlaştırmalı dedektör (FID) gaz kromatografide en yaygın biçimde kullanılan ve en genel uygulama alanı olan bir dedektördür.

GC'nin kolonundan çıkan gaz, FID dedektör fırınına gelir. Alev prolizi ile indirgenmiş olan karbon iyonlar üzerine çarpıldığında oluşan sinyalleri ölçebilecek, oldukça hassas bir ampermetreye bağlı levhalara doğru itilir. Çarpışmalar sonucu oluşan sinyaller toplanır ve ekranda yansıtılır.

GC/FID sisteminde, bileşenlerin tanımlanması maddenin tutulma zamanının irdelenmesi ile olur. Organik bileşikleri FID ile analiz etmek çok etkili bir yöntemdir. FID yalnızca yanmış bileşikleri ayırt eder. FID'in alevinden yanmadan geçen bileşikler, genelde FID'in gürültü sinyalini geçemediği için bir anlam ifade etmez. İyonizasyonun en ideal kullanım alanı, hidrokarbonların ve diğer yanabilen bileşiklerin analizidir. Bu bileşikler hassas olup, geniş konsantrasyon aralığına karşı lineer bir cevap verirler. FID'nin bir dezavantajı ise, bütün bileşikleri yaktığı için analiz edilemeyen bileşiklerin geri döndürülme olasılığı yoktur. Çünkü yüksek sıcaklıkta bileşikler yanar.

Birçok araştırmada iç ve dış ortam hava örneklerindeki UOB'lerin analizinde GC/FID sistemi kullanılmıştır. Edwards ve diğ. (2005) seçtikleri işyeri ve konutlarda 323 farklı UOB'lerin iç ve dış ortam örneklemelelerinde; Yuan ve diğ. (2010) boya yapılan işyeri havasından topladıkları aromatik bileşiklerin; Scheepers ve diğ. (2010) dört okulda yaptıkları çalışmada, örnekledikleri Benzen, Toluen ve Stiren bileşiklerin; Lee ve Hsu (2007) 12 fotokopi merkezinde gerçekleştirdikleri BTEKS örneklemelemlerin, Espluges ve diğ. (2010) konutların iç ve dış ortamlarından topladıkları BTEKS bileşiklerin; Pekey ve Yılmaz (2011) kırsal, endüstriyel ve trafik alanlarıyla şehir merkezini içeren dört farklı bölgeden topladıkları UOB'lerin; Gallego ve diğ. (2008) 7 bina, 54 konutun iç ve dış ortam Benzen, Toluen ve Ksilen örneklemelemlerin, analizlerini Gaz Kromatografi/Alev iyonlaşma detektörü sistemini kullanarak gerçekleştirmişlerdir.

Bu çalışmada mikro çevrelerin iç ve dış ortamlarından toplanan UOB'lerin analizi, görüntüsü Şekil 2.22'de verilen Termal Desorber ünitesi Gaz Kromatografisi/Alev iyonlaşma detektörü (TD-GC/FID) ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.22. TD-GC/FID çalışma düzeneği görünümü

Toplanan hava örneklerinde gözlenen UOB'nin miktar ve tayini GC/FID yazılımı olan 'Chemstation' vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada örneklerin analizinde kullanılan optimum GC/FID şartları Tablo 2.5'te verilmiştir.

Tablo 2.5. Çalışmada kullanılan optimum GC/FID şartları

GC	7890A Hewlett Packard		
Taşıyıcı gaz (He) sıcaklığı	~ 140 °C		
Taşıyıcı gazın basıncı	19,934 psi		
Toplam gaz akış hızı	20 mL/dak.		
Enjeksiyon tipi	splitless		
Sıcaklık-Mak.	260 °C		
Kolon	DB-VRX kapiler		
Sıcaklık	450 °C		
Uzunluk	60 m		
İç çap	250 µm		
Film kalınlığı	1,4 µm		
Kolon akışı	1 mL/dak.		
Dedektör	FID		
Sıcaklık	240 °C		
Yakıcı gaz (H ₂) akış hızı	30 mL/dak.		
Oksitleyici (kuru hava) akış hızı	300 mL/dak.		
Düzenleyici gaz (He) akış hızı	10 mL/dak.		
Fırın			
İlk sıcaklık	40 °C		
İlk zaman	5 dak.		
Fırın-aşamaları	Artış miktarı (°C/dak.)	Bekleme süresi (dak.)	Son Sıcaklık (°C)
Başlangıç	0	0	45
Rampa 1	7	2	165
Rampa 1	10	5	225
Toplam süre	35,857 dak.		

2.7. Kalite Kontrol Çalışmaları

Kalite kontrol çalışmaları kapsamında 6 aşamalı bir çalışma yürütülmüştür. Bunlardan ilki analizlerde kullanılan cihaz için kalibrasyon eğrisi çıkartılmasıdır. Daha sonra alan ve laboratuvar şahitlerinden oluşan şahit örneklerin eldesi, aktif örneklemede kullanılan pompanın çekiş hızının belirlenmesi, metot belirleme limitinin belirlenmesi, tekrarlanabilirlik, ve kontrol standart kullanımı çalışmaları yapılmıştır.

2.7.1. Cihaz kalibrasyonu

Örneklerin gaz kromatograf cihazında analizleri gerçekleştirilmeden önce uçucu organik bileşikler için kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. Kalibrasyon eğrilerinin oluşturulması amacıyla 60 UOB bileşik içeren 200 µg/mL derişime sahip AccuStandard sertifikalı standarttan 0,1, 0,5, 1, 5, 10, 25, 50, 200 µg/mL derişiminde 8 farklı standart çözelti hazırlanmıştır. Bu standarttan alınan belirli hacimdeki çözelti, metanol ile istenilen derişimi elde etmek için gerekli hacimlere tamamlanmıştır.

Her bir standart çözelten, kalibrasyon kitine bağlanmış temiz sorbent tüpe He gazı akışı altında 2 µL standart yüklenmiştir. Kalibrasyon tüpü için standart yükleme sistemi Şekil 2.23'te gösterilmektedir.



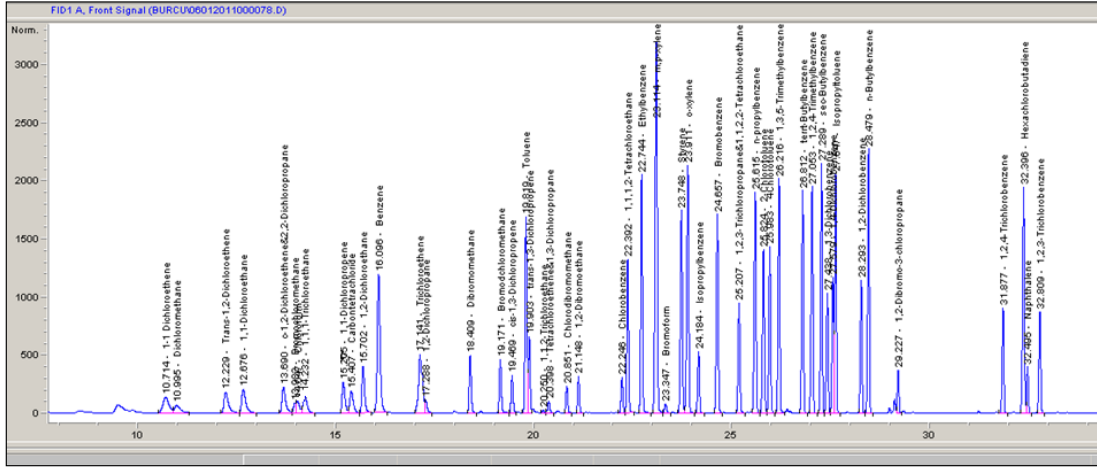
Şekil 2.23. Kalibrasyon tüpü için kullanılan enjeksiyon düzeneği

Standart yüklü tüplerin aynı koşullarda analizi yapılarak her bir bileşik için kalibrasyon eğrileri oluşturulmuştur. Oluşturulan kalibrasyon eğrisi kullanılarak bileşikler için alıkonma zamanları saptanmıştır (Tablo 2.6).

Tablo 2.6. Her bir bileşen için alıkonma zamanları

Bileşik İsmi	Alıkonma zamanı (dak.)
1,1-Dikloroetilen	10,714
Diklorometan	10,995
trans-1,2- Dikloroetilen	12,229
Bromoklorometan	13,982
1,1,1-Trikloroetan	14,232
Karbon Tetraklorür	15,407
1,2-Dikloroetan	15,702
Benzen	16,096
1,2-Dikloropropan	17,18
Dibromometan	18,409
Bromodiklorometan	19,171
Toluen	19,819
Klorodibromometan	20,851
1,2-Dibromoetan	21,148
Klorobenzen	22,246
Etilbenzen	22,744
m,p-Ksilen	23,114
Bromoform	23,347
Stiren	23,748
o-Ksilen	23,911
İzopropilbenzen	24,184
1,2,4-Trimetilbenzen	27,053
sec-Bütilbenzen	27,289
İzopropiltoluen	27,647
1,2-Dibromo-3-kloropropan	29,227
Hekzaklorobutadien	32,396

Kalibrasyonda her bir bileşik için 0,999 gibi yüksek korelasyon katsayıları elde edilmiştir. Kalibrasyon standardına ait kromotogram Şekil 2.24’te verilmiştir.



Şekil 2.24. Kalibrasyon standardının kromotogram görünümü

2.7.2. Şahit örnekler

Laboratuvar şahit örnekleri, analiz öncesi ve sonrası buzdolabında bekleyen tüplerin bu zaman zarfında herhangi bir kirliliğe maruz kalıp kalmadığını belirlemek amacıyla analiz edilen örnekleyicilerdir. Bu çalışmada 7 adet laboratuvar şahit örneğinin analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları değerlendirildiğinde laboratuvar şahit örneklerindeki UOB miktarları tüm bileşikler için belirleme limitinin altında bulunmuştur.

Alan şahitleri, örneklerin toplanması ve analizi sırasında gelebilecek kirliliği belirlemek için analiz edilen örnekleyicilerdir. Her örnekleme seti için iki alan şahit örneği alınmıştır. Bunlardan biri iç ortam diğeri de dış ortam içindir. Alan şahit örneklerine örnek alma noktasında diğeri örnekleyiciler için yapılan işlemlerin tümü uygulandıktan sonra, örnekleme süresi boyunca kirleticilere maruz kalmayacak şekilde kapakları kapatılarak termos çanta içerisinde muhafaza edilmiştir. Daha sonra diğeri örnekleyicilerle birlikte laboratuvara soğuk zincirle transfer edilerek aynı şartlarda analiz edilmiştir.

2.7.3. Örnekleme çekiş hızı ve süresi

Çalışma kapsamında seçilen mikro çevrelerde kirleticilerin derişimlerinin doğru bir şekilde tespit edilebilmesi için toplanacak hava örneği hacminin belirlenmesi önemli aşamalardan birini oluşturmaktadır. Kirletici derişimlerinin, analizde kullanılan cihazların belirleme limitlerinin üzerinde olabilmesi için uygun çekiş hızı ve yeterli örnek alma süreleri literatür bilgileri ile ve yapılan ön denemeler sonucu belirlenmiştir. Buna göre örnek çekiş hızı 20 mL/dak. örnek alma süresi restoran, fotokopici ve kuru temizlemeciler için 120 dakika; boyacılar için ise 20 dakika olarak belirlenmiştir.

2.7.4. Metot belirleme limiti (MBL)

Belirleme limiti verilen bir numunede, özel bir ölçüm yöntemi kullanarak güvenilirlikle belirlenebilen bir maddenin en küçük miktarı ya da derişimidir. Belirleme limitleri örneklerin niteliği ve kullanılan cihazın duyarlılığı ile değişiklik gösterir (Arslanbaş, 2008).

Bu çalışmada ölçümleri yapılan UOB'lerin metot belirleme limitlerini belirlemek için, en düşük derişime sahip olan 0,1 µg/mL'lik standart çözelti 7 kez GC sistemine enjekte edilmiş ve bulunan değerlerin standart sapmalarının 3,14 katına karşılık gelen derişimler olarak hesaplanmıştır. Bulunan metot belirleme limitleri her bir bileşik için Tablo 2.7'de verilmiştir.

Tablo 2.7. Her bir bileşik için metot belirleme limit değerleri

Bileşik ismi	MBL ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1,1-Dikloroetilen	0,1082
Diklorometan	0,0590
trans-1,2- Dikloroetilen	0,0017
Bromoklorometan	0,0470
1,1,1-Trikloroetan	0,0947
Karbon Tetraklorür	0,0486
1,2-Dikloroetan	0,0260
Benzen	0,0409
1,2-Dikloropropan	0,0932
Dibromometan	0,0848
Bromodiklorometan	0,0647
Toluen	0,1221
Klorodibromometan	0,1324
Klorobenzen	0,0391
Etilbenzen	0,0565
m,p-Ksilen	0,0238
Bromoform	0,0502
Stiren	0,0435
o-Ksilen	0,0382
İzopropilbenzen	0,0273
1,2,4-Trimetilbenzen	0,0575
sec-Bütilbenzen	0,0308
İzopropiltoluen	0,0255
1,2-Dibromo-3-kloropropan	0,0670

2.7.5. Tekrarlanabilirlik

Tekrarlanabilirlik, bir ölçüm cihazı kullanılarak, aynı numunenin, aynı gözlemci tarafından birçok kez ölçülmesi sonucunda elde edilen sonuçların varyasyonudur. 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. Tekrarlanabilirlik 3 farklı örnekleme alanından aynı anda ve aynı şartlarda çift örnek alınarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada uygulanan metodun tekrarlanabilirlik sonuçları % Relatif (Bağıl) Standart Sapma (% RSS) cinsinden aşağıdaki Denklem (2.1) kullanılarak elde edilmiştir (USEPA, 1996a);

$$\% \text{ RSS} = \left(\frac{|C_1 - C_2|}{\frac{(C_1 + C_2)}{2}} \right) \times 100 \quad (2.1)$$

Bu denklemde;

C_1 : Birinci örnekteki derişim

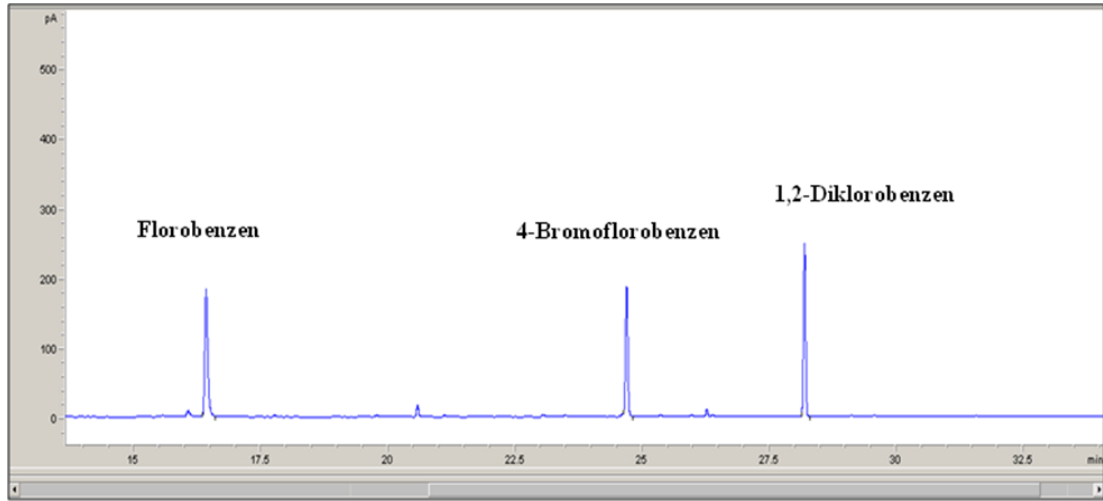
C_2 : İkinci örnekteki derişim

Yukarıda belirtilen Denklem (2.1) üzerinden yapılan hesaplamalar neticesinde % RSS değerlerinin % 2,6 (2-Klorotoluen) ile % 13,6 (Benzen) arasında değiştigi görülmüştür.

2.7.6. Kontrol standart kullanımı

Kontrol standardı, belirli bir analitik yöntem belirlemek ve ölçmek için tasarlanmış olup hedef analitlere benzer özelliklere sahip bir bileşiktir. Kontrol bileşik, örnek matrisin kurtarılabilceğini gösterirken, toplanan numuneler için amaçlanan analizleri için de, analitik yöntemin uygunluğunu gösteren bir kalite kontrol işlevi gerçekleştirir (Smith, 2001).

Yürütülen çalışmada 200 µg/mL derişimli Florobenzen, 4-Bromoflorobenzen, 1,2-Diklorobenzen kontrol bileşiklerini içeren standart çözeltiden 1, 5, 10, 25, 50 µg/mL derişimlerinde 5 farklı standart çözelti hazırlanmıştır. Kalibrasyon çözeltisi yükleme aparatı kullanılarak, çözeltiler He gazı akışı altında 2 µL yüklenmiştir. Daha sonra standart yüklü tüplerin analizi yapılarak 3 kontrol bileşik için kalibrasyon eğrileri oluşturulmuştur. Oluşturulan kalibrasyon eğrisine göre alıkonma zamanları Florobenzen için 16,44 dakika, 4-Bromoflorobenzen için 24,7 dakika, 1,2-Diklorobenzen için 28,21 dakika olarak bulunmuştur. Çalışmada analiz edilen UOB türleri ile kontrol standartların alıkonma zamanları arasında herhangi bir çakışma olmamıştır. Bu üç bileşiğe ait kromatogram Şekil 2.25'te verilmiştir.



Şekil 2.25. Kontrol standardına ait kromatogram

Örnekleme öncesi örnek tüpler üzerine 50 µg/mL derişimli kontrol standart yüklenmiş ve örnekleme gerçekleştirilmiştir. Bu örnekleme işleminin analizi sonrasında Florobenzen, 4-Bromoflorobenzen, 1,2-Diklorobenzen kontrol bileşiklerinin geri kazanımları sırasıyla % 135, % 112, % 108 olarak hesaplanmıştır.

2.8. Anket Çalışmaları

Çalışma kapsamında örnekleme yapılacak mikro-çevreler ziyaret edilerek burada çalışan kişilerle ve işletme sahipleriyle ön görüşmeler yapılmıştır. Örnekleme hakkında ayrıntılı bilgiler verilerek katılımcıların soruları cevaplandırılmıştır. Seçilen mikro çevrelerde örnekleme cihazları yerleştirilirken bir yandan da restoranlarda, kuru temizlemecilerde, fotokopilerde ve oto boyacılar da çalışanlara ve örnekleme yerinin karakteristiklerini belirlemeye yönelik anket çalışması yapılmıştır. Çalışma için hazırlanan örnek anket formları Ek-A, Ek-B, Ek-C, Ek-D’de verilmiştir.

Anket soruları, örneklenen her işletmedeki katılımcıların kişisel özelliklerini (yaş, cinsiyet, meslek), çalışma esnasında yaşadıkları çevre ve yapmış oldukları aktiviteler (sigara kullanımı, bireylerin iç ortamdaki zamanlarının büyük kısmını hangi bölümde harcadıkları vb.) hakkındaki bilgileri, mikro çevre karakteristiklerini (işletme türü, kaç yıllık olduğu ve büyüklüğü, örnekleme yapılan yerdeki cihazların özellikleri, konumları vb.), temizlik ve havalandırma alışkanlıklarını (hava şartlandırıcı olup olmadığı, ekstra havalandırma için fan olup olmadığı varsa yerleri, hava temizleyici olup olmadığı, ortamı nasıl ısıttıkları ve ısıtıcıların yerleri, ortamda nemlendirici olup olmadığı varsa yerleri, v.b.) ve yaşam koşullarını öğrenmeye yönelik sorulardan oluşmaktadır.

Anket uygulamaları sırasında çalışanların sigara içip içmediği ve sigara kullanan çalışanların günde kaç adet sigara içtikleri belirlenmiştir (Tablo 2.9). Örnekleme çalışmaları sırasında iç ortamlarda sigara kullanımı olmamıştır.

Yapılan anketler ve alınan cevaplar doğrultusunda hazırlanan Tablo 2.8’de ölçüm yapılan işletmelerin iç ortam özellikleri; Tablo 2.9’da katılımcılara uygulanan anket bilgileri verilmektedir.

Tablo 2.8. Ölçüm yapılan işletmelerin iç ortam özellikleri

İşletme Adı	Çalışma Alanı (m ²)	Bina Yaşı (yıl)	Bina Konumu	Trafığe Uzaklık (m)	Kullanılan Cihaz ve Sayısı	Havalandırma	Isınma Sistemi-Kullanılan Yakıt	Ortamdaki malzeme	Zemin kaplama	Son Tadilat Tarihi
R1K	70	20	sokak arası	10	1 ocakbaşı; 1 fırın	baca sistemi ve tavan fanı	-	ağşap, metal	fayans	Ağustos 2010
R2K	20	12	sokak arası	20	1 ocakbaşı	baca sistemi	-	ağşap, metal	fayans	Eylül 2010
R3K	80	15	cadde üzeri	5	1 ocakbaşı	baca sistemi	soba (odun)	ağşap, metal	granit	Ağustos 2010
R4S	100	12	cadde üzeri	5	1 ocakbaşı, 1 fırın, 1 barbekü	baca sistemi ve tavan fanı	klima ve elek.ısı.	ağşap, metal	granit	Ağustos 2010
R5S	60	3	cadde üzeri	5	1 ocakbaşı, 1 fırın	baca sistemi	klima ve elek.ısı.	ağşap, metal	granit	Kasım 2010
R6S	22	100	kapalı ortam	5	1 ocakbaşı	baca sistemi	klima ve elek.ısı.	ağşap	granit	Nisan 2011
K1K	400	4	sokak arası	10	3 kuru tem. mak.	aspiratör	elek.ısı.	ağşap, metal	kaplama	-
K2K	80	10	bina içi	5	1 kuru tem. mak.	-	merkezi (doğalgaz)	ağşap, metal	granit	-
K3K	80	8	cadde üzeri	5	1 kuru tem. mak.	-	elek.ısı.	metal	fayans	Temmuz 2010
K4S	65	30	sokak arası	5	2 kuru tem. mak.	-	klima ve elek.ısı.	ağşap, metal	granit	-
K5S	60	30	cadde üzeri	10	2 kuru tem. mak.	aspiratör	-	metal	mermer	-
K6S	45	45	cadde üzeri	5	1 kuru tem. mak.	aspiratör	-	metal	taş	-
F1K	30	3	bina içi	20	3 bilgisayar, 8 foto. mak. 1 faks, 1 yazıcı	-	elek.ısı.	ağşap, plastik, metal	fayans	Eylül 2009

tem.mak: temizleme makinesi; foto.mak: fotokopi makinesi; elek.ısı: elektrikli ısıtıcı

Tablo 2.8. (Devamı) Ölçüm yapılan işletmelerin iç ortam özellikleri

İşletme Adı	Çalışma Alanı (m ²)	Bina Yaşı (yıl)	Bina Konumu	Trafiğe Uzaklık (m)	Kullanılan Cihaz ve Sayısı	Havalandırma	Isınma Sistemi- (Kullanılan Yakıt)	Ortamdaki malzeme	Zemin kaplama	Son Tadilat Tarihi
F2K	12	6	bina içi	10	2 bilgisayar, 3 foto. mak. 1faks, 2 yazıcı	-	kalorifer- (doğalgaz)	ahşap, metal	kaplama	-
F3K	40	22	sokak arası	5	2 bilgisayar, 3 foto. mak. 1faks, 2 yazıcı	-	elek.ısı.	ahşap, metal	taş	-
F4S	20	30	cadde üzeri	5	1bilgisayar, 2 foto. mak. 1faks, 1yazıcı	-	elek.ısı.	ahşap, metal	parke	-
F5S	24	20	sokak arası	10	1bilgisayar, 3foto. mak. , 1faks, 3 yazıcı	-	klima	ahşap, metal	parke	-
F6S	100	25	sokak arası	10	7 bilgisayar, 10 foto. mak. 1faks, 10 yazıcı	aspiratör	klima	plastik, metal	seramik	Haziran 2010
B1K	60	13	sanayi içi	5	1 boya tabancası	-	elek.ısı.	metal	beton	Mart 2011
B2K	60	13	sanayi içi	5	1 boya tabancası	-	elek.ısı.	metal	beton	-
B4S	100	22	sanayi içi	5	boya kabini	kabin bacası	elek.ısı.	metal	beton	Şubat 2010
B5S	100	50	sanayi içi	5	1 boya tabancası	-	elek.ısı.	metal	beton	Mart 2010

foto.mak: fotokopi makinesi; elek.ısı: elektrikli ısıtıcı

Tablo 2.9. Ölçüm yapılan yerlerde çalışanlara uygulanan anket bilgileri

İşletme	Çalışma günü/saati	Çalışan kişi sayısı	Maruz kalınan madde/kimyasal	Kişisel korunma	Sigara kullanımı	Yüzey temizliğinde kullanılan maddeler	Hastalık yakınmaları
R1K	7/12	5	odun ve kömür közü	-	günde 1/2 paket	yüzey temizleyici	boğaz kuruluğu, baş ağrısı, göz yanması
R2K	7/16	2	kömür közü	-	günde 3 paket	yüzey temizleyici	-
R3K	7/24	3	kömür közü	eldiven	günde 1 paket	yüzey temizleyici	-
R4S	7/14	10	odun ve kömür közü	eldiven	-	yüzey temizleyici	-
R5S	7/13	4	odun ve kömür közü	eldiven	günde 1/2 paket	yüzey temizleyici	-
R6S	7/14	2	kömür közü	-	-	yüzey temizleyici	-
K1K	6/10	13	perkloretillen, hidrokarbon	-	günde 1 paket	yüzey temizleyici	cilt problemleri
K2K	7/12	2	perkloretillen	-	günde 1/2 paket	yüzey temizleyici	halsizlik, baş ağrısı
K3K	7/18	2	perkloretillen	-	günde 1/2 paket	yüzey temizleyici	halsizlik, baş ağrısı
K4S	7/12	2	perkloretillen, hidrokarbon	-	-	yüzey temizleyici	-
K5S	6/10	2	perkloretillen, hidrokarbon	-	-	yüzey temizleyici	-
K6S	6/12	2	perkloretillen	-	günde, 1 paket	yüzey temizleyici	-

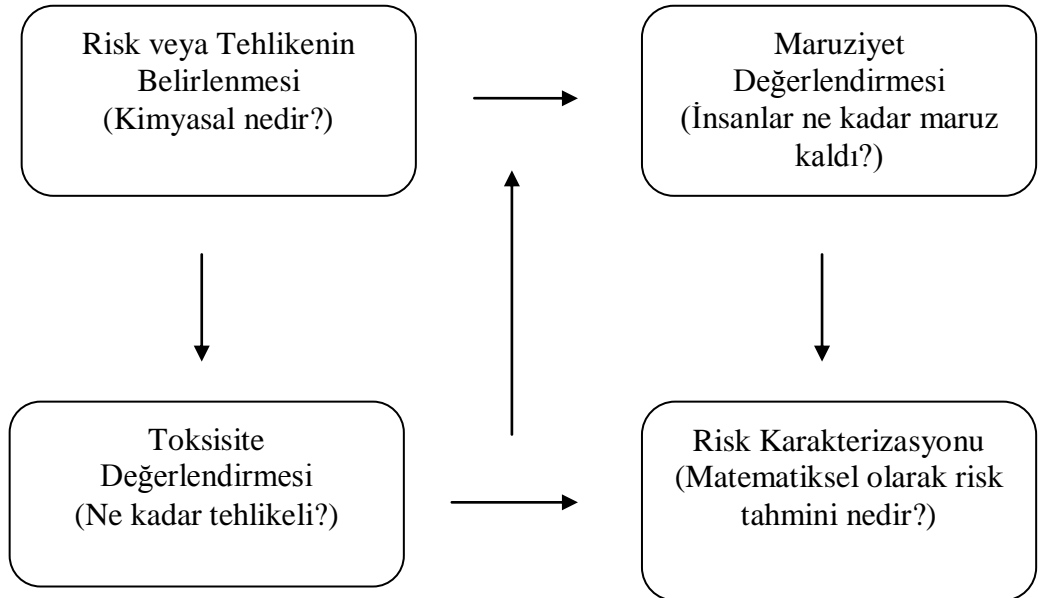
Tablo 2.9. (Devamı) Ölçüm yapılan yerlerde çalışanlara uygulanan anket bilgileri

İşletme	Çalışma günü/saati	Çalışan kişi sayısı	Maruz kalınan madde/kimyasal	Kişisel korunma	Sigara kullanımı	Yüzey temizliğinde kullanılan maddeler	Hastalık yakınmaları
F1K	5/10	5	toner	-	günde 1/2 paket	yüzey temizleyici	boğaz kuruluğu, baş ve eklem ağrısı
F2K	7/12	2	toner	-	-	-	halsizlik, boğaz kuruluğu, baş ağrısı, bulantı,göz yanması
F3K	7/12	2	toner	-	günde 1 paket	yüzey temizleyici	boğaz kuruluğu
F4S	6/10	3	toner	-	günde 1/2 paket	yüzey temizleyici	-
F5S	6/10	2	toner	-	-	yüzey temizleyici	-
F6S	6/10	2	toner	-	günde 1/2 paket	yüzey temizleyici	-
B1K	6/11	3	oto boyası, çözücü	maske	günde 1 paket	su	-
B2K	6/11	3	oto boyası, çözücü	maske	günde 1 paket	yüzey temizleyici	-
B4S	6/12	2	oto boyası, çözücü	maske	günde 1 paket	yüzey temizleyici	baş ağrısı
B5S	6/12	2	oto boyası, çözücü	-	günde 2 paket	yüzey temizleyici	-

2.9. Sağlık Riski Değerlendirmesi

Risk; bir maddenin belirli koşullarda veya belirli ortamlarda hasar yapma, bir tehlikenin gerçekleşme olasılığıdır. Risk değerlendirilmesi, eldeki toksisite verilerinden hareketle, bir maddenin ölçülebilen miktarda ve ön görülen koşullarda kullanımı ile kişilerde, toplumda ve çevrede ortaya çıkabilecek muhtemel zararlı etkilerin değerlendirilmesidir. Risk değerlendirilmesi bilimsel verilerin sonucu, uzmanların kararı ve belirlenen varsayımlardan oluşur. Dört yüz yıl önce Paracelsus tarafından yapılan zararlılık tanımı halen geçerliliğini korumaktadır; “Bütün maddeler zararlıdır. Doğru doz zehir ile ilaç arasındaki farkı belirler.” (Shen ve Schmidt, 1993).

Risk değerlendirilmesi yapılırken; tehlike, canlıya önemli ölçüde zarar verebilecek veya önemli sayıda canlıya zarar verecek bir tehdit, zarar potansiyeli, maddenin temas derecesine (doz – süre) ve toksisitesine bağlıdır. Bu araştırmalar, genelde hayvanlar üzerinde yapılır ve buradan yola çıkarak, hayvanlar üzerinde zararlı etkiler tespit edildiyse bunların insanlar üzerinde de görüleceği kabul edilir. Risk değerlendirme çalışmasının aşamaları Şekil 2.26’da verilmiştir.



Şekil 2.26. Risk değerlendirme aşamaları

Sağlık riski değerlendirmesi, tehlikeli maddeye maruz kalınması sonucu meydana gelen sağlık sorunlarının belirlenmesidir. Bazı uçucu organik bileşiklere maruz kalmak, insan sağlığını olumsuz etkilemekte ve bunun sonucu olarak da riskler ortaya çıkmaktadır. UOB sınıfına giren maddeler bu nedenle 11.07.1993 tarihli ve 21634 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren “Tehlikeli Kimyasallar Yönetmeliği” kapsamındadır.

Bu çalışmada belirlenen 25 UOB içerisinde bazı kimyasal maddelere tesis ya da fabrika ortamında maruz kalan çalışanlar için maruziyet limit değerleri, (TWA, 8 saatlik belirlenen referans süre için ölçülen veya hesaplanan zaman ağırlıklı ortalama şeklinde) İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği’ne göre ppm ve mg/m³ olarak Tablo 2.10’da verilmektedir.

Bu çalışma kapsamında farklı mikro çevrelerde tespit edilen UOB derişim değerleri Tablo 2.10’da verilen sınır değerlerin oldukça altında kalmaktadır.

Tablo 2.10. Kimyasal maddeler için mesleki maruziyet limitleri (URL-6)

MADDE	TWA (ppm)	mg/m ³
Benzen	0,5	1,6
Bromoform	0,5	5,2
Bromoklorometan	200	1058
Karbon Tetraklorür	2	12,6
Diklorometan	25	86,8
Ksilenler (o, m & p izomerleri)	100	434
Etilbenzen	20	86,9
Stiren	50	213
1,2-Dikloroetan	1	4,05
Hekzaklorobutadien	0.02	0,2
Klorobenzen	10	46
İzopropilbenzen	25	123
Toluen	20	75,4

2.9.1. Risk hesaplamaları

Amerika Ulusal Bilimler Akademisi'nin (NAS) "Federal Hükümette Risk Değerlendirmesi" raporunda risk değerlendirmesinin dört adımdan oluştuğu bildirilmiştir. Bu basamaklar; tehlike tanımı, etkilenme değerlendirme, doz - tepki değerlendirme ve risk nitelendirmesidir (Williams, 2000). Bu dört adım Çevre Mühendisliği konusu olan 'Çevre Kirliliği Riskleri'nde kullanılmak için insan sağlığına uyarlanmıştır.

Haines (2004)'de risk hesaplamaları sırasında üç temel soruna yanıt aranması gerektiğini ifade etmektedir. Bu sorular;

- Tehlikeli olan ne?
- Tehlikenin olasılığı ne?
- Sonuç ne?

Bu çalışmada uygulanan sağlık riski hesaplamaları için aşağıda verilen aşamalar uygulanmıştır:

Riskin belirlenmesi: Kirletici ile ilişkili ne tip sağlık etkilerinin ortaya çıkabileceği ve bu sağlık etkilerinin ne kadar süre içerisinde kendini göstereceğine ilişkin belirlemeler bu kısımda yapılır. Sağlık etkileri ile ilgili veriler çeşitli toksikolojik ve epidemiyolojik çalışmalardan elde edilebilmektedir (EHRA 2002).

Toksisite değerlendirme: Kimyasal madde dozuna karşı risk ihtimalinin değerlendirilmesi gerçekleştirilir. Toksisitenin belirlenmesinde, bir kimyasalın var olan zararlı etkileri tespit edildikten sonra, "doz - risk" ilişkisi incelenir. Ne kadar dozajlarda, ne gibi sağlık riskleri görüldüğü araştırılır. Bu çalışmalar ile bazı toksisite değerlendirme parametreleri elde edilmektedir. Bunlardan bazıları; referans doz (RfD), referans derişim (RfC) ve birim risktir (IUR). USEPA, risk hesaplamalarında kullanılan parametrelerin, çevre kirletici maddelere maruz kalma ve bu kirleticilerin neden olduğu sağlık etkileri hakkında bilgi değerlendiren bir insan sağlığı araştırma programı olan Entegre Risk Bilgi Sistemi (IRIS) tarafından yayınlanmış olmasına öncelik verilmesine dikkat çekmektedir. IRIS'de mevcut olmayan değerlerin sırasıyla

Geçici Hakemli Toksikite Değerleri (PPRTV), Kaliforniya Çevre Koruma Ajansı (CALEPA) ve Sağlık Etkileri Değerlendirme Özet Tablolar Rapor Bilgileri olan (HEAST)'den alınmasını önermektedir (USEPA, 2012).

Hesaplamalarda kullanılan parametreler Amerika Çevre Yönetimi tarafından oluşturulan Risk Değerlendirme Bilgi Sistemi (RAIS)'in internet sayfasından alınmıştır.

Risk değerlendirmesinde kronik solunum referans derişimi, 7 yıl ve daha uzun süreli, sürekli veya yakın maruziyet inhalasyonu için kullanılır (USEPA, 2012). Çalışanların bir işyerinde ortalama 25 yıl geçirdikleri düşünülerek yapılan hesaplamamızda, kronik RfC ve kronik IUR değerleri kullanılmıştır.

Bu çalışmada solunum yoluyla alınan kirleticilerden kaynaklanabilecek sağlık riskinin belirlenmesi planlandığı için maruziyetin, kronik ve yalnızca hava yolu ile olduğu kabul edilerek risk değerlendirmesi yapılmıştır. Ölçülen UOB'lerden Bromoklorometan, Dibromometan, Klorodibromometan, sec-Bütılbenzen ve p-İzopropiltoluen bileşiklerine ait toksisite değerlendirme parametreleri olmadığından, bu bileşiklerden kaynaklanabilecek risk hesaplanmamıştır. Tablo 2.11'de toksisite değerlendirme parametreleri verilmektedir.

Tablo 2.11. Kirleticiler için toksisite değerlendirme parametreleri ve çeşitli kanserojenlik sınıflandırmaları (RAIS, 2012)

Bileşik Adı	Kronik Solunum Referans Derişimi RfC (mg/m ³)	RfC referans	Kronik Solunum Birim risk IUR (µg/m ³) ⁻¹	IUR referans	Kanser sınıfı (IRIS)
1,1-Dikloroetilen	2,00E-01	IRIS	-		C
Diklorometan	6,00E-01	IRIS	8,00E-08	IRIS	B2
trans-1,2-Dikloroetilen	6,00E-02	PPRTV	-		-
1,1,1-Trikloroetan	5,00E+00	IRIS	-		-
Karbon Tetraklorür	1,00E-01	IRIS	6,00E-06	IRIS	B2
1,2-Dikloroetan	7,00E-03	PPRTV	2,60E-05	IRIS	B2
Benzen	3,00E-02	IRIS	7,80E-06	IRIS	A
1,2-Dikloropropan	4,00E-03	IRIS	1,00E-05	CALEPA	B2
Bromodiklorometan	-		3,70E-05	CALEPA	B2
Toluen	5,00E+00	IRIS	-		D
Klorobenzen	5,00E-02	PPRTV	-		-
Etilbenzen	1,00E+00	IRIS	2,50E-06	CALEPA	D
Ksilenler (m,p,o)	1,00E-01	IRIS	-		-
Bromoform	-		1,10E-06	IRIS	B2
Stiren	1,00E+00	IRIS	-		-
İzopropilbenzen	4,00E-01	IRIS	-		-
1,2,4-Trimetilbenzen	7,00E-03	PPRTV	-		-
1,2-Dibromo-3-kloropropan	2,00E-04	IRIS	6,90E-07	HEAST	-
Hekzaklorobutadien	-		2,20E-05	IRIS	C

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

Risk hesaplamalarında; maruz kalınan ve kanserojen olan UOB'leri soluma miktarı aşağıdaki formülden hesaplanmıştır (RAIS, 2012a);

$$CDI_{nc} \left(\frac{mg}{m^3} \right) = \frac{C_{hava} \left(\frac{\mu g}{m^3} \right) \times EF \left(\frac{250 \text{ gün}}{yıl} \right) \times ED (25 \text{ yıl}) \times ET \left(\frac{10 \text{ saat}}{\text{gün}} \right) \times \left(\frac{1 \text{ gün}}{24 \text{ saat}} \right)}{AT \left[\frac{365 \text{ gün}}{yıl} \times LT (70 \text{ yıl}) \right]} \quad (2.2)$$

Risk hesaplamalarında; maruz kalınan ve kanserojen olmayan UOB'leri soluma miktarı aşağıdaki formülden hesaplanmıştır (RAIS, 2012a);

$$CDI_{nc} \left(\frac{mg}{m^3} \right) = \frac{C_{hava} \left(\frac{\mu g}{m^3} \right) \times EF \left(\frac{250 \text{ gün}}{yıl} \right) \times ED (25 \text{ yıl}) \times ET \left(\frac{10 \text{ saat}}{\text{gün}} \right) \times \left(\frac{1 \text{ gün}}{24 \text{ saat}} \right)}{AT \left[\frac{365 \text{ gün}}{yıl} \times ED (25 \text{ yıl}) \right] \times \left(\frac{1000 \mu g}{1 \text{ mg}} \right)} \quad (2.3)$$

Formüllerde;

CDI_{ca} = Kanserojen olan kimyasalların Kronik Günlük Alımı ($\mu g/m^3$)

CDI_{nc} = Kanserojen olmayan kimyasalların Kronik Günlük Alımı (mg/m^3)

C_{hava} = Hava yoluyla alınan UOB derişimi ($\mu g/m^3$)

EF = Maruziyet frekansı (gün/yıl)

EF değeri, çalışanlar için yıllık tatil süreleri çıkarılarak belirlenmiştir.

ED = Maruziyet süresi (yıl)

ET = Maruziyet süresi (saat)

AT = Ortalama maruziyet süresi (gün)

Eğer kronik maruziyet söz konusu ise bu süre ortalama insan ömrü kabul edilir.

LT = Ortalama insan ömrü (yıl)

Risk karakterizasyonu: Son aşama olan risk karakterizasyonunda, maruziyet değerlendirme ve doz yanıt eğrilerinden elde edilen veriler birleştirilerek nicel olarak karsinogenik risk değerlendirme yapılır (EHRA 2002).

Kanserojen maddelere için risk değerlendirme ise; ECR (Hayat boyu kanser riski) ile ifade edilir (USEPA, 2009);

$$ECR = CDI_{ca} \times IUR \quad (2.4)$$

Formülde;

ECR = Kanserojen maddeler için hayat boyu kanser riski

CDI_{ca} = Kanserojen olan kimyasalların Kronik Günlük Alımı ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

IUR = Birim risk ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)⁻¹

$$\text{Toplam risk} = \sum \text{Kirleticilerin bireysel kanser riskleri} \quad (2.5)$$

Kanserojen olmayan maddeler için risk değerlendirme tehlike indeksi (HQ) ile ifade edilir (USEPA, 1997);

$$HQ = CDI_{nc} \times RfC \quad (2.6)$$

Formülde;

HQ = Kanserojen olmayan maddeler için tehlike indeksi

CDI_{nc} = Kanserojen olmayan kimyasalların Kronik Günlük Alımı (mg/m^3)

RfC = Referans derişim (mg/m^3)

$$\text{Toplam risk} = \sum \text{Kirleticilerin bireysel tehlike indeksleri} \quad (2.7)$$

2.9.2. Risk değerlendirme

Yapılan risk hesaplamaları sonucu elde edilen değerlerin yorumlanmasında USEPA'dan alınan referans değerler kullanılmıştır. Bu referans değerler kanserojen maddeler için 1×10^{-6} (1,0E-06) olarak alınmıştır. Kanserojen olmayan maddeler için ise, hesaplanan tehlike indeksi (HQ)'nun 1'e eşit veya büyük olması durumunda riskin olduğu; 1'den kkk olması durumunda riskin olmadığı kabul edilmiştir.

Risk değerlendirmesi 4 farklı alıcı grubu (restoran, kuru temizlemeci, fotokopici ve oto boyacı çalışanları) için yapılmıştır. Hesaplamalarda seçilen mikro çevrelerin iç ortam havasında belirlenen UOB derişimleri kullanılmıştır.

2.10. Verilerin Değerlendirilmesinde Kullanılan İstatistiksel Analiz Yöntemleri

Z, t ve F testleri parametrik testler ya da klasik testler olarak bilinmektedir. Bu testlerin temel özelliği örneklerin seçildikleri yığınların ilgili değişken bakımından normal dağıldığı varsayımına dayanmasıdır (nver ve diğ., 2011). Bu nedenle belirli bir parametrik değeri hesaplanabilen verilere göre hipotez testleri yaparken verilerin normal dağılım göstermesi koşuluyla parametrik testlerden yararlanmak mümkündür (zdamar, 2010). Örneklerin seçildikleri yığınların dağılımları hem normal değil hem de örnek çapları yeteri kadar büyük değilse parametrik olmayan testler kullanılmalıdır (nver ve diğ., 2011). Çok sayıda parametrik olmayan test bulunmaktadır. Bu testlerin bazıları parametrik testlerin parametrik olmayan alternatifleridir. Kikare, Mann-Whitney U, Wilcoxon eşleştirilmiş iki örnek testi, Kolmogorov-Smirnov, Kruskal-Wallis ve Friedman testleri en sık kullanılan parametrik olmayan testler arasındadır (zdamar, 2010; nver ve diğ., 2011).

2.10.1. Kolmogorov-smirnov testi

Bir frekans dağılımının, belirli ya da herhangi bir dağılıma uygunluk gösterip göstermediğini test etmek amacıyla kullanılan bir testtir. Tek rnek Kolmogorov-Smirnov (KS) testinde n_1 hacimli bir örneğin yığılımlı frekans dağılımının, teorik belirli bir ya da herhangi bir $F_0(X)$ teorik yığılımlı olasılık dağılımına uygunluğu test edilir. Bunun için örneğin frekans dağılımı ve yığılımlı görsel frekans dağılımı elde edilir. $F_0(X)$ k sınıflı ve tek düze dağılan bir yığılımlı dağılımdır.

Tek örnek KS testi uygulamak için öncelikle “ H_0 : Uygunluk vardır” ve “ H_1 : Uygunluk yoktur” şeklinde hipotez kurulur. Veriler frekans dağılımı durumuna getirilir. Bu frekans dağılımının yığılımlı olasılık dağılımı oluşturulur ($S_n(X)$). H_0 varsayımı altında örneğin alındığı varsayılan herhangi bir teorik dağılımın, $F_0(X)$ yığılımlı olasılık dağılımı belirlenir. Teorik ve gözlenen yığılımlı olasılık dağılımlarının, her sınıfta olasılıkları arasındaki mutlak farklar belirlenir. Bu farklardan en büyük farklılığın, rastgelelik koşullarından ayrılıp ayrılmadığı test edilir.

D_{\max} (maksimum| $F_0(X) - S_n(X)$ |) değerlerinin önemliliği, $\alpha = 0,05, 0,01$ ve $0,001$ için hesaplanan $D_{(\alpha)}$ kritik değerleri ile karşılaştırılarak belirlenir. Bu kritik değerler;

$D_{\max} = 0,05$ için

$$D_{(0,05)} = \frac{1,36}{\sqrt{n}} \quad (2.8)$$

$D_{\max} = 0,01$ için

$$D_{(0,01)} = \frac{1,63}{\sqrt{n}} \quad (2.9)$$

$D_{\max} = 0,001$ için

$$D_{(0,001)} = \frac{1,95}{\sqrt{n}} \quad (2.10)$$

şeklinde hesaplanır.

Karar verilirken;

$D_{\max} < D_{(\alpha)}$, $p > \alpha$ durumunda H_0 , kabul;

$D_{\max} \geq D_{(\alpha)}$, $p < \alpha$ durumunda H_0 , red edilir (Özdamar, 2010).

2.10.2. Mann-whitney u testi

Mann-Whitney U testi, n_1 ve n_2 hacimli bağımsız iki örneğin, aynı medyanlı popülasyondan alınmış rastgele örnekler olup olmadığını test etmek için uygulanmaktadır (Özdamar, 2010; Ünver ve diğ. 2011).

Mann-Whitney U testinde test edilen hipotezler şunlardır:

H_0 : n_1 ve n_2 veri setleri aynı dağılıma sahiptir.

H_1 : n_1 veri setinin gözlemlerinin yarısından fazlası diğer setten farklıdır.

H_1 : $p(a > b) \neq 1/2$

n_1 ve n_2 dizisine birlikte sıralama puanları verilir. Sıralama puanlarının 1. örneğe ait olanlarının toplamı R_1 ; 2. örneğe ait olanlarının toplamı R_2 bulunur.

Birim sayıları ve toplam sıralama puanlarından yararlanarak U_1 ve U_2 test istatistikleri aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$U_1 = n_1 \times n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - R_1 \quad (2.11)$$

$$U_2 = n_1 \times n_2 + \frac{n_2(n_2 + 1)}{2} - R_2 \quad (2.12)$$

U_1 ve U_2 'den küçük olanı U test istatistiği olarak alınır. U 'nun önemliliği normal yaklaşımla bulunur. Bunun için ortalama ve standart sapması bulunur ve z test istatistiği aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$z = \frac{U - \mu_u}{\sigma_u} = \frac{U - (n_1)(n_2)/2}{\sqrt{\frac{(n_1)(n_2)(n_1 + n_2 + 1)}{12}}} \quad (2.13)$$

Z test istatistiği standart normal dağılım gösterir ve önemliliği aşağıdaki gibi belirlenir (Özdamar, 2010);

$|Z| < 1,96$ ise $p > 0,05$ durumunda H_0 kabul,

$|Z| \geq 1,96$ ise $p < 0,05$ durumunda H_0 , red,

$|Z| \geq 2,58$ ise $p < 0,01$ durumunda H_0 , red,

$|Z| \geq 3,28$ ise $p < 0,001$ durumunda H_0 , red edilir.

2.10.3. Wilcoxon eşleştirilmiş iki örnek testi

Wilcoxon eşleştirilmiş iki örnek testi, bağımlı iki örnek testi olup eşleştirilmiş t testinin parametrik olmayan alternatifidir. N birimlik örnekten elde edilen iki veri seti farklarının, ortancası sıfır olan toplumdaki çekilmiş rastgele örnek olup olmadığını test eder.

“ H_0 : Eş deneme sonuçları eşittir” ve “ H_1 : Eş deneme sonuçları birbirine eşit değildir” şeklinde hipotez kurulur. Eş deneme sonuçları arasındaki farklar belirlenir ve işaretlerine bakılmaksızın büyüklük sırasına konur. Her farkın sıralama puanına farkın işareti verilerek sıralama puanları hem büyüklük hem de yön belirtecek duruma getirilir. Fark sıfır ise denemeden çıkarılır ve birim sayısı farkları sıfır olan çift kadar azaltılarak analiz yürütülür. + ve – değerli sıralama puanları ayrı ayrı toplanır. Bu toplamlardan mutlak olarak küçük olanına T istatistiği adı verilir. Farklardan birbirine eşit olanlarına sıralama değerlerinin ortalaması verilir. T istatistiğinin gözlenme olasılığı ve önemliliği belirlenir. Eğer birim sayısı $6 \leq n \leq 25$ ise Wilcoxon T kritik değerleri tablosundan yararlanılır. T_α kritik değerleri dikkate alınarak T 'nin önemliliği aşağıdaki şekilde belirlenir.

$T > T_\alpha$ ise $p > \alpha$ durumunda H_0 , kabul veya;

$T < T_\alpha$ ise $p < \alpha$ durumunda H_0 , red hipotezi kabul edilir.

Eğer $n > 25$ ise T 'nin normal dağılım gösterdiği varsayımından yararlanılarak T 'nin gözlenme olasılığı ve önemliliği; T 'nin ortalama ve standart hatası;

$$\mu_T = \frac{(n)(n+1)}{4} \quad (2.14)$$

$$\sigma_T = \sqrt{\frac{(n)(n+1)(2n+1)}{24}} \quad \text{şeklinde hesaplanarak,} \quad (2.15)$$

$$z = \frac{T - \mu_T}{\sigma_T} \quad (2.16)$$

z test istatistiği hesaplanır.

Z'nin önemliliği aşağıda verildiği şekilde;

$|Z| < 1,96$ ise $p > 0,05$ durumunda H_0 , kabul

$|Z| \geq 1,96$ ise $p < 0,05$ durumunda H_0 , red

$|Z| \geq 2,58$ ise $p < 0,01$ durumunda H_0 , red

$|Z| \geq 3,28$ ise $p < 0,001$ durumunda H_0 , red edilir (Özdamar, 2010).

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. Kış Örnekleme

3.1.1. Meteorolojik şartlar

Kış örnekleme 11 Ocak 2011 - 29 Nisan 2011 tarihleri arasında Kocaeli ve Sakarya illerinde yapılmıştır. Bu tarihlere ait meteorolojik veriler Kocaeli ve Sakarya meteoroloji istasyonlarından elde edilmiştir.

Meteoroloji istasyonundan elde edilen verilere göre ölçüm günlerinde sıcaklık değerleri, Kocaeli’nde 1,9 °C – 13,9 °C; Sakarya’da 0,7 °C – 22,8 °C arasında değişiklik göstermiştir. Rüzgar hızı, Kocaeli’nde en düşük 0,3 m/s, en yüksek 3,3 m/s; Sakarya’da en düşük 0,2 m/s, en yüksek 7,0 m/s olarak tespit edilmiştir.

Kocaeli’nde yapılan ölçümler boyunca 8 gün yağış görülürken Sakarya’da yapılan ölçümler boyunca 7 gün yağış görülmüştür. Yağışlı günlerde toplam yağış miktarı, Kocaeli’nde en düşük 0,2 mm en yüksek 2,6 mm, Sakarya’da en düşük 0,1 mm en yüksek 25 mm olarak kayıt edilmiştir. Yağışlar yağmur şeklinde olmuştur.

Günlük ortalama nispi bağıl nem miktarı, Kocaeli’nde % 66,4 ile % 90,9; Sakarya’da % 46,4 ile % 92,8 arasında değişmiştir.

Ölçüm günlerindeki sıcaklık (°C), nem (%), yağış miktarı (mm) ve rüzgar hızı (m/s) verileri Kocaeli için Tablo 3.1’de; Sakarya için Tablo 3.2’de görülmektedir.

Tablo 3.1. Kocaeli için kış mevsimi ölçüm günlerindeki sıcaklık (°C), bağıl nem (%), yağış miktarı (mm) ve rüzgar hızı (m/s) değerleri

KOCAELİ								
Tarih	Sıcaklık (°C)			Bağıl Nem (%)	Yağış Miktarı (mm)	Rüzgar Hızı (m/s)		
	En düşük	En yüksek	Ort. Hız			En düşük Hız/ Yön	En yüksek Hız/ Yön	Ort. Hız
11.01.2011	3,9	13,9	9,1	66,4	-	0,5 /G	4,7 /D	1,8
13.01.2011	6	13,7	9,3	76,6	-	0,4 /GB	1,8 /DKD	0,9
18.01.2011	5,3	8,5	7,0	76,3	0,3	0,4 /GGB	1,9 /KKD	1,1
20.01.2011	2,3	12,8	7,1	75,7	-	0,4 /B	1,8 /GGD	0,9
25.01.2011	3,9	5,9	5,0	90,1	17	0,5 /GGB	3,7 /KD	1,5
27.01.2011	3,1	9,4	5,1	74,4	2,6	0,4 /GGD	2,3 /BGB	1,2
01.02.2011	1,9	3,2	2,2	81,5	0,2	0,5 /KB	3,3 /KB	1,4
04.02.2011	3,9	7,4	5,3	71,0	-	1 /GD	3,3 /KD	1,9
07.02.2011	4,1	15	8,5	70,3	-	0,3 /G	2,8 /D	0,9
21.02.2011	3,9	6,9	5,0	79,3	2,3	0,4 /DGD	2,8 /GD	1,3
22.02.2011	4	8,6	6,8	85,6	-	0,5 /KKD	2,8 /GD	1,3
24.02.2011	7,3	8,8	7,9	88,5	3,2	0,7 /K	2,0 /KKD	1,4
25.02.2011	6,1	8,4	7,4	90,9	1,8	0,5 /GGD	2,5 /KD	1,3
02.03.2011	2,9	6,5	4,4	80,9	2,1	0,9 /DKD	3,3 /DKD	1,8

K:Kuzey; G:Güney; D:Doğu; B:Batı

Tablo 3.2. Sakarya için kış mevsimi ölçüm günlerindeki sıcaklık (°C), nem (%), yağış miktarı (mm) ve rüzgar hızı (m/s) değerleri

SAKARYA								
Tarih	Sıcaklık (°C)			Bağıl Nem (%)	Yağış Miktarı (mm)	Rüzgar Hızı (m/s)		
	En düşük	En yüksek	Ort. Hız			En düşük Hız/ Yön	En yüksek Hız/ Yön	Ort. Hız
05.03.2011	2,4	12,7	5,9	72,8	-	0,6 /KB	4,8 /KKD	1,7
06.03.2011	3	5,9	4,4	92,8	0,1	0,4 /K	2,4 /KKD	1,2
07.03.2011	1,6	6,8	4,8	74,2	24,3	0,9 /DKD	5,2 /DKD	2,8
09.03.2011	0,7	1,7	1,1	87,7	25	1 /KKB	3,9 /K	2,2
10.03.2011	1,1	3	1,8	87,9	20,2	0,8/KKB	3,4 /BKB	2,0
12.03.2011	0,3	13,6	6,6	60,8	-	0,2 /GB	4,5 /GB	1,6
13.03.2011	2,8	17,4	11,4	46,4	-	0,7 /GGB	4,8 /GGB	2,5
15.03.2011	8,3	24	15,3	47,2	-	0,5 /KKD	4,4 /GB	2,2
18.03.2011	11,8	14,1	12,8	86,3	0,8	0,4 /GGD	2,1 /KB	1,2
19.03.2011	8,5	12,7	10,2	90,8	9,4	0,8 /GB	3,2 /K	1,7
29.03.2011	8	22,8	16,1	61,4	-	0,2 /B	3,2 /GB	1,7
13.04.2011	10,4	21,6	15,6	47,1	-	0,4 /G	5,9 /GB	2,5
14.04.2011	8,1	19,2	13,3	62,1	-	1,2 /G	7,0 /BKB	3,2
28.04.2011	10,6	16,8	13,2	87,0	1,4	0,1 /DKD	4,0 /K	1,5

K:Kuzey; G:Güney; D:Doğu; B:Batı

3.1.2. Kış mevsimi ölçüm sonuçları

Kocaeli ve Sakarya genelinde toplam 6 restoran, 6 kuru temizlemeci, 6 fotokopici ve 6 oto boyacıyı kapsayacak şekilde seçilen 24 noktada kış mevsimini temsilen aktif örnekleme tekniği kullanılarak toplanan uçucu organik bileşik örnekleri, TD/GC-FID analiz tekniği kullanılarak analiz edilmiştir.

3.1.2.1. Restoranlara ait ölçüm sonuçları

Çalışma kapsamında Kocaeli ve Sakarya illerinde kış mevsiminde örneklenen restoranların iç ve dış ortamlarında eş zamanlı yapılan UOB örnekleme sonuçlarına ait analiz sonuçlarının ortalama değerleri Tablo 3.3'te verilmektedir. Belirlenen örnekleme noktalarında kış mevsiminde yapılan UOB ölçümlerinde 25 farklı UOB tespit edilmiştir. Tablo 3.3'te örnekleme noktaları, Kocaeli'de bulunan restoranlar için R1K, R2K, R3K; Sakarya'da bulunan restoranlar için R4S, R5S, R6S kısaltmaları ile gösterilmiştir.

İzopropiltoluen restoranların iç ortamlarında tespit edilen UOB kirlilik düzeylerine en çok katkıda bulunan bileşik olurken onu Bromoform, 1,2-Dibromo-3-kloropropan, Benzen, Toluen, Bromoklorometan ve Karbon Tetraklorür bileşikleri takip etmektedir. Restoran iç ortamlarına ait tüm veri seti göz önüne alındığında incelenen 25 UOB'in toplam derişimlerinin $133,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (R5S) ile $239,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (R2K) arasında değişim gösterdiği Tablo 3.3'te görülmektedir.

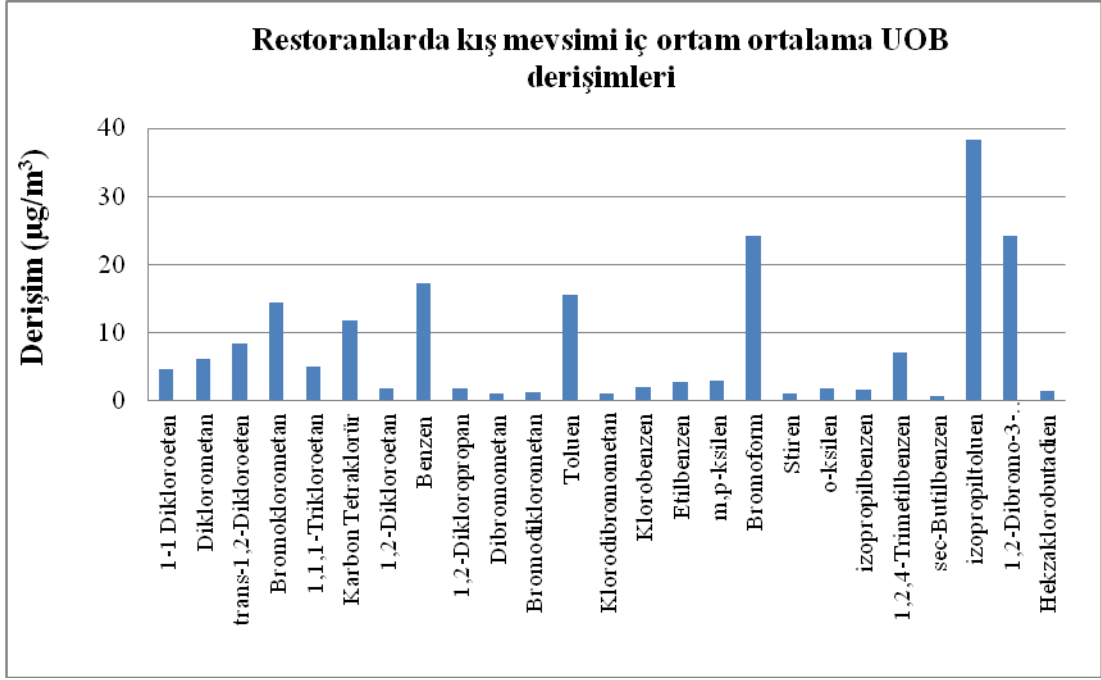
Karbon Tetraklorür restoranların dış ortamlarında tespit edilen UOB kirlilik düzeylerine en çok katkıda bulunan bileşik olurken onu Toluen, Bromoform, 1,2-Dibromo-3-kloropropan, trans-1,2-Dikloroeten ve Benzen bileşikleri takip etmektedir. Restoran dış ortamlarına ait tüm veri seti göz önüne alındığında incelenen 25 UOB'in toplam derişimlerinin $51,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (R4S) ile $138,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (R1K) arasında değişim gösterdiği Tablo 3.3'te görülmektedir.

Tablo 3.3. Restoranların kış mevsimi iç ve dış ortam ortalama UOB ölçüm sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

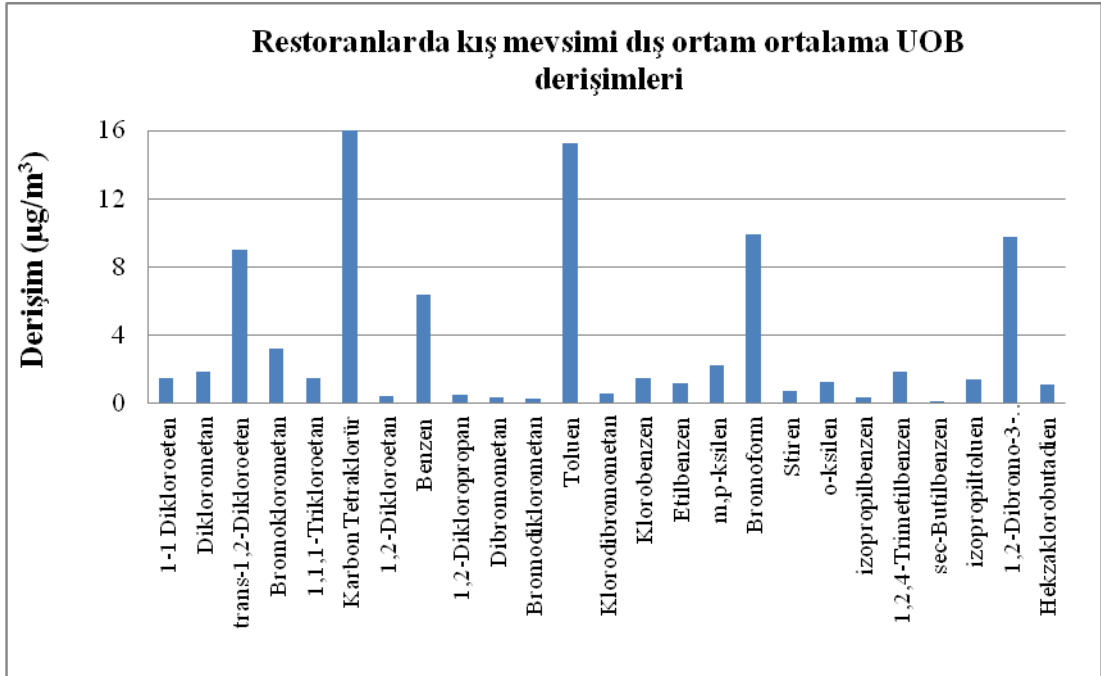
UOB ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	İç Ortam						Dış Ortam					
	R1K	R2K	R3K	R4S	R5S	R6S	R1K	R2K	R3K	R4S	R5S	R6S
1-1 Dikloroeten	4,68	3,63	5,90	7,00	4,11	2,33	1,88	0,79	1,51	2,05	1,39	1,48
Diklorometan	3,91	8,04	8,64	5,02	5,50	5,63	1,86	0,84	2,12	0,63	3,49	2,05
trans-1,2-Dikloroeten	14,80	5,61	2,05	12,60	6,46	9,00	19,15	4,19	1,31	12,19	8,88	8,18
Bromoklorometan	15,34	20,26	24,80	13,17	3,01	9,88	5,10	2,93	3,39	0,36	3,87	3,53
1,1,1-Trikloroetan	5,23	1,62	4,14	7,81	8,06	2,85	4,52	0,57	0,55	0,72	1,55	0,91
Karbon Tetraklorür	30,51	18,40	3,11	10,33	4,42	4,26	43,59	62,73	5,56	5,54	1,90	0,89
1,2-Dikloroetan	1,96	1,56	0,70	2,42	2,37	2,09	1,02	0,35	0,20	0,21	0,51	0,20
Benzen	10,94	40,23	9,12	8,67	12,32	21,87	7,31	3,95	7,38	5,66	10,90	3,11
1,2-Dikloropropan	1,33	3,43	1,71	1,24	1,23	2,19	0,46	0,22	0,52	bla	0,77	0,51
Dibromometan	1,66	0,92	2,32	0,95	0,16	0,49	0,54	0,10	0,19	bla	0,42	0,54
Bromodiklorometan	0,71	0,61	3,42	1,56	0,72	0,88	0,38	0,08	0,16	0,15	0,46	0,24
Toluen	25,93	14,71	11,69	6,98	10,24	23,90	14,63	4,94	8,60	4,93	20,72	37,72
Klorodibromometan	0,89	0,84	1,40	1,27	0,72	0,85	1,08	0,23	0,51	0,14	0,79	0,54
Klorobenzen	1,49	1,95	1,80	3,05	2,18	1,57	1,64	1,10	2,09	0,56	2,18	1,17
Etilbenzen	3,19	4,01	0,85	5,10	1,32	2,23	2,42	0,73	1,10	0,48	1,30	0,87
m,p-Ksilen	5,41	2,64	1,94	1,36	2,30	3,55	4,07	1,11	2,07	1,05	2,65	2,32
Bromoform	37,11	54,23	14,76	10,12	8,21	20,54	12,63	10,14	8,72	5,37	10,86	11,69
Stiren	2,34	1,65	0,27	0,24	1,14	0,96	1,41	bla	0,25	bla	1,01	0,16
o-Ksilen	2,92	2,38	1,14	0,72	1,30	2,22	2,39	0,62	1,16	0,66	1,62	1,15
İzopropilbenzen	1,91	0,67	1,32	1,74	1,55	2,28	0,20	bla	0,43	0,23	0,60	0,15
1,2,4-Trimetilbenzen	11,07	15,32	2,07	8,32	2,26	3,06	4,58	1,79	1,70	0,80	1,56	0,61
sec-Butilbenzen	0,60	0,12	0,67	1,22	0,98	0,55	0,15	bla	0,07	bla	0,08	bla
İzopropiltoluen	30,64	6,83	44,43	58,20	44,28	46,03	3,69	0,17	0,39	0,09	1,04	2,84
1,2-Dibromo-3-kloropropan	12,89	27,20	19,68	27,26	7,83	49,96	3,13	18,43	5,83	8,75	4,96	17,44
Hekzaklorobutadien	1,43	2,73	0,93	0,64	0,99	1,93	0,71	bla	0,50	0,72	2,57	1,09
Σ 25 UOB	228,9	239,6	168,9	197,0	133,7	221,1	138,5	116,0	56,3	51,3	86,1	99,4

bla: belirleme limitinin altında

Kış mevsiminde örneklenen 6 restoranın iç ve dış ortamlarında yapılan aktif örnekleme sonucu elde edilen ortalama UOB düzeyleri Şekil 3.1’de verilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 3.1. Restoranlarda kış mevsimi, a) iç ortam ortalama UOB derişimleri b) dış ortam ortalama UOB derişimleri

3.1.2.2. Kuru temizlemecilere ait ölçüm sonuçları

Çalışma kapsamında Kocaeli ve Sakarya illerinde kış mevsiminde örneklenen kuru temizlemecilerin iç ve dış ortamlarında eş zamanlı yapılan UOB örnekleme sonuçlarının ortalama değerleri Tablo 3.4'te verilmektedir. Belirlenen örnekleme noktalarında kış mevsiminde yapılan UOB ölçümlerinde 25 UOB tespit edilmiştir. Tablo 3.4'te örnekleme noktaları, Kocaeli'de bulunan restoranlar için R1K, R2K, R3K; Sakarya'da bulunan restoranlar için R4S, R5S, R6S kısaltmaları ile gösterilmiştir.

Toluen kuru temizlemecilerin iç ortamlarında tespit edilen UOB kirlilik düzeylerine en çok katkıda bulunan bileşik olurken onu Bromoform, 1,2-Dibromo-3-kloropropan, Bromoklorometan, İzopropiltoluen, 1,2,4-Trimetilbenzen ve Karbon Tetraklorür bileşikleri takip etmektedir. Kuru temizlemecilerin iç ortamlarına ait tüm veri seti göz önüne alındığında incelenen 25 UOB'in toplam derişimlerinin $40,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (K6S) ile $1135 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (K1K) arasında değişim gösterdiği Tablo 3.4'te görölmektedir. Ölçümü yapılan kuru temizlemecilerde UOB derişimleri önemli farklılıklar göstermektedir.

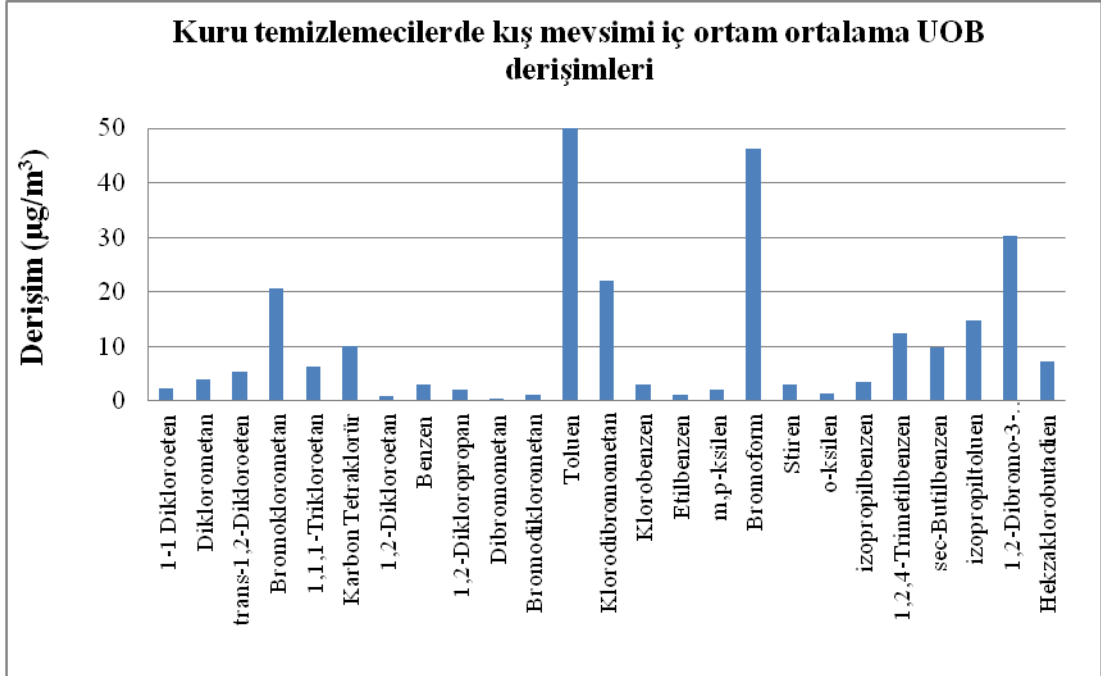
Karbon Tetraklorür kuru temizlemecilerin dış ortamlarında tespit edilen UOB kirlilik düzeylerine en çok katkıda bulunan bileşik olurken onu Toluen, 1,2-Dibromo-3-kloropropan, Bromoform, trans-1,2-Dikloroeten ve Bromoklorometan bileşikleri takip etmektedir. Kuru temizlemecilerin dış ortamlarına ait tüm veri seti göz önüne alındığında incelenen 25 UOB'in toplam derişimlerinin $17,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (K6S) ile $127,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (K2K) arasında değişim gösterdiği Tablo 3.4'te görölmektedir.

Tablo 3.4. Kuru temizlemecilerin kış mevsimi iç ve dış ortam ortalama UOB ölçüm sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

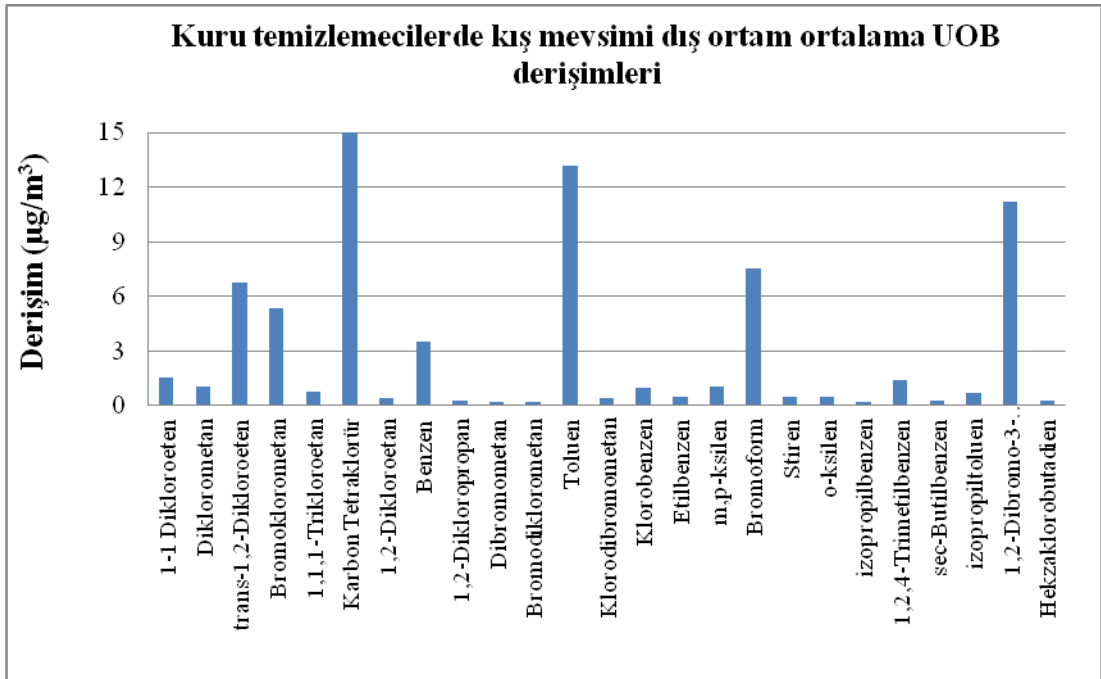
UOB ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	İç Ortam						Dış Ortam					
	K1K	K2K	K3K	K4S	K5S	K6S	K1K	K2K	K3K	K4S	K5S	K6S
1-1 Dikloroeten	bla	1,10	0,38	5,36	bla	bla	bla	bla	1,53	bla	bla	bla
Diklorometan	bla	4,73	bla	bla	3,24	bla	0,42	0,75	0,76	0,36	3,03	bla
trans-1,2-Dikloroeten	3,37	11,03	2,63	bla	4,14	bla	3,71	6,17	8,17	12,46	3,08	bla
Bromoklorometan	4,39	95,57	10,79	9,23	3,33	0,83	3,36	20,54	2,66	3,75	1,36	0,32
1,1,1-Trikloroetan	2,66	4,32	24,78	2,25	3,10	0,05	0,73	1,02	1,13	0,31	1,46	0,06
Karbon Tetraklorür	29,21	7,01	6,92	2,56	4,59	bla	23,39	52,15	18,61	0,29	0,16	bla
1,2-Dikloroetan	0,23	0,52	0,00	0,92	2,67	bla	0,23	0,99	0,79	bla	0,07	0,04
Benzen	3,91	3,27	3,02	4,37	2,94	0,95	4,42	5,38	4,34	3,69	2,37	0,63
1,2-Dikloropropan	1,77	2,64	1,95	1,76	1,64	bla	0,60	0,42	0,19	0,17	0,07	0,07
Dibromometan	0,15	0,95	0,75	bla	0,35	0,30	0,15	0,14	0,34	0,21	0,08	bla
Bromodiklorometan	1,69	2,21	0,68	bla	0,15	0,35	0,25	0,15	0,37	0,13	0,07	0,09
Toluen	587,78	393,32	458,91	236,59	302,93	3,21	18,48	8,57	8,34	26,23	16,52	0,81
Klorodibromometan	86,74	1,29	6,63	16,79	17,23	3,00	0,65	0,36	0,40	0,76	0,20	0,13
Klorobenzen	bla	1,86	bla	7,66	0,98	1,07	0,90	0,98	2,35	0,88	0,47	0,10
Etilbenzen	1,80	0,98	0,75	1,68	0,73	bla	0,19	0,63	1,08	0,17	0,13	bla
m,p-Ksilen	2,97	1,25	1,45	2,61	2,20	bla	0,51	1,04	2,34	0,72	0,44	bla
Bromoform	209,08	13,32	19,47	13,61	12,24	9,09	7,17	9,12	9,01	7,73	6,46	5,59
Stiren	6,01	4,27	0,93	3,12	0,42	bla	0,12	1,03	0,18	bla	bla	bla
o-Ksilen	1,36	0,69	0,85	2,35	1,14	bla	0,08	0,44	1,35	0,29	0,11	bla
İzopropilbenzen	9,87	1,99	0,81	4,18	2,88	0,61	0,26	0,24	0,15	0,29	0,12	bla
1,2,4-Trimetilbenzen	40,75	6,82	4,43	3,99	18,12	0,06	1,23	2,42	2,67	0,13	0,32	bla
sec-Butilbenzen	39,50	1,54	0,64	0,93	6,74	bla	0,49	0,08	0,10	bla	bla	bla
İzopropiltoluen	24,08	28,09	16,74	10,42	8,66	0,25	bla	1,63	0,33	0,31	0,45	bla
1,2-Dibromo-3-kloropropan	76,28	10,67	10,51	29,74	34,62	20,08	8,42	12,63	11,04	5,32	19,59	10,09
Hekzaklorobutadien	1,21	7,21	2,80	1,12	30,15	0,34	0,32	0,22	bla	0,14	0,49	bla
Σ 25 UOB	1135	606,7	576,8	361,2	465,2	40,2	76,1	127,1	78,2	64,3	57,1	17,9

bla: belirleme limitinin altında

Kış mevsiminde örneklenen 6 kuru temizlemecinin iç ve dış ortamlarında yapılan aktif örnekleme sonucu elde edilen ortalama UOB düzeyleri Şekil 3.2’de verilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 3.2. Kuru temizlemecilerde kış mevsimi, a) iç ortam ortalama UOB derişimleri b) dış ortam ortalama UOB derişimleri

3.1.2.3. Fotokopicilere ait ölçüm sonuçları

Çalışma kapsamında Kocaeli ve Sakarya illerinde kış mevsiminde örneklenen fotokopicilerin iç ve dış ortamlarında eş zamanlı yapılan UOB örnekleme sonuçlarının ortalama değerleri Tablo 3.5'te verilmektedir. Belirlenen örnekleme noktalarında kış mevsiminde yapılan UOB ölçümlerinde 25 UOB tespit edilmiştir. Tablo 3.5'te örnekleme noktaları, Kocaeli'de bulunan fotokopiciler için F1K, F2K, F3K; Sakarya'da bulunan fotokopiciler için F4S, F5S, F6S kısaltmaları ile gösterilmiştir.

Bromoklorometan fotokopicilerin iç ortamlarında tespit edilen UOB kirlilik düzeylerine en çok katkıda bulunan bileşik olurken onu Bromoform, Toluen, 1,2-Dibromo-3-kloropropan ve Karbon Tetraklorür bileşikleri takip etmektedir. Fotokopicilerin iç ortamlarına ait tüm veri seti göz önüne alındığında incelenen 25 UOB'in toplam derişimlerinin $64,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (F1K) ile $135,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (F4S) arasında değişim gösterdiği Tablo 3.5'te görölmektedir.

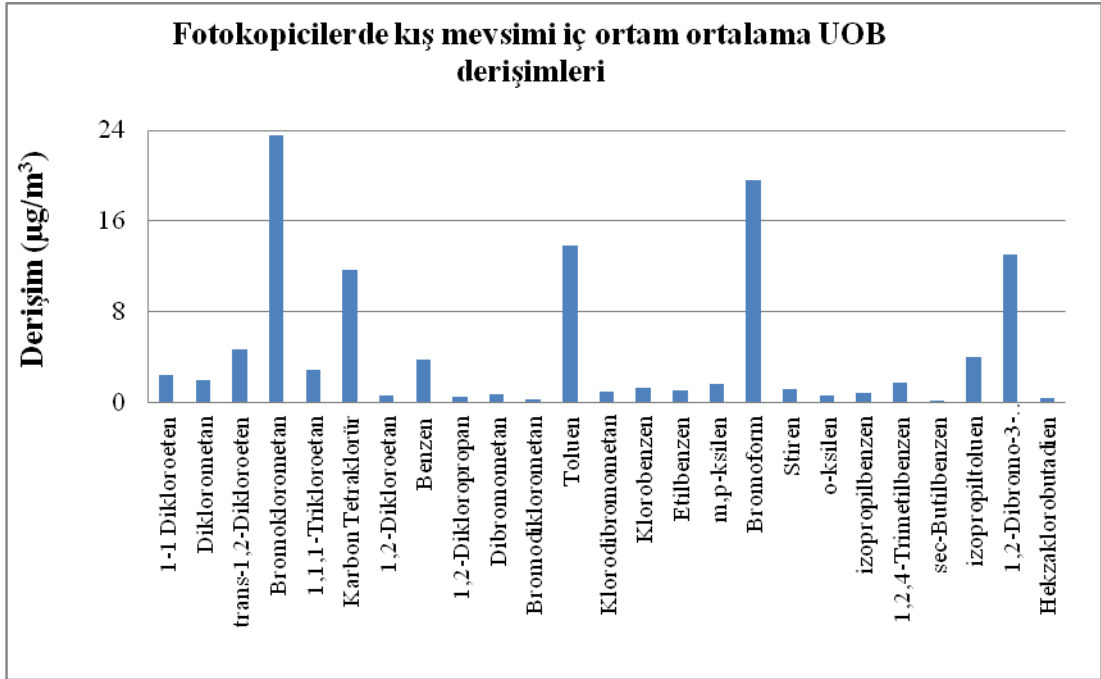
Toluen fotokopicilerin dış ortamlarında tespit edilen UOB kirlilik düzeylerine en çok katkıda bulunan bileşik olurken onu Bromoklorometan, Bromoform, 1,2-Dibromo-3-kloropropan ve Karbon Tetraklorür bileşikleri takip etmektedir. Fotokopicilerin dış ortamlarına ait tüm veri seti göz önüne alındığında incelenen 25 UOB'in toplam derişimlerinin $23,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (F2K) ile $142,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (F4S) arasında değişim gösterdiği Tablo 3.5'te görölmektedir.

Tablo 3.5. Fotokopicilerin kış mevsimi iç ve dış ortam ortalama UOB ölçüm sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

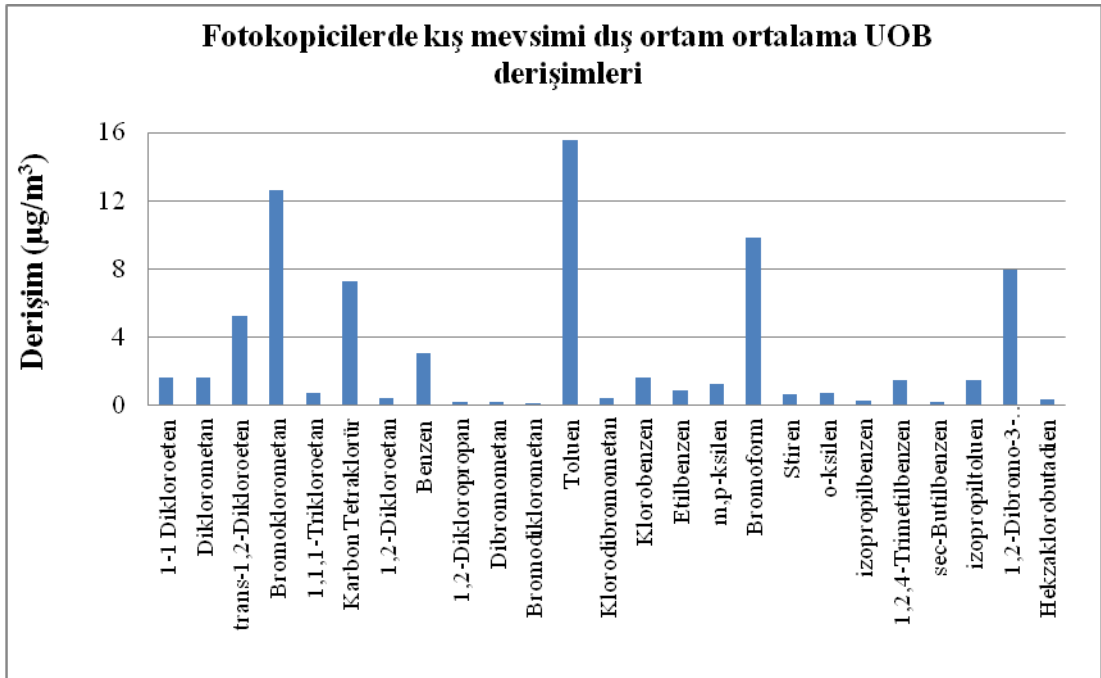
UOB ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	İç Ortam						Dış Ortam					
	F1K	F2K	F3K	F4S	F5S	F6S	F1K	F2K	F3K	F4S	F5S	F6S
1-1 Dikloroeten	0,26	3,60	3,43	2,05	2,44	3,08	0,69	0,36	0,42	2,72	4,45	1,27
Diklorometan	1,30	0,99	1,41	2,51	3,09	2,64	0,16	0,56	1,24	2,81	3,71	1,23
trans-1,2-Dikloroeten	2,10	0,51	7,35	4,70	9,98	3,37	2,89	0,21	7,97	7,53	10,86	2,21
Bromoklorometan	4,66	18,35	29,26	56,50	21,84	10,61	0,73	0,84	11,89	38,95	20,02	3,08
1,1,1-Trikloroetan	0,71	8,25	1,25	0,90	1,74	4,65	0,10	0,11	0,25	1,05	1,68	1,07
Karbon Tetraklorür	22,16	12,73	25,23	2,56	4,46	3,10	9,26	0,48	19,56	1,63	4,76	7,73
1,2-Dikloroetan	0,21	0,19	0,95	2,01	0,53	0,07	0,05	0,20	0,21	1,23	0,42	0,24
Benzen	1,51	0,82	4,78	5,92	7,40	2,06	1,05	1,91	3,60	3,78	6,34	1,82
1,2-Dikloropropan	bla	0,28	0,50	1,02	0,44	0,41	0,06	0,11	0,24	0,50	0,36	0,13
Dibromometan	0,11	0,09	2,03	1,41	0,50	0,33	0,05	0,02	0,06	0,51	0,44	0,05
Bromodiklorometan	bla	0,14	0,09	0,57	0,50	0,23	0,01	0,06	0,11	0,33	0,20	0,13
Toluen	3,36	12,04	8,48	15,35	27,07	16,86	0,93	10,25	6,73	34,35	36,25	4,70
Klorodibromometan	0,85	0,51	0,32	0,76	0,61	2,49	bla	0,12	0,28	0,51	0,49	0,79
Klorobenzen	0,75	2,23	2,08	0,04	2,46	0,46	5,99	0,50	0,72	1,37	0,56	0,62
Etilbenzen	0,74	0,44	2,81	0,76	1,35	0,18	bla	bla	0,89	1,03	1,38	0,10
m,p-Ksilen	3,34	0,51	1,79	1,24	2,46	0,48	0,03	0,34	1,89	2,25	2,72	0,31
Bromoform	5,66	41,21	5,19	7,55	21,04	37,12	5,11	3,51	6,88	12,65	17,45	13,33
Stiren	0,66	3,29	1,61	0,75	0,88	0,22	bla	bla	bla	0,63	0,71	bla
o-Ksilen	0,50	0,19	1,31	0,65	1,23	0,21	bla	0,07	1,22	1,15	1,34	0,02
İzopropilbenzen	0,10	1,12	1,04	0,40	0,70	1,83	bla	bla	0,04	0,33	0,36	0,30
1,2,4-Trimetilbenzen	1,79	1,51	2,49	1,01	2,12	1,66	bla	bla	1,88	1,24	2,05	0,85
sec-Butilbenzen	bla	bla	0,08	0,07	0,10	0,35	bla	bla	bla	0,34	0,09	0,14
İzopropiltoluen	2,26	10,41	4,05	3,36	1,54	2,23	bla	bla	1,01	3,49	1,19	0,13
1,2-Dibromo-3-kloropropan	10,55	9,07	10,36	22,98	0,58	24,79	7,33	3,57	4,18	21,81	5,23	5,65
Hekzaklorobutadien	1,00	0,03	0,54	0,13	0,72	0,21	bla	bla	0,13	0,30	0,71	bla
Σ 25 UOB	64,6	128,5	118,4	135,2	115,8	119,6	34,4	23,2	71,4	142,5	123,8	45,9

bla: belirleme limitinin altında

Kış mevsiminde örneklenen 6 fotokopinin iç ve dış ortamlarında yapılan aktif örnekleme sonucu elde edilen ortalama UOB düzeyleri Şekil 3.3'te verilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 3.3. Fotokopilerde kış mevsimi, a) iç ortam ortalama UOB derişimleri b) dış ortam ortalama UOB derişimleri

3.1.2.4. Boyacılara ait ölçüm sonuçları

Çalışma kapsamında Kocaeli ve Sakarya illerinde kış mevsiminde örneklenen boyacıların iç ve dış ortamlarında eş zamanlı yapılan UOB örnekleme sonuçlarının ortalama değerleri Tablo 3.6'da verilmektedir. Belirlenen örnekleme noktalarında kış mevsiminde yapılan UOB ölçümlerinde 25 UOB tespit edilmiştir. Tablo 3.6'da örnekleme noktaları, Kocaeli'de bulunan boyacılar için B1K, B2K, B3K; Sakarya'da bulunan boyacılar için B4S, B5S, B6S kısaltmaları ile gösterilmiştir.

Diklorometan boyacıların iç ortamlarında tespit edilen UOB kirlilik düzeylerine en çok katkıda bulunan bileşik olurken onu Klorobenzen, m,p-Ksilen, Bromoform, Etilbenzen, o-Ksilen ve Bromoklorometan bileşikleri takip etmektedir. Boyacıların iç ortamlarına ait tüm veri seti göz önüne alındığında incelenen 25 UOB'in toplam derişimlerinin $1205 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (B4S) ile $7115 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (B1K) arasında değişim gösterdiği Tablo 3.6'da görölmektedir. Ölçümü yapılan boyacılarda UOB derişimleri önemli farklılıklar göstermektedir.

Bromoklorometan boyacıların dış ortamlarında tespit edilen UOB kirlilik düzeylerine en çok katkıda bulunan bileşik olurken onu Klorobenzen, Toluen, Diklorometan, trans-1,2-Dikloroeten, 1,1,1-Trikloroetan ve Etilbenzen bileşikleri takip etmektedir. Boyacıların dış ortamlarına ait tüm veri seti göz önüne alındığında incelenen 25 UOB'in toplam derişimlerinin $834 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (B5S) ile $6842 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (B1K) arasında değişim gösterdiği Tablo 3.6'da görölmektedir.

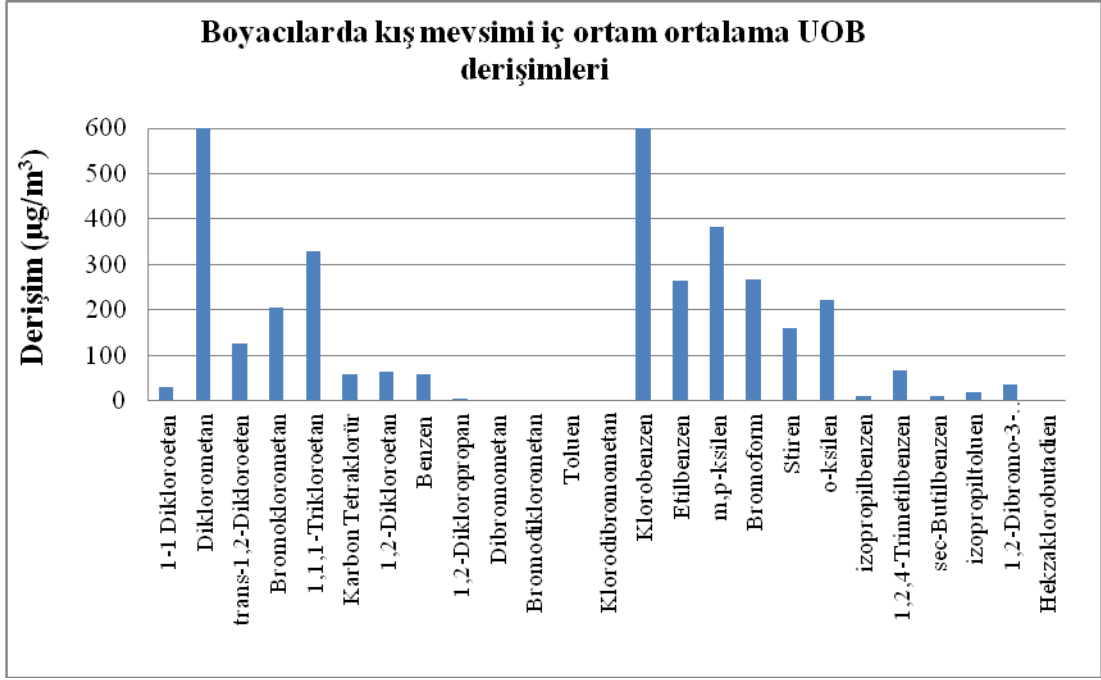
Boyacılardan elde edilen örneklerin analizleri incelendiğinde, kromatogram verisinde pik çakışmasının söz konusu olduğu bazı bileşiklerin kalibrasyon verimi iyi olmasına rağmen, örneklerdeki miktarları tespit edilememiştir. Özellikle boya örneklerinde Toluen çok yüksek değerlerde belirlenmiş fakat Klorodibromometan bileşiği ile girişim yaptığı için miktarları ayrı ayrı hesaplanamamıştır. Sözü edilen bileşikler Tablo 3.6'da “-“ şeklinde gösterilmiştir.

Tablo 3.6. Boyacıların kış mevsimi iç ve dış ortam ortalama UOB ölçüm sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

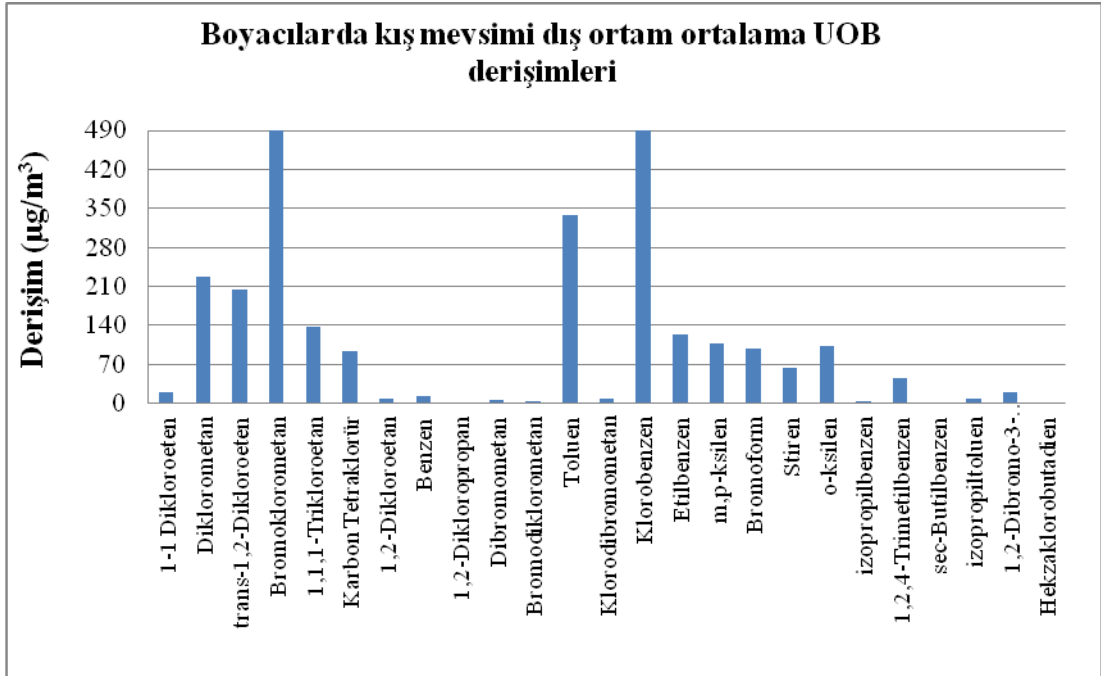
UOB ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	İç Ortam						Dış Ortam					
	B1K	B2K	B3K	B4S	B5S	B6S	B1K	B2K	B3K	B4S	B5S	B6S
1-1 Dikloroeten	50,85	39,39	6,98	2,24	8,02	75,21	69,33	5,04	14,41	16,74	8,86	9,78
Diklorometan	1503,17	2510,87	160,47	39,99	189,17	380,36	621,06	192,40	263,32	181,14	97,32	6,93
trans-1,2-Dikloroeten	363,65	47,50	bla	124,37	25,69	65,73	484,69	19,05	38,53	307,25	19,78	361,07
Bromoklorometan	192,58	195,17	bla	149,96	196,49	293,31	1988,86	37,45	1690,90	5,11	81,94	35,90
1,1,1-Trikloroetan	753,40	458,31	329,49	24,69	215,61	185,74	469,31	51,11	122,63	12,49	152,87	23,03
Karbon Tetraklorür	1,37	66,02	bla	79,31	65,62	78,76	222,37	30,56	162,67	16,39	105,44	28,70
1,2-Dikloroetan	26,07	bla	102,74	48,39	79,72	bla	0,72	bla	15,79	16,83	bla	4,03
Benzen	46,64	8,34	239,46	9,67	25,65	22,13	12,57	3,56	9,69	30,17	18,21	9,55
1,2-Dikloropropan	7,94	bla	bla	1,73	1,30	4,25	0,68	0,05	0,63	2,84	0,61	0,74
Dibromometan	5,73	1,70	0,27	1,33	1,24	3,83	31,51	0,55	2,65	4,31	0,71	2,28
Bromodiklorometan	3,87	0,29	0,00	1,37	0,74	1,99	5,67	0,42	7,05	2,54	1,53	1,24
Toluen	-	-	-	-	-	-	-	463,23	-	214,81	-	-
Klorodibromometan	-	-	-	-	-	-	-	5,08	-	8,67	9,37	8,48
Klorobenzen	1496,24	505,70	-	bla	7,02	bla	1778,90	5,36	902,02	10,38	bla	1,79
Etilbenzen	546,34	363,11	256,07	99,67	52,21	-	245,87	19,99	387,81	22,23	30,92	39,27
m,p-Ksilen	713,61	525,76	-	178,40	112,53	-	319,54	36,13	-	40,58	68,92	73,84
Bromoform	370,64	215,30	364,66	57,55	326,07	-	252,56	52,55	104,06	33,52	119,29	21,22
Stiren	306,56	123,74	180,05	253,89	41,73	58,79	96,75	21,07	55,13	32,37	20,58	153,24
o-Ksilen	430,81	334,47	131,82	84,95	64,57	282,90	152,53	20,16	330,77	25,47	41,11	43,98
İzopropilbenzen	28,90	4,75	-	0,74	9,44	-	8,22	1,10	-	0,46	4,11	0,87
1,2,4-Trimetilbenzen	177,20	45,27	-	26,23	51,13	31,72	35,04	5,64	176,76	17,88	25,69	9,23
sec-Butilbenzen	40,27	0,65	10,51	1,16	0,65	17,22	1,17	0,04	1,05	0,29	0,32	0,66
İzopropiltoluen	18,68	0,92	76,01	1,44	6,53	6,85	25,93	0,54	18,70	0,00	3,39	0,10
1,2-Dibromo-3-kloropropan	28,58	24,24	79,05	16,55	40,63	24,72	17,71	10,56	41,17	14,93	22,85	12,85
Hekzaklorobutadien	2,23	0,21	1,72	1,68	1,09	0,65	0,99	bla	1,05	0,37	0,39	0,03
Σ 25 UOB	7115	5472	1939	1205	1523	1534	6842	982	4347	1018	834	849

bla: belirleme limitinin altında, -: hesaplanmadı

Kış mevsiminde örneklenen 6 oto boyacının iç ve dış ortamlarında yapılan aktif örnekleme sonucu elde edilen ortalama UOB düzeyleri Şekil 3.4’te verilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 3.4. Boyacılarda kış mevsimi, a) iç ortam ortalama UOB derişimleri b) dış ortam ortalama UOB derişimleri

3.1.3. Kış mevsimi sıcaklık, nem, CO ve CO₂ ölçüm sonuçları

Karbon monoksit, CO₂, sıcaklık ve bağıl nem seviyeleri, anlık ölçüme olanak veren otomatik cihazlar ile örnekleme noktalarının iç ve dış ortamlarında eş zamanlı olarak ölçülmüştür. Sıcaklık ve nem seviyeleri iç ortamda bulunan insanların konforunu yakından ilgilendirmektedir. ASHRAE (2002) iç ortamlar için en uygun sıcaklığın 20 – 23 °C ve bağıl nem oranının ise % 30 – % 60 arasında olması gerektiğini bildirmektedir. İç ortam konfor parametresi olan nem miktarları ile ortam havalandırmasını gösteren CO ve CO₂ değerleri ölçüm sonuçlarına göre normal seviyelerde bulunmuştur. Havalandırmanın yetersiz olduğu işletmeler (özellikle boya atölyeleri) kapı ve pencereleri açarak havalandırmayı sağladıklarından iç ve dış ortam sıcaklıkları düşük ve birbirine yakın bulunmuştur.

Karbon dioksit seviyesi, havalandırmanın yeterli olup olmadığını gösteren önemli bir indikatördür (Heudorf ve diğ., 2009). Karbon dioksit seviyelerinin binalarda nasıl olması gerektiğine yönelik olarak, dış ortam CO₂ seviyesinin iç ortam seviyesinin yaklaşık 460 ppm üstünde olmasının % 15 memnuniyetsizliğe; dış ortam CO₂ seviyesinin iç ortam seviyesinin yaklaşık 660 ppm üstünde olmasının % 20 memnuniyetsizliğe; ve dış ortam CO₂ seviyesinin iç ortam seviyesinin yaklaşık 11190 ppm üstünde olmasının % 30 memnuniyetsizliğe neden olduğu belirtilmektedir (Olesen 2004). Bu bilgiler ışığında çalışmamızda iç ortam CO₂ düzeylerinin dış ortam CO₂ düzeylerinden çok yüksek olmaması, bu çalışma kapsamında incelenen iç ortamlara ilişkin memnuniyetsizliğin söz konusu olmadığını düşündürmektedir. Bunun yanında, iç ortam CO₂ derişiminin dış ortamdaki daha yüksek olması havalandırmanın yetersiz olduğunu göstermektedir.

Kış mevsiminde Kocaeli ve Sakarya’da farklı mikro çevrelerin iç ve dış ortamlarında eş zamanlı olarak belirlenen sıcaklık, nem, CO ve CO₂ ölçümlerine ilişkin sonuçlar Tablo 3.7’de verilmektedir. Bu çalışmada iç ortam CO₂ derişimlerinin, çalışma ortamlarında CO₂ için verilen sınır değeri olan 5000 ppm’in altında olduğu görülmektedir (MDPH, 2005).

Tablo 3.7. Kış mevsiminde örneklenen mikro çevrelerin iç ve dış ortamlarında belirlenen ortalama sıcaklık, nispi nem, karbon monoksit ve karbon dioksit düzeyleri

Karakteristikler	Kocaeli Ort. ± SS	Sakarya Ort. ± SS
Termal Konfor Parametreleri		
İç ortam sıcaklığı (°C)	16,5 ± 3,5	14 ± 4,5
Dış ortam sıcaklığı (°C)	12 ± 5,5	14 ± 5,5
İç ortam nispi nemi (%)	50,5 ± 7,5	51 ± 11,5
Dış ortam nispi nemi (%)	57,5 ± 13,5	54,5 ± 14,5
İnorganik Gaz Kirletici Düzeyleri (ppm)		
İç ortam Karbon monoksit (CO)	1,71 ± 1,70	2,29 ± 2,26
Dış ortam Karbon monoksit (CO)	1,56 ± 0,83	1,48 ± 0,81
İç ortam Karbondioksit (CO ₂)	527 ± 94	552 ± 139
Dış ortam Karbondioksit (CO ₂)	428 ± 31	421 ± 26

Tablo 3.7 incelendiğinde, örneklemlerin yapıldığı kış döneminde Kocaeli için dış ortam sıcaklıkları, 2 °C - 20 °C iken iç ortam sıcaklıkları, 13 °C - 22 °C aralığında; Sakarya için dış ortam sıcaklıkları, 4 °C - 25 °C iken iç ortam sıcaklıkları, 9 °C - 23 °C aralığında değiştiği görülmektedir. Her iki il için, hem iç hem de dış ortamlarda ölçülen nispi nem değerleri birbirine yakın ve normal sınırlarda bulunmuştur.

Örneklenen iç ve dış ortamlarda CO değerler, düşük ortalama değerlere sahip bulunmuştur. İç ortam CO₂ değerlerinin yüksek olması, restoranlarda kömür yanmasıyla diğer ortamlarda da havalandırmanın yetersiz olmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Genel olarak incelendiğinde CO ve CO₂ için iç ortam değerleri dış ortam değerlerinden yüksektir.

3.2. Yaz Örneklemeesi

3.2.1. Meteorolojik şartlar

Yaz örneklemeesi 16 Mayıs 2011 - 6 Temmuz 2011 tarihleri arasında Kocaeli ve Sakarya illerinde yapılmıştır. Bu tarihlere ait meteorolojik veriler Kocaeli ve Sakarya meteoroloji istasyonlarından elde edilmiştir. Ölçüm günlerine ait değerler, Kocaeli için Tablo 3.8'de; Sakarya için Tablo 3.9' da görülmektedir

Meteoroloji istasyonundan elde edilen verilere göre ölçüm günlerinde sıcaklık değerleri, Kocaeli'nde 13 °C – 34,6 °C; Sakarya'da 14,1 °C – 31,7 °C arasında değişiklik göstermiştir. Rüzgar hızı, Kocaeli'nde en düşük 0,1 m/s, en yüksek 5,9 m/s; Sakarya'da en düşük 0,1 m/s, en yüksek 5,0 m/s olarak tespit edilmiştir.

Kocaeli'nde yapılan ölçümler boyunca 1 gün yağış görülürken Sakarya'da yapılan ölçümler boyunca 4 gün yağış görülmüştür. Yağışlı günlerde toplam yağış miktarı, Kocaeli'nde 8,4 mm, Sakarya'da en düşük 0,6 mm en yüksek 26 mm olarak kayıt edilmiştir. Yağışlar yağmur şeklinde olmuştur.

Günlük ortalama nispi bağıl nem miktarı, Kocaeli'nde % 43,27 ile % 79,51; Sakarya'da % 40,97 ile % 74,45 arasında değişmiştir.

Tablo 3.8. Kocaeli için yaz mevsimi ölçüm günlerindeki sıcaklık (°C), nem (%), yağış miktarı (mm) ve rüzgar hızı (m/s) değerleri

KOCAELİ								
TARİH	SICAKLIK (°C)			NEM (%)	TOP. YAĞIŞ (mm)	RÜZGAR HIZI (m/s)		
	En düşük	En yüksek	Ort. Hız			En düşük Hız/ Yön	En yüksek Hız/ Yön	Ort. Hız
16.05.2011	13	28,4	20,87	43,27	-	0,4 /KB	4,8 /BKB	1,40
17.05.2011	12,5	28,7	20,28	52,69	-	0,5 /DKD	4,7 /DGD	1,77
18.05.2011	12,4	20,3	15,58	78,36	-	0,6 /BSB	4,5 /BKB	1,60
23.05.2011	14	25,5	19,43	66,54	-	0,6 /KKD	4,8 /D	1,62
24.05.2011	13,5	25,7	19,67	69,37	-	0,8 /GB	2,6 /D	1,75
25.05.2011	14,9	27,2	20,58	70,23	-	0,5 /KD	3,0 /SD	1,58
07.06.2011	17	27,6	21,65	64,74	-	0,4 /D	3,1 /D	1,52
08.06.2011	16,1	30,5	23,14	62,39	-	0,1 /G	2,6 /G	1,12
09.06.2011	19,8	34,6	27,05	53,33	-	0,1 /KD	5,9 /BKB	2,08
13.06.2011	17,3	25,7	21,03	75,97	8,4	0,1 /BGB	2,5 /BGB	1,08
14.06.2011	16,9	24,7	20,18	79,51	-	0,1 /KKB	1,5 /BKD	0,93

K:Kuzey; G:Güney; D:Doğu; B:Batı

Tablo 3.9. Sakarya için yaz mevsimi ölçüm günlerindeki sıcaklık (°C), nem (%), yağış miktarı (mm) ve rüzgar hızı (m/s) değerleri

SAKARYA								
TARİH	SICAKLIK (°C)			NEM (%)	TOP. YAĞIŞ (mm)	RÜZGAR HIZI (m/s)		
	En düşük	En yüksek	Ort. Hız			En düşük Hız/ Yön	En yüksek Hız/ Yön	Ort. Hız
16.06.2011	18,6	23,9	20,58	74,45	2	0,4 /K	2,7 /K	1,17
18.06.2011	18,5	27,5	22,77	59,97	-	0,4 /B	4,7 /K	1,62
21.06.2011	19,4	28	24,00	48,08	-	0,8 /KKB	4,7 /K	2,30
22.06.2011	15,9	28	22,53	40,97	-	0,4 /KKD	5,0 /KKD	2,08
25.06.2011	19,6	29,5	24,16	49,60	-	0,6 /DGD	4,6 /DKD	2,08
28.06.2011	14,1	26,6	20,56	55,14	2,3	0,1 /BGB	3,5 /GGB	1,55
01.07.2011	17,3	31,7	24,83	60,02	-	0,1 /KB	2,9 /KKD	1,48
02.07.2011	18,3	26,3	22,02	70,10	26	0,1 /KD	3,2 /K	1,42
05.07.2011	15,2	29,9	23,22	60,95	0,6	0,3 /B	2,7 /KD	1,27

K:Kuzey; G:Güney; D:Doğu; B:Batı

3.2.2. Yaz mevsimi ölçüm sonuçları

Kocaeli ve Sakarya genelinde toplam 6 restoran, 6 kuru temizlemeci, 6 fotokopici ve 6 oto boyacıyı kapsayacak şekilde seçilen 24 noktada yaz mevsimini temsilen aktif örnekleme tekniği kullanılarak toplanan uçucu organik bileşik örnekleri, TD/GC-FID analiz tekniği kullanılarak analiz edilmiştir.

3.2.2.1. Restoranlara ait ölçüm sonuçları

Çalışma kapsamında Kocaeli ve Sakarya illerinde yaz mevsiminde örneklenen restoranların iç ve dış ortamlarında eş zamanlı yapılan UOB örnekleme sonuçlarına ait analiz sonuçlarının ortalama değerleri Tablo 3.10'da verilmektedir. Belirlenen örnekleme noktalarında yaz mevsiminde yapılan UOB ölçümlerinde 25 UOB tespit edilmiştir. Tablo 3.10'da örnekleme noktaları, Kocaeli'de bulunan restoranlar için R1K, R2K, R3K; Sakarya'da bulunan restoranlar için R4S, R5S, R6S kısaltmaları ile gösterilmiştir.

Bromoform restoranların iç ortamlarında tespit edilen UOB kirlilik düzeylerine en çok katkıda bulunan bileşik olurken onu 1,2-Dibromo-3-kloropropan, İzopropiltoluen, Toluen, trans-1,2-Dikloroeten, ve Bromoklorometan bileşikler takip etmektedir. Restoran iç ortamlarına ait tüm veri seti göz önüne alındığında incelenen 25 UOB'in toplam derişimlerinin $125,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (R4S) ile $390,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (R6S) arasında değişim gösterdiği Tablo 3.10'da görölmektedir.

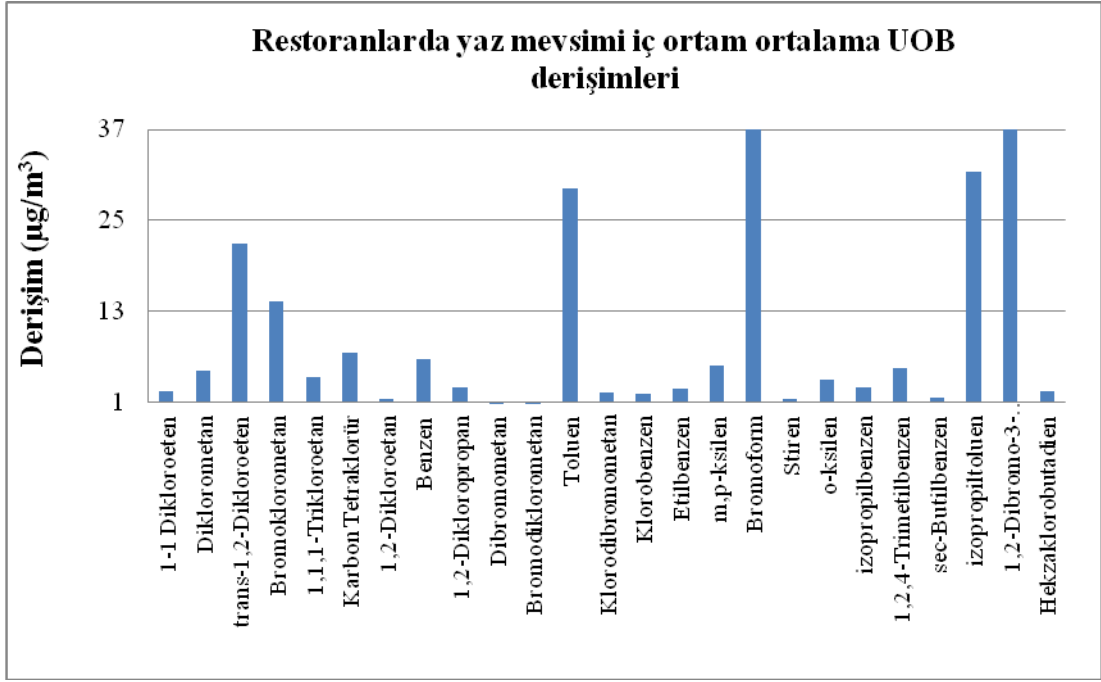
Trans-1,2-Dikloroeten restoranların dış ortamlarında tespit edilen UOB kirlilik düzeylerine en çok katkıda bulunan bileşik olurken onu Bromoform, 1,2-Dibromo-3-kloropropan, Toluen, Bromoklorometan ve İzopropiltoluen bileşikler takip etmektedir. Restoran dış ortamlarına ait tüm veri seti göz önüne alındığında incelenen 25 UOB'in toplam derişimlerinin $63,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (R3K) ile $283,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (R2K) arasında değişim gösterdiği Tablo 3.10'da görölmektedir.

Tablo 3.10. Restoranların yaz mevsimi iç ve dış ortam ortalama UOB ölçüm sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

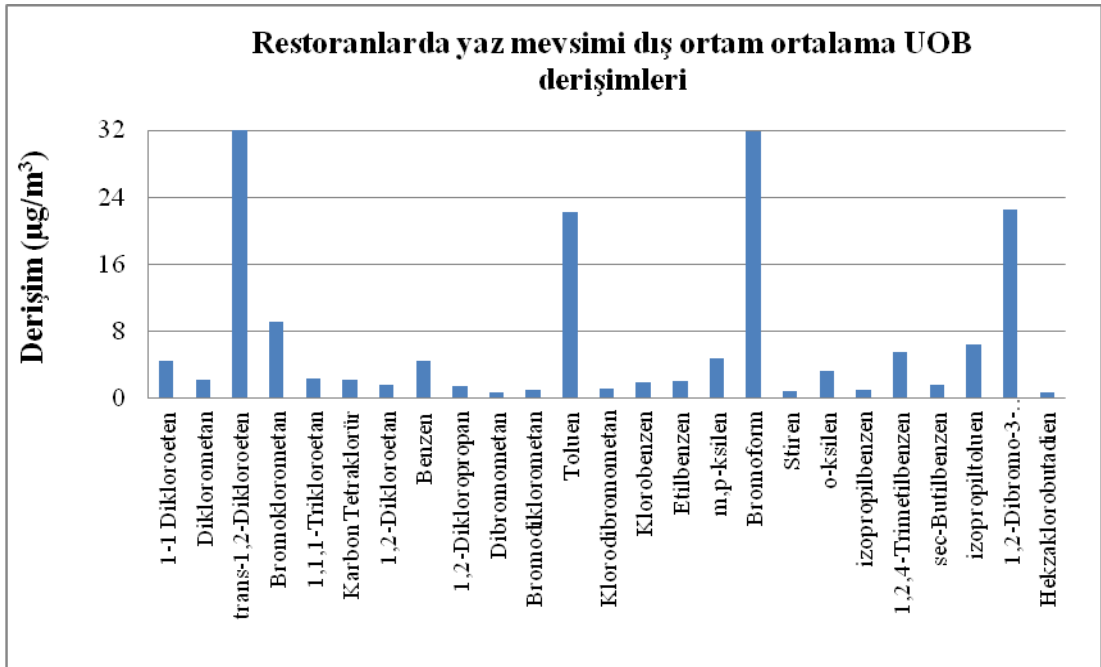
UOB ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	İç Ortam						Dış Ortam					
	R1K	R2K	R3K	R4S	R5S	R6S	R1K	R2K	R3K	R4S	R5S	R6S
1-1 Dikloroeten	bla	3,38	2,82	2,75	bla	0,83	bla	8,94	1,11	7,58	bla	0,20
Diklorometan	6,09	4,96	9,04	3,74	1,55	6,16	bla	1,98	2,43	2,55	bla	2,07
trans-1,2-Dikloroeten	38,79	41,78	7,19	9,78	6,31	27,35	46,42	97,13	4,61	28,38	6,67	26,32
Bromoklorometan	15,94	3,90	19,08	4,48	17,16	25,29	6,99	7,75	3,65	6,72	5,77	24,30
1,1,1-Trikloroetan	3,88	10,59	1,89	2,07	2,51	5,29	2,44	4,84	0,75	2,30	1,36	2,88
Karbon Tetraklorür	6,69	6,73	9,63	4,22	13,11	4,69	2,72	2,59	1,27	2,47	1,43	2,48
1,2-Dikloroetan	1,99	2,36	1,17	0,55	1,73	0,49	1,55	4,80	bla	0,19	0,82	0,65
Benzen	9,85	8,66	3,40	4,60	6,64	7,52	3,17	6,67	2,22	6,44	3,47	4,54
1,2-Dikloropropan	2,93	2,87	1,06	0,36	2,57	8,10	1,79	1,86	0,11	bla	1,29	2,47
Dibromometan	0,57	0,64	0,84	0,49	0,46	2,10	0,71	1,55	0,13	0,38	0,50	0,69
Bromodiklorometan	0,77	0,87	0,82	0,57	0,12	1,90	0,40	3,33	0,16	0,16	bla	0,73
Toluen	13,34	23,27	24,80	23,01	14,14	76,35	17,50	24,36	8,94	18,72	16,44	47,01
Klorodibromometan	0,75	1,15	0,81	0,20	0,64	10,45	0,31	4,36	0,13	0,07	0,63	1,34
Klorobenzen	1,94	1,43	1,66	0,87	1,31	5,16	2,50	1,75	0,66	1,39	2,16	3,17
Etilbenzen	3,32	7,04	1,15	1,20	0,24	3,89	1,87	6,57	0,23	1,20	0,08	2,43
m,p-Ksilen	5,51	16,31	2,74	2,38	1,81	6,54	4,25	14,92	0,61	2,88	1,56	4,39
Bromoform	65,46	60,70	16,85	13,54	52,21	73,46	16,73	33,23	10,48	13,02	27,51	89,82
Stiren	2,28	1,41	0,62	1,43	1,86	1,04	0,18	bla	0,62	0,66	0,06	2,55
o-Ksilen	3,96	13,01	1,67	1,29	0,36	3,57	2,99	12,06	0,26	1,43	0,23	2,14
İzopropilbenzen	2,13	2,34	2,99	1,02	4,34	5,15	0,51	0,88	0,36	0,68	0,23	3,19
1,2,4-Trimetilbenzen	8,13	8,96	3,69	1,48	0,90	9,52	4,59	19,34	0,51	1,65	0,99	6,24
sec-Butilbenzen	0,79	0,42	0,62	0,59	5,24	1,82	bla	0,15	0,01	0,14	7,62	0,38
İzopropiltoluen	38,33	47,09	27,43	18,83	12,52	44,39	17,07	0,99	5,19	1,39	2,71	10,89
1,2-Dibromo-3-kloropropan	36,97	36,51	30,58	25,30	36,69	58,15	17,72	22,49	18,72	25,16	19,26	32,20
Hekzaklorobutadien	5,74	6,23	0,81	0,24	0,24	1,28	0,67	0,65	bla	1,33	bla	0,38
Σ 25 UOB	276,2	312,6	173,4	125,0	184,7	390,5	153,1	283,2	63,2	126,9	100,8	273,5

bla: belirleme limitinin altında

Yaz mevsiminde örneklenen 6 restoranın iç ve dış ortamlarında yapılan aktif örnekleme sonucu elde edilen ortalama UOB düzeyleri Şekil 3.5’te verilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 3.5. Restoranlarda yaz mevsimi, a) iç ortam ortalama UOB derişimleri b) dış ortam ortalama UOB derişimleri

3.2.2.2. Kuru temizlemecilere ait ölçüm sonuçları

Çalışma kapsamında Kocaeli ve Sakarya illerinde yaz mevsiminde örneklenen kuru temizlemecilerin iç ve dış ortamlarında eş zamanlı yapılan UOB örnekleme sonuçlarına ait analiz sonuçlarının ortalama değerleri Tablo 3.11’de verilmektedir. Belirlenen örnekleme noktalarında yaz mevsiminde yapılan UOB ölçümlerinde 25 UOB tespit edilmiştir. Tablo 3.11’de örnekleme noktaları, Kocaeli’de bulunan kuru temizlemeciler için K1K, K2K, K3K; Sakarya’da bulunan kuru temizlemeciler için K4S, K5S, K6S kısaltmaları ile gösterilmiştir.

Toluen kuru temizlemecilerin iç ortamlarında tespit edilen UOB kirlilik düzeylerine en çok katkıda bulunan bileşik olurken onu Bromoform, 1,2-Dibromo-3-kloropropan, Klorodibromometan, Bromoklorometan, Diklorometan ve İzopropiltoluen bileşikleri takip etmektedir. Kuru temizlemecilerin iç ortamlarına ait tüm veri seti göz önüne alındığında incelenen 25 UOB’in toplam derişimlerinin $266,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (K5S) ile $810,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (K1K) arasında değişim gösterdiği Tablo 3.11’de görölmektedir. Ölçümü yapılan kuru temizlemecilerde UOB derişimleri önemli farklılıklar göstermektedir.

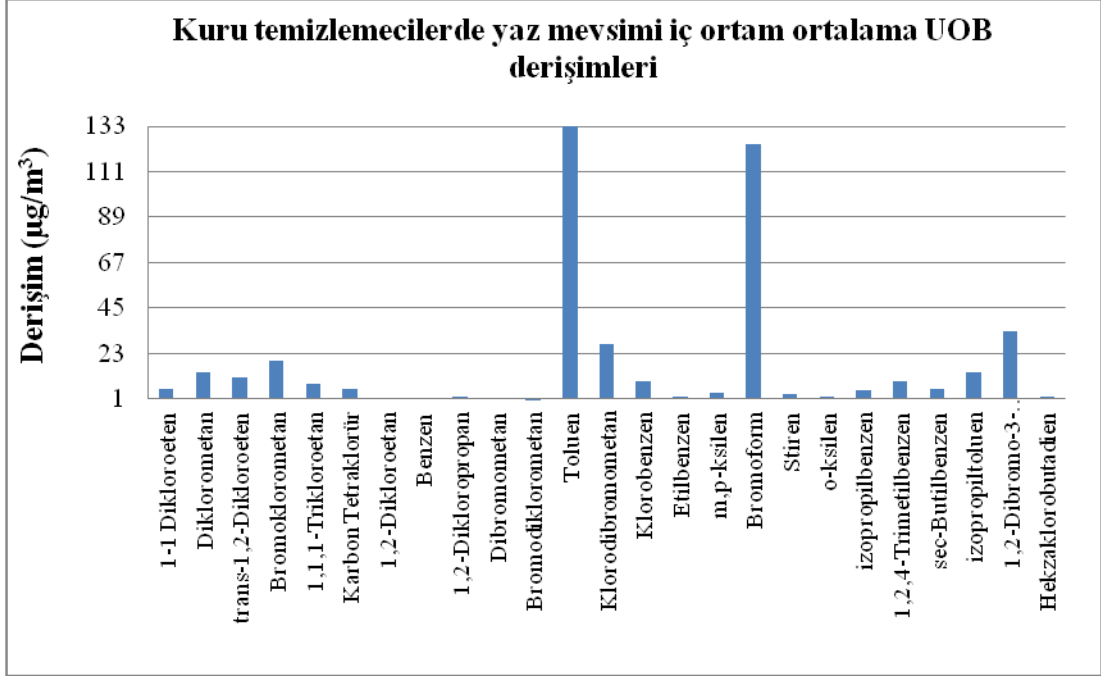
Toluen kuru temizlemecilerin dış ortamlarında tespit edilen UOB kirlilik düzeylerine en çok katkıda bulunan bileşik olurken onu trans-1,2-Dikloroeten, Diklorometan, Bromoform, 1,2-Dibromo-3-kloropropan, ve Bromoklorometan bileşikleri takip etmektedir. Kuru temizlemecilerin dış ortamlarına ait tüm veri seti göz önüne alındığında incelenen 25 UOB’in toplam derişimlerinin $56,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (K5S) ile $175,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (K1K) arasında değişim gösterdiği Tablo 3.11’de görölmektedir.

Tablo 3.11. Kuru temizlemecilerin yaz mevsimi iç ve dış ortam ortalama UOB ölçüm sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

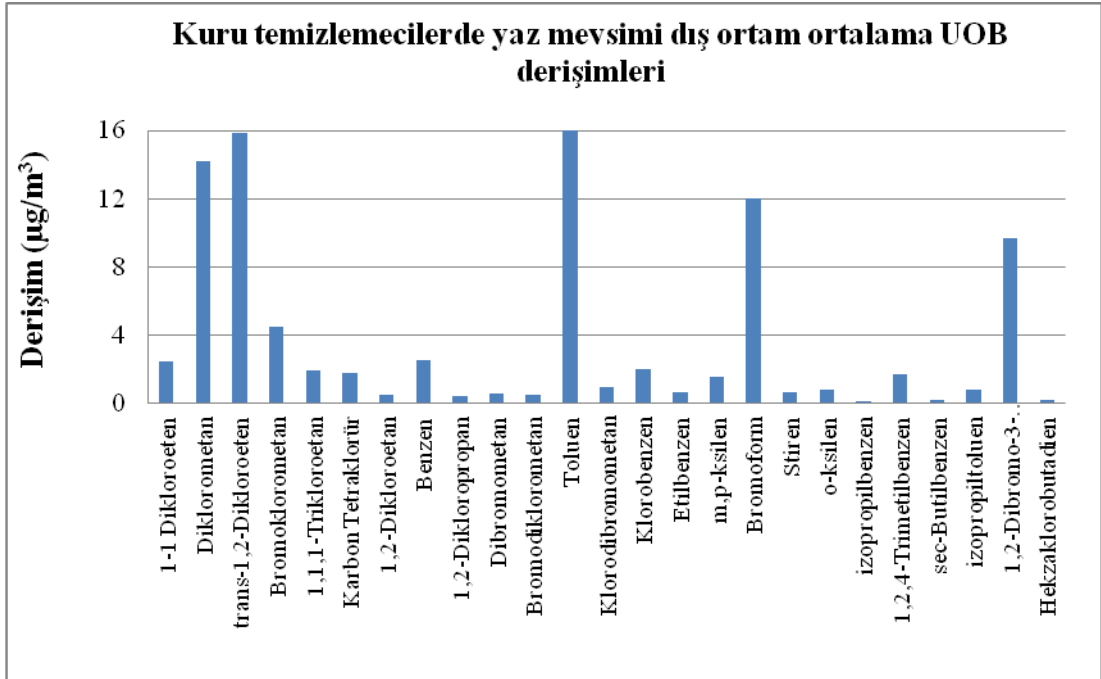
UOB ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	İç Ortam						Dış Ortam					
	K1K	K2K	K3K	K4S	K5S	K6S	K1K	K2K	K3K	K4S	K5S	K6S
1-1 Dikloroeten	bla	4,33	bla	6,06	7,65	bla	1,02	2,71	6,83	1,55	1,58	0,87
Diklorometan	bla	10,26	8,16	7,27	29,86	bla	3,03	36,47	39,89	1,28	1,05	3,34
trans-1,2-Dikloroeten	4,47	20,61	6,75	9,44	15,20	bla	2,48	33,66	33,67	9,44	3,85	12,17
Bromoklorometan	bla	67,24	1,61	3,49	5,36	bla	5,28	5,95	4,38	2,41	2,51	6,51
1,1,1-Trikloroetan	bla	8,47	19,17	3,23	1,95	bla	2,12	2,96	3,17	0,80	0,95	1,59
Karbon Tetraklorür	15,72	2,66	2,77	6,26	0,70	bla	4,50	1,58	2,14	0,95	0,85	0,48
1,2-Dikloroetan	bla	2,64	0,46	1,91	1,16	bla	0,25	0,07	0,86	0,02	0,48	1,52
Benzen	1,12	1,45	1,12	2,35	2,18	1,16	2,10	2,13	3,47	2,49	1,42	3,45
1,2-Dikloropropan	bla	1,97	3,80	1,81	1,20	bla	0,60	0,15	0,62	0,33	0,15	0,65
Dibromometan	2,36	1,85	0,77	1,07	0,56	bla	0,46	0,80	1,05	0,24	0,32	0,55
Bromodiklorometan	bla	1,74	0,28	0,57	0,11	bla	0,11	0,53	2,10	0,04	0,08	0,31
Toluen	-	276,67	247,19	398,07	92,77	15,09	116,18	9,32	22,86	19,45	15,83	23,45
Klorodibromometan	101,10	9,07	0,77	17,36	25,92	11,56	0,82	1,19	1,16	1,11	0,55	bla
Klorobenzen	27,19	6,22	3,62	6,06	2,92	bla	2,34	1,46	4,00	1,40	1,20	1,55
Etilbenzen	5,24	1,06	0,80	1,65	0,30	bla	0,16	bla	2,51	0,11	0,09	0,40
m,p-Ksilen	12,25	1,06	1,72	4,23	1,18	bla	1,29	0,60	5,48	0,84	0,58	0,46
Bromoform	461,83	15,14	8,95	17,30	16,07	225,70	22,06	7,04	14,29	10,84	8,26	9,47
Stiren	9,03	5,84	0,32	0,73	1,80	3,16	0,78	bla	bla	0,06	0,00	1,80
o-Ksilen	7,95	0,58	1,22	2,58	0,52	1,10	0,33	0,13	3,53	0,40	0,18	0,38
İzopropilbenzen	16,36	1,88	0,43	1,21	0,81	11,75	0,27	0,10	0,15	0,12	bla	bla
1,2,4-Trimetilbenzen	34,04	5,63	3,97	5,39	5,35	3,30	1,12	0,75	4,80	0,94	bla	0,90
sec-Butilbenzen	17,88	10,27	0,02	1,95	2,28	0,29	0,57	bla	bla	bla	0,02	0,10
İzopropiltoluen	25,73	34,25	3,01	13,15	3,80	3,06	1,85	0,10	0,32	0,13	2,04	0,46
1,2-Dibromo-3-kloropropan	67,39	24,42	17,41	30,53	47,08	13,57	5,30	6,90	13,91	10,41	14,60	6,97
Hekzaklorobutadien	1,14	7,39	0,64	1,00	0,08	0,73	bla	bla	0,17	bla	bla	0,21
Σ 25 UOB	810,8	522,7	335,0	544,7	266,8	290,5	175,0	114,6	171,4	65,4	56,6	77,6

bla: belirleme limitinin altında, -hesaplanmadı

Yaz mevsiminde örneklenen 6 kuru temizlecinin iç ve dış ortamlarında yapılan aktif örnekleme sonucu elde edilen ortalama UOB düzeyleri Şekil 3.6'da verilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 3.6. Kuru temizlecilerde yaz mevsimi, a) iç ortam ortalama UOB derişimleri b) dış ortam ortalama UOB derişimleri

3.2.2.3. Fotokopicilere ait ölçüm sonuçları

Çalışma kapsamında Kocaeli ve Sakarya illerinde yaz mevsiminde örneklenen fotokopicilerin iç ve dış ortamlarında eş zamanlı yapılan UOB örnekleme sonuçlarına ait analiz sonuçlarının ortalama değerleri Tablo 3.12’de verilmektedir. Belirlenen örnekleme noktalarında yaz mevsiminde yapılan UOB ölçümlerinde 25 UOB tespit edilmiştir. Tablo 3.12’de örnekleme noktaları Kocaeli’de bulunan fotokopiciler için F1K, F2K, F3K; Sakarya’da bulunan fotokopiciler için F4S, F5S, F6S kısaltmaları ile gösterilmiştir.

1,2-Dibromo-3-kloropropan fotokopicilerin iç ortamlarında tespit edilen UOB kirlilik düzeylerine en çok katkıda bulunan bileşik olurken onu Toluen, Bromoklorometan, Bromoform, Karbon Tetraklorür ve trans-1,2-Dikloroeten bileşikleri takip etmektedir. Fotokopicilerin iç ortamlarına ait tüm veri seti göz önüne alındığında incelenen 25 UOB’in toplam derişimlerinin $65,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (F3K) ile $179,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (F4S) arasında değişim gösterdiği Tablo 3.12’de görölmektedir. Ölçümü yapılan fotokopicilerde UOB derişimleri önemli farklılıklar göstermektedir.

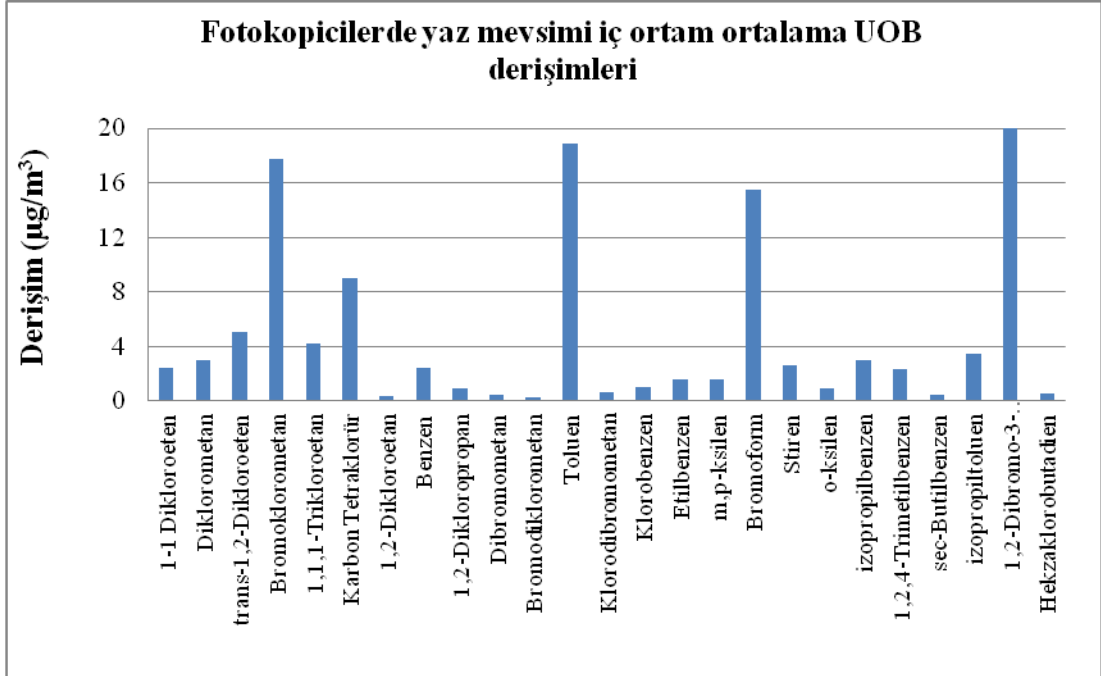
1,2-Dibromo-3-kloropropan fotokopicilerin dış ortamlarında tespit edilen UOB kirlilik düzeylerine en çok katkıda bulunan bileşik olurken onu Bromoform, Toluen, İzopropilbenzen ve trans-1,2-Dikloroeten bileşikleri takip etmektedir. Fotokopicilerin dış ortamlarına ait tüm veri seti göz önüne alındığında incelenen 25 UOB’in toplam derişimlerinin $8,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (F2K) ile $126,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (F6S) arasında değişim gösterdiği Tablo 3.12’de görölmektedir.

Tablo 3.12. Fotokopicilerin yaz mevsimi iç ve dış ortam ortalama UOB ölçüm sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

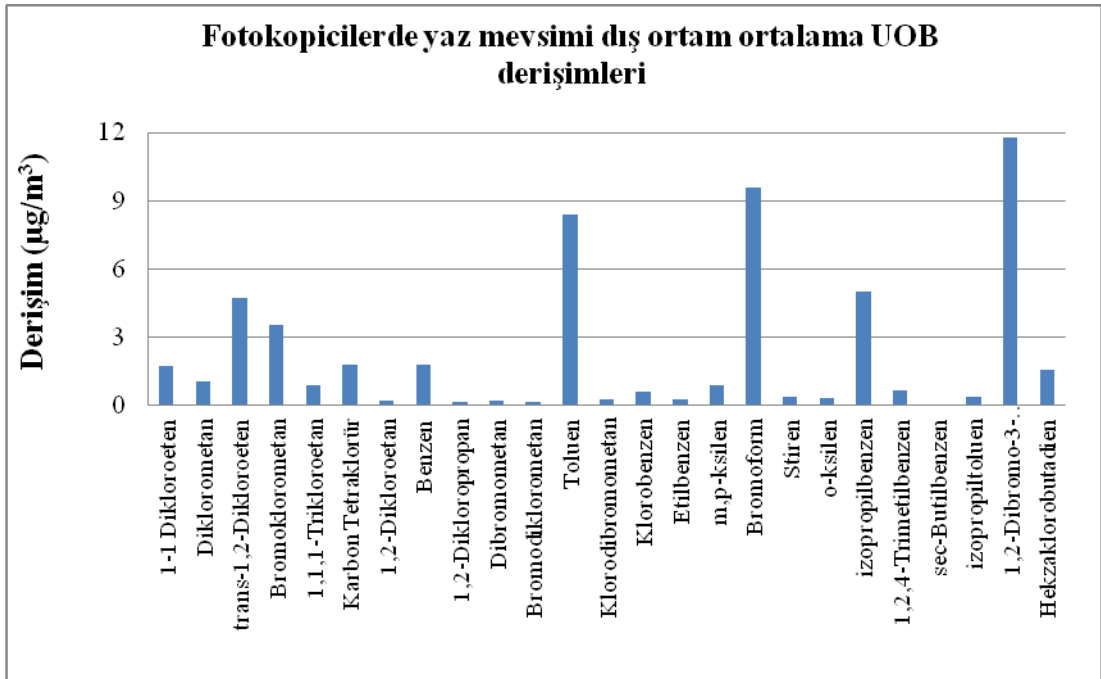
UOB ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	İç Ortam						Dış Ortam					
	F1K	F2K	F3K	F4S	F5S	F6S	F1K	F2K	F3K	F4S	F5S	F6S
1-1 Dikloroeten	1,19	1,93	0,75	2,75	2,51	5,44	2,29	0,24	bla	1,16	2,38	2,50
Diklorometan	1,06	0,50	1,62	0,38	4,51	9,91	1,73	0,52	0,14	0,62	1,10	2,21
trans-1,2-Dikloroeten	3,60	0,31	6,68	6,23	7,20	6,21	4,49	0,25	8,65	1,39	8,14	5,48
Bromoklorometan	4,28	13,48	6,23	47,61	18,11	16,99	2,29	0,24	3,08	7,95	1,88	5,81
1,1,1-Trikloroetan	3,73	8,42	0,89	3,50	4,81	4,03	0,35	bla	0,67	1,28	0,63	1,40
Karbon Tetraklorür	14,18	9,28	1,93	9,39	9,30	10,09	1,26	0,20	1,41	2,37	1,84	3,58
1,2-Dikloroetan	0,49	0,16	0,29	0,29	0,44	0,53	0,19	0,30	0,04	0,09	0,24	0,30
Benzen	0,65	0,60	2,18	4,00	3,43	3,76	0,43	0,63	1,53	3,16	3,25	1,76
1,2-Dikloropropan	3,68	0,22	0,26	0,44	0,51	0,44	0,06	bla	0,22	0,19	0,27	0,15
Dibromometan	0,23	bla	0,13	0,71	0,50	0,65	0,15	bla	0,15	0,13	0,25	0,34
Bromodiklorometan	0,24	0,06	0,36	0,18	0,30	0,18	0,09	bla	0,41	0,03	0,17	0,16
Toluen	24,93	6,12	3,84	41,81	15,50	20,95	5,99	0,98	4,34	8,42	6,07	24,67
Klorodibromometan	0,47	0,30	0,26	0,10	1,45	1,39	0,16	0,09	bla	bla	0,32	0,37
Klorobenzen	2,43	0,47	0,71	0,88	0,99	0,80	0,76	0,08	0,54	0,30	bla	1,43
Etilbenzen	6,72	0,27	0,29	0,76	0,81	0,59	0,06	bla	0,18	0,07	0,35	0,71
m,p-Ksilen	3,81	0,26	0,67	1,81	1,29	1,44	0,36	bla	0,60	0,47	0,99	1,93
Bromoform	12,41	4,03	20,38	13,07	17,70	25,18	7,22	2,98	10,55	5,74	10,75	20,32
Stiren	1,69	3,54	0,08	1,95	4,86	3,70	0,05	0,27	bla	bla	0,47	0,80
o-Ksilen	2,98	0,05	0,20	0,80	0,77	0,80	0,08	bla	0,26	0,05	0,53	0,81
İzopropilbenzen	0,31	bla	0,43	0,15	0,59	13,38	0,61	bla	0,18	0,11	0,21	23,92
1,2,4-Trimetilbenzen	4,16	0,51	0,90	2,13	3,69	2,74	0,13	bla	0,77	0,20	0,91	1,27
sec-Butilbenzen	0,14	bla	bla	0,17	0,66	0,85	bla	bla	bla	0,02	bla	0,04
İzopropiltoluen	3,17	8,38	0,19	3,37	2,52	2,81	0,10	0,03	bla	0,23	0,29	1,12
1,2-Dibromo-3-kloropropan	24,05	15,61	15,95	36,42	10,74	30,56	19,41	1,57	6,88	11,29	5,97	25,58
Hekzaklorobutadien	1,65	0,03	0,03	0,53	0,22	bla	bla	bla	bla	2,91	bla	0,21
Σ 25 UOB	122,3	74,5	65,3	179,4	113,4	163,4	48,3	8,4	40,6	48,2	47,0	126,9

bla: belirleme limitinin altında

Yaz mevsiminde örneklenen 6 kuru temizlemecinin iç ve dış ortamlarında yapılan aktif örnekleme sonucu elde edilen ortalama UOB düzeyleri Şekil 3.7’de verilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 3.7. Fotokopicilerde yaz mevsimi, a) iç ortam ortalama UOB derişimleri b) dış ortam ortalama UOB derişimleri

3.2.2.4. Boyacılara ait ölçüm sonuçları

Çalışma kapsamında Kocaeli ve Sakarya illerinde yaz mevsiminde örneklenen oto boyacıların iç ve dış ortamlarında eş zamanlı yapılan UOB örnekleme sonuçlarının ortalama değerleri Tablo 3.13'te verilmektedir. Belirlenen örnekleme noktalarında yaz mevsiminde yapılan UOB ölçümlerinde 25 UOB tespit edilmiştir. Tablo 3.13'de örnekleme noktaları Kocaeli'de bulunan oto boyacılar için B1K, B2K, B3K; Sakarya'da bulunan oto boyacılar için B4S, B5S, B6S kısaltmaları ile gösterilmiştir.

Toluen oto boyacıların iç ortamlarında tespit edilen UOB kirlilik düzeylerine en çok katkıda bulunan bileşik olurken onu m,p-Ksilen, Diklorometan, Etilbenzen, 1,1,1-Trikloroetan, Bromoklorometan ve Bromoform bileşikleri takip etmektedir. Oto boyacıların iç ortamlarına ait tüm veri seti göz önüne alındığında incelenen 25 UOB'in toplam derişimlerinin $2465 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (B3K) ile $4682 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (B6S) arasında değişim gösterdiği Tablo 3.13'te görülmektedir. Ölçümü yapılan oto boyacılarda UOB derişimleri önemli farklılıklar göstermektedir.

Bromoform oto boyacıların dış ortamlarında tespit edilen UOB kirlilik düzeylerine en çok katkıda bulunan bileşik olurken onu Toluen, Bromoklorometan, Stiren, 1,1,1-Trikloroetan, Diklorometan ve 1,2,4-Trimetilbenzen bileşikleri takip etmektedir. Oto boyacıların dış ortamlarına ait tüm veri seti göz önüne alındığında incelenen 25 UOB'in toplam derişimlerinin $466 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (B4S) ile $5591 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (B3K) arasında değişim gösterdiği Tablo 3.13'te görülmektedir.

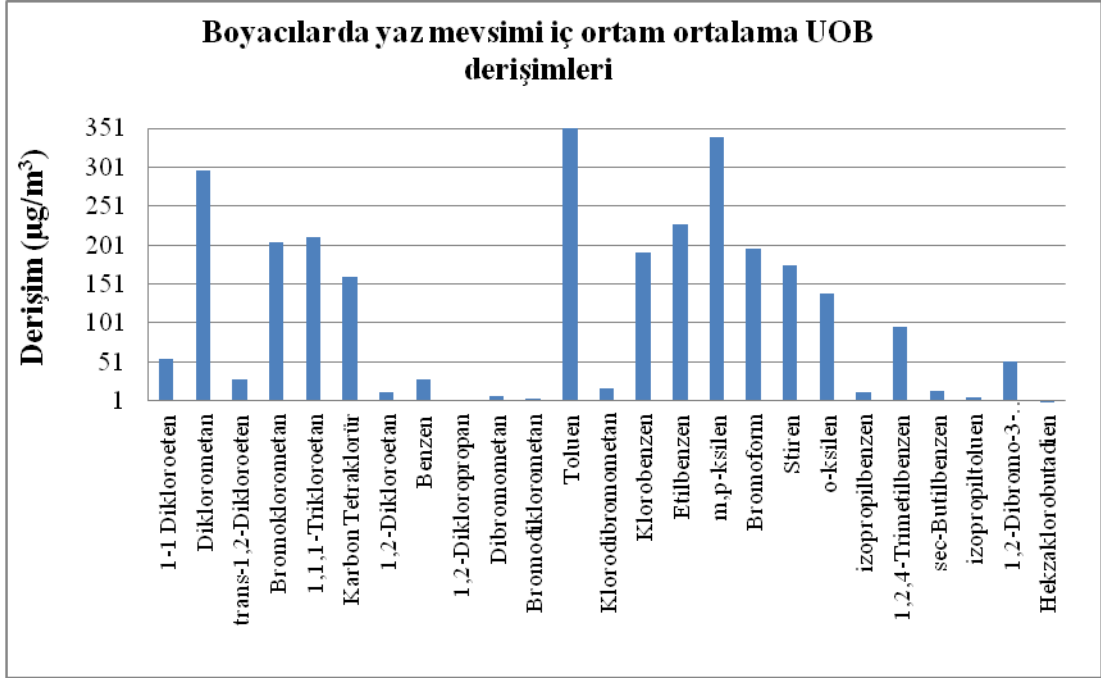
Kış örneklemesinde olduğu gibi yaz örneklemesinde de ölçümü yapılan mikro çevrelerin özellikle iç ortamlarında UOB derişimleri önemli farklılıklar göstermektedir. Bu durum iç ortamlarda mikro çevrenin çalışma alanına, iş hacmine ve havalandırmaya bağlı olarak değişim göstermektedir. Dış ortamlarda UOB derişimlerinde gözlenen farklılıklar ise kirletici kaynaklarının çeşitlilik göstermesi ile açıklanabilir. UOB'lerin çok farklı kaynakları olması nedeniyle örneklenen dış ortamlarda her bir bileşiğin katkısının farklı olması da kaçınılmazdır.

Tablo 3.13. Boyacıların yaz mevsimi iç ve dış ortam ortalama UOB ölçüm sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

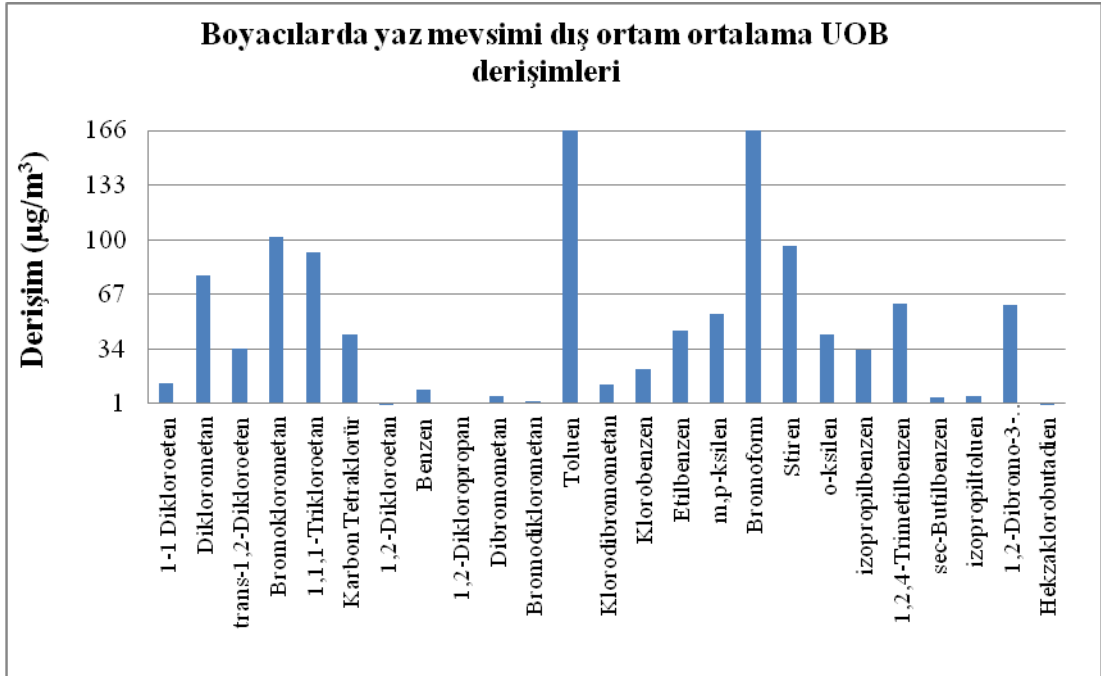
UOB ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	İç Ortam						Dış Ortam					
	B1K	B2K	B3K	B4S	B5S	B6S	B1K	B2K	B3K	B4S	B5S	B6S
1-1 Dikloroeten	bla	bla	bla	27,44	37,35	99,90	bla	10,99	27,98	2,98	4,96	20,26
Diklorometan	237,11	188,51	1271,97	28,03	30,59	25,37	122,74	137,07	195,34	3,31	6,60	3,31
trans-1,2-Dikloroeten	22,48	22,48	22,48	40,09	16,89	49,22	34,14	64,23	30,44	17,37	28,69	31,80
Bromoklorometan	32,07	28,94	530,43	48,62	63,80	523,81	100,46	104,69	316,81	23,15	28,51	34,16
1,1,1-Trikloroetan	150,80	80,06	66,71	163,19	302,70	501,08	33,66	34,20	37,90	46,40	61,33	340,63
Karbon Tetraklorür	174,29	45,10	5,18	17,30	292,42	430,84	34,42	99,94	28,96	17,41	52,01	21,73
1,2-Dikloroetan	14,05	14,05	14,05	11,09	0,53	21,21	1,41	1,41	0,31	0,52	0,09	0,09
Benzen	6,90	6,75	141,47	2,32	4,04	7,96	5,13	6,89	33,64	2,10	4,06	5,58
1,2-Dikloropropan	4,42	3,26	bla	0,78	0,96	0,28	1,41	1,08	0,90	0,96	0,88	0,93
Dibromometan	3,73	6,36	18,51	2,57	3,49	9,13	2,49	7,81	20,31	0,62	0,62	1,75
Bromodiklorometan	2,65	4,76	2,37	9,68	0,48	0,48	1,07	4,12	3,46	0,37	bla	0,67
Toluen	2695,63	2656,27	-	1083,73	589,39	-	512,90	711,65	-	250,07	288,40	1059,34
Klorodibromometan	9,20	26,45	-	22,74	11,30	-	4,95	34,54	24,61	2,49	2,96	4,05
Klorobenzen	15,15	49,36	62,33	10,16	10,16	996,39	20,94	55,45	40,10	2,26	3,65	6,03
Etilbenzen	10,11	73,92	33,69	543,56	182,73	523,63	3,91	160,72	57,03	10,01	19,21	20,93
m,p-Ksilen	17,51	161,09	9,52	731,03	323,59	795,53	8,74	177,93	51,63	18,81	35,56	36,84
Bromoform	126,89	260,02	-	193,84	103,09	294,26	247,34	484,74	3875,61	20,30	24,98	18,97
Stiren	210,51	195,90	-	128,64	143,01	199,81	161,95	172,79	145,64	24,31	29,54	44,69
o-Ksilen	10,92	99,78	58,23	343,91	178,77	-	5,96	160,03	50,50	8,62	17,09	15,10
İzopropilbenzen	9,08	14,85	20,37	0,44	bla	11,02	5,40	10,43	85,08	bla	bla	bla
1,2,4-Trimetilbenzen	9,99	86,81	-	207,27	30,46	146,08	14,79	76,12	261,31	3,29	6,13	8,27
sec-Butilbenzen	18,08	2,93	17,95	1,58	34,35	3,82	2,99	0,89	18,21	0,57	2,70	0,75
İzopropiltoluen	1,43	5,00	15,16	0,09	6,61	3,86	1,85	5,54	20,53	0,36	5,82	0,36
1,2-Dibromo-3-kloropropan	14,49	29,05	174,28	38,13	19,30	37,91	25,74	42,30	265,19	9,05	7,71	12,86
Hekzaklorobutadien	bla	bla	bla	0,48	0,37	0,29	bla	bla	bla	0,27	bla	bla
Σ 25 UOB	3797	4062	2465	3657	2386	4682	1354	2566	5591	466	632	1689

bla: belirleme limitinin altında, -: hesaplanmadı

Yaz mevsiminde örneklenen 6 oto boyacının iç ve dış ortamlarında yapılan aktif örnekleme sonucu elde edilen ortalama UOB düzeyleri Şekil 3.8’de verilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 3.8. Boyacılarda yaz mevsimi, a) iç ortam ortalama UOB derişimleri b) dış ortam ortalama UOB derişimleri

3.2.3.Yaz mevsimi sıcaklık, nem, CO ve CO₂ ölçüm sonuçları

Kış mevsiminde olduğu gibi yaz mevsiminde de iç ve dış ortama ait çevresel parametreler olan sıcaklık, bağıl nem ile CO ve CO₂ derişimleri, örnekleme süresince otomatik cihazlarla anlık olarak ölçülmüştür. ASHRAE (2002) iç ortamlar için en uygun sıcaklığın 20°C – 23 °C ve bağıl nem oranının ise % 30 – % 60 arasında olması gerektiğini bildirmektedir. İç ortam konfor parametreleri olan sıcaklık ve nem miktarları ile ortam havalandırmasını gösteren CO ve CO₂ değerleri ölçüm sonuçlarına göre normal seviyelerde bulunmuştur.

Yaz mevsiminde Kocaeli ve Sakarya’da farklı mikro çevrelerin iç ve dış ortamlarında eş zamanlı olarak belirlenen sıcaklık, nem, CO ve CO₂ ölçümlerine ilişkin sonuçlar Tablo 3.14’de verilmektedir.

Tablo 3.14. Yaz mevsiminde örneklenen mikro çevrelerin iç ve dış ortamlarında belirlenen sıcaklık, nispi nem, karbon monoksit ve karbon dioksit düzeyleri

Karakteristikler	Kocaeli Ort. ± SS	Sakarya Ort. ± SS
Termal Konfor Parametreleri		
İç ortam sıcaklığı (°C)	24,5 ± 4,5	24,5 ± 2,5
Dış ortam sıcaklığı (°C)	26,5 ± 3,5	26,5 ± 4,5
İç ortam nispi nemi (%)	57 ± 6,5	59,5 ± 8,5
Dış ortam nispi nemi (%)	56,5 ± 10,5	56,5 ± 12,5
İnorganik Gaz Kirletici Düzeyleri (ppm)		
İç ortam Karbon monoksit (CO)	1,20 ± 0,85	1,51 ± 0,76
Dış ortam Karbon monoksit (CO)	1,55 ± 0,23	2,40 ± 0,61
İç ortam Karbon dioksit (CO ₂)	486 ± 85	438 ± 74
Dış ortam Karbon dioksit (CO ₂)	359 ± 58	321 ± 43

Tablo 3.14 incelendiğinde, örnekleme yapıldığı yaz döneminde Kocaeli için dış ortam sıcaklıkları, 17 °C - 30 °C iken iç ortam sıcaklıkları, 20 °C - 28 °C aralığında; Sakarya için dış ortam sıcaklıkları, 22 °C - 32 °C iken iç ortam sıcaklıkları, 22 °C – 31 °C aralığında seyrettiği görülmektedir. Her iki il için, hem iç hem de dış ortamlarda ölçülen nispi nem değerleri birbirine yakın bulunmuştur.

Her iki il için, hem iç hem de dış ortamlarda ölçülen nispi nem değerleri yaz mevsimi ile uyumlu, birbirine yakın ve normal sınırlarda bulunmuştur.

Karbon monoksit, kapalı ortamlarda yanma ve sigara dumanının indikatörü iken, dış ortamlarda taşıt trafiğinin bir göstergesidir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından karbon monoksit eşik değeri 8 saat için 8,6 ppm olarak verilmektedir (Düzovalı, 2007). Örneklenen iç ve dış ortamlarda CO değerleri düşük ortalama değerlere sahip bulunmuştur. Yaz mevsiminde havalandırmanın da etkisiyle iç ortamların ortalama CO düzeyleri kış mevsimi düzeylerinden daha düşük bulunmuştur. Özellikle yaz mevsiminde iç ortamlarda kapıların açılması ile havalandırmanın iyi bir şekilde sağlanması nedeniyle ortalama CO₂ düzeyleri kış mevsiminde elde edilen değerlere oranla daha düşük seviyelerdedir.

Sonuç olarak bu çalışmada incelenen işletmelerin iç ortamlarında gözlenen CO ve CO₂ düzeylerinin, çalışanlar için önemli bir sağlık etkisi göstermesi beklenmemektedir.

3.3. Uçucu Organik Bileşiklerin İç Ortam / Dış Ortam Oranlarının Değerlendirilmesi

Tablo 3.15 ve Tablo 3.16'da verilen yaz ve kış mevsimlerine ait, restoran, kuru temizlemeci, fotokopici ve boyacılar için iç ortam / dış ortam derişim oranları hesaplanarak değerlendirilmeler yapılmıştır.

Bölüm 3.1 ve 3.2'de verilen 25 UOB bileşiğinin ortalamalarının toplamları göz önüne alındığında çalışma kapsamında incelenen dört mikro çevre için de iç ortam derişim düzeyleri dış ortam derişim düzeylerinden yüksek bulunmuştur. En yüksek iç ortam UOB ortalama derişim düzeyleri sırasıyla boyacılar, kuru temizlemeciler, restoranlar ve fotokopicilerde elde edilmiştir. Dış ortamlarda ise bu durum farklılıklar göstermektedir. Belirlenen 25 UOB bileşiğinin ortalamalarının toplamları göz önüne alındığında incelenen restoranlar, kuru temizlemeciler ve fotokopicilerin dış ortam derişim düzeyleri birbirine yakın bulunurken boyacıların dış ortam derişim düzeylerinin diğerlerinden oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

İç ortam / dış ortam derişim oranları hesaplanarak restoranlar, kuru temizlemeciler, fotokopiciler ve boyacılarda elde edilen UOB düzeyleri için hangi ortamların daha baskın olduğu tespit edilmeye çalışılmıştır (Tablo 3.15). 25 UOB için iç ortam / dış ortam oranlarının ortalamaları göz önüne alındığında, restoranlar, kuru temizlemeciler, fotokopiciler ve boyacılarda sonuçların 1'den yüksek (1,89 - 12,65) olduğu tespit edilmiştir. İç ortam / dış ortam oranlarının 1'den yüksek olması, dış ortamların iç ortamlar üzerinde etkisinin olmasına karşın; iç ortamlarda bulunan mevcut kirleticilerin örneklenen UOB'ler üzerinde daha baskın olduğuna işaret etmektedir.

Tablo 3.15'de verilen iç ortam / dış ortam derişim oranlarının 1'den büyük olması, iç ortam derişimlerinin dış ortam derişimlerinden daha yüksek olduğunu söylememiz için tek başına yeterli olmamaktadır. Bu oranlar ele alınarak yapılacak açıklamaların anlamlı olabilmesi için veri setine istatistiksel analiz yöntemleri uygulanmalıdır. İstatistik değerlendirmeden doğru bir sonuç elde edebilmek için veri setine uygulanacak testin doğru seçilmesi çok önemlidir. Testler parametrik ve parametrik olmayan testler şeklinde iki ana gruba ayrılmaktadır. Parametrik ve parametrik olmayan testlerin her ikisinin de birbirine üstünlükleri vardır. Parametrik testlerin temel özelliği, örneklerin seçildikleri yığınların ilgili değişken bakımından normal dağıldığı varsayımına dayanmasıdır. Fakat örnek çapları yeteri kadar büyük değil ise merkezi limit kuramı gereğince bu varsayım önemini yitirir. Örneklerin seçildiği yığınların dağılımları hem normal değil hem de örnek çapları yeteri kadar büyük değilse, bu durumda parametrik olmayan testler kullanılmalıdır. Parametrik olmayan testlerin temel özelliği, örneklerin seçildikleri yığınların dağılımlarının normal olmadığı durumlarda da kullanılabilmesidir (Ural ve Kılıç, 2011; Ünver ve diğ., 2011; Sümbüloğlu ve Sümbüloğlu, 2010).

Veri setine hangi testi uygulayacağımıza karar vermek için öncelikle değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu test edilmiştir. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov testi ile incelenmiştir. Testler sonucunda İç ve dış ortam derişimlerinin normal dağılım göstermemesi nedeniyle parametrik olmayan test yöntemlerinden birinin uygulanmasına karar verilmiştir. Veri setine istatistik değerlendirme kapsamında parametrik olmayan test yöntemleri içerisinde birbiri ile ilişkili iki değişkene ilişkin dağılımların karşılaştırılması amacıyla kullanılan

Wilcoxon eşleştirilmiş iki örnekleme testi uygulanmıştır. Buna ilişkin değerlendirme, birçok bilim dalında yaygın olarak kullanılan bir istatistik programı olan, Statistics Programme for Social Scientist (SPSS) versiyon 16 yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Anlamlılık (p) değerinin 0,05'in altında olduğu durumlar, "istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar" şeklinde değerlendirilmiş ve Tablo 3.16'da koyu renkli olarak verilmiştir.

İç ortam / dış ortam derişim oranları restoranlar için ele alındığında; 1-1 Dikloroeten, trans-1,2-Dikloroeten, Dibromometan, Toluen, Klorobenzen, Etilbenzen, m,p-Ksilen, Bromoform, o-Ksilen, 1,2,4-Trimetilbenzen ve Hekzaklorobutadien bileşikleri için, restoranlarda iç ortam ve dış ortam konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0,05$). Bu durum bu bileşiklerin hem iç hem de dış ortamlarda baskın kaynakları olduğunu ve/veya her iki ortamda da önemli kaynakları olmadığını göstermektedir.

Diklorometan, Bromoklorometan, 1,1,1-Trikloroetan, Karbon Tetraklorür, 1,2-Dikloroetan, Benzen, 1,2-Dikloropropan, Bromodiklorometan, Klorodibromometan, Stiren, İzopropilbenzen, sec-Butilbenzen, İzopropiltoluen ve 1,2-Dibromo-3-kloropropan bileşikleri için, restoranlarda iç ortam ve dış ortam derişimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p < 0,05$). Bu bileşiklerin iç ortam / dış ortam derişim oranlarının 1'in üzerinde olması; iç ve dış ortam derişimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmasına ve bu bileşikler için dış ortamdaki restoranların iç ortamlarında daha baskın kaynaklarının olduğuna işaret etmektedir.

İç ortam / dış ortam derişim oranları kuru temizlemeciler için ele alındığında; 1-1 Dikloroeten, trans-1,2-Dikloroeten, Bromoklorometan, Karbon Tetraklorür, 1,2-Dikloroetan, Benzen ve Bromodiklorometan bileşikleri için, iç ortam ve dış ortam derişimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0,05$). Bu durum bu bileşiklerin hem iç hem de dış ortamlarda baskın kaynakları olduğunu ve/veya her iki ortamda da önemli kaynakları olmadığını göstermektedir. Bunun yanında, yukarıda sayılan bileşiklerin dışında kalan 18 UOB için, kuru temizlemecilerde iç ortam ve dış ortam derişimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p < 0,05$). Bu bileşiklerin iç ortam / dış ortam derişim oranlarının 1'in üzerinde olmasının yanında iç ve dış ortam derişimleri arasında

istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olması, bu bileşikler için kuru temizlemecilerin dış ortamlarından ziyade iç ortamlarında daha önemli kaynaklarının olduğunu göstermektedir.

İç ortam / dış ortam derişim oranları fotokopiler için ele alındığında; 1-1 Dikloroeten, Diklorometan, trans-1,2-Dikloroeten, 1,2-Dikloroetan, Benzen, Bromodiklorometan, Toluen, Klorodibromometan, Klorobenzen, Etilbenzen, m,p-Ksilen, Bromoform, o-Ksilen, İzopropilbenzen, sec-Butilbenzen, ve Hekzaklorobutadien bileşikleri için, fotokopilerde iç ortam ve dış ortam konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0,05$). Bu durum bu bileşiklerin hem iç hem de dış ortamlarda baskın kaynakları olduğunu ve/veya her iki ortamda da önemli kaynakları olmadığını göstermektedir.

Bromoklorometan, 1,1,1-Trikloroetan, Karbon Tetraklorür, 1,2-Dikloropropan, Dibromometan, Stiren, 1,2,4-Trimetilbenzen, İzopropiltoluen ve 1,2-Dibromo-3-kloropropan bileşikleri için, fotokopilerde iç ortam ve dış ortam konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p < 0,05$). Bu bileşiklerin iç ortam / dış ortam derişim oranlarının 1'in üzerinde olması, iç ve dış ortam derişimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olması, bu bileşikler için dış ortamdaki ziyade fotokopilerin iç ortamlarında daha baskın kaynakların olduğuna işaret etmektedir.

İç ortam / dış ortam derişim oranları oto boyacılar için ele alındığında; 1-1 Dikloroeten, Diklorometan, trans-1,2-Dikloroeten, Bromoklorometan, Karbon Tetraklorür, Benzen, 1,2-Dikloropropan, Dibromometan, Bromodiklorometan, Klorodibromometan, Klorobenzen, Bromoform, İzopropilbenzen, 1,2,4-Trimetilbenzen, İzopropiltoluen, 1,2-Dibromo-3-kloropropan ve Hekzaklorobutadien bileşikleri için, oto boyacılarda iç ortam ve dış ortam konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0,05$). Bu durum bu bileşiklerin hem iç hem de dış ortamlarda baskın kaynakları olduğunu ve/veya her iki ortamda da önemli kaynakları olmadığını göstermektedir.

1,1,1-Trikloroetan, 1,2-Dikloroetan, Toluen, Etilbenzen, m,p-Ksilen, Stiren, o-Ksilen ve sec-Butilbenzen bileşikleri için, boyacıların iç ortam ve dış ortam konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p < 0,05$).

Bu bileşiklerin iç ortam / dış ortam derişim oranlarının 1'in üzerinde olması, iç ve dış ortam derişimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmasına, bu bileşikler için dış ortamdaki ziyade oto boyacıların iç ortamlarında daha baskın kaynaklarının olduğuna işaret etmektedir.

Burada özellikle üzerinde durulması gereken konu, oto boyacılarıdır. Daha önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi incelenen mikro çevrelerin iç ortam derişimleri ele alındığında oto boyacıların diğer mikro çevrelere nazaran çok yüksek iç ortam UOB derişim düzeylerine sahip olduğu bulunmuştur.

İncelenen mikro çevrelerin dış ortamlarında ise durum farklı olmaktadır. Mikro çevrelerin dış ortam UOB düzeyleri çalışılan her iki ilde de birbirine yakın bulunmuştur. Oto boyacıların dış ortamlarında ise diğer mikro çevrelere nazaran çok yüksek UOB derişim düzeyleri elde edilmiştir. Bu durum oto boyacıların iç ortamlarında elde edilen yüksek kirlilik düzeyinin, dış ortam kirlilik düzeyi üzerinde önemli bir etkisinin olduğunu göstermektedir. Ayrıca incelenen diğer mikro çevrelerin aksine oto boyacılar çok sayıda ve çeşitli sektörlerin bulunduğu sanayi bölgelerinde yer aldığından, incelenen oto boyacıların hem iç hem de dış ortam kirlilik düzeyleri diğer sektörlerin neden olduğu kirlilikten de etkilenmektedir.

Tablo 3.15. Örneklenen mikro çevrelerde UOB'lerin iç ortam / dış ortam derişim oranları

UOB ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Kış örnekleme iç ortam / dış ortam oranları				Yaz örnekleme iç ortam / dış ortam oranları			
	Restoran	Kuru Temizleme	Fotokopi	Oto Boyama	Restoran	Kuru Temizleme	Fotokopi	Oto Boyama
1-1 Dikloroeten	3,04	4,47	1,50	1,47	0,55	1,24	1,70	2,45
Diklorometan	3,34	1,50	1,23	3,51	3,49	0,65	2,85	3,80
trans-1,2-Dikloroeten	0,94	0,63	0,88	0,51	0,63	0,59	1,06	0,84
Bromoklorometan	4,51	3,88	1,87	0,27	1,56	2,87	5,02	2,02
1,1,1-Trikloroetan	3,37	7,90	4,10	2,37	1,80	2,83	5,87	2,28
Karbon Tetraklorür	0,59	0,53	1,62	0,51	3,48	2,68	5,09	3,79
1,2-Dikloroetan	4,45	2,05	1,69	6,87	1,03	1,93	1,92	19,6
Benzen	2,69	0,89	1,22	4,20	1,53	0,62	1,36	2,95
1,2-Dikloropropan	3,74	6,47	1,89	2,74	2,38	3,50	6,27	1,58
Dibromometan	3,03	2,70	4,00	0,34	1,28	1,93	2,16	1,30
Bromodiklorometan	5,38	4,79	1,81	0,45	1,06	0,85	1,52	2,11
Toluen	1,02	25,1	0,89	hesaplanmadı	1,32	4,97	2,24	2,49
Klorodibromometan	1,82	52,7	2,51	hesaplanmadı	2,05	34,4	4,27	0,95
Klorobenzen	1,38	2,04	0,82	0,74	1,06	3,85	2,02	8,90
Etilbenzen	2,42	2,70	1,84	1,77	1,36	2,77	6,85	5,03
m,p-ksilen	1,30	2,07	1,31	2,84	1,23	2,21	2,13	6,19
Bromoform	2,44	6,14	2,00	2,29	1,48	10,3	1,61	0,21
Stiren	1,94	11,1	5,53	2,54	2,13	7,90	9,97	1,52
o-Ksilen	1,40	2,82	1,08	2,17	1,25	2,82	3,23	2,69
İzopropilbenzen	4,94	19,1	5,05	2,97	3,07	50,5	0,59	0,55
1,2,4-Trimetilbenzen	3,81	10,9	1,76	1,23	0,98	6,78	4,32	1,30
sec-Butilbenzen	9,54	73,8	1,05	19,9	1,14	47	27,3	3,02
İzopropiltoluen	28	32,4	4,10	2,27	4,93	17	11,53	0,93
1,2-Dibromo-3-kloropropan	2,47	2,71	1,64	1,78	1,65	3,45	1,89	0,86
Hekzaklorobutadien	1,29	36,6	2,32	2,67	4,80	28,8	0,79	4,17
Ortalama	3,95	12,65	2,15	2,89	1,89	9,69	4,54	3,26

Tablo 3.16. Örneklenen mikro çevrelerde UOB'lerin iç ortam / dış ortam derişim oranlarının *p* test istatistiği

UOB ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	İç ortam/dış ortam derişim oranlarının <i>p</i> test istatistiği			
	Restoran	Kuru Temizleme	Fotokopi	Oto Boyama
	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>
1-1 Dikloroeten	0,075	0,445	0,151	0,201
Diklorometan	0,000	0,048	0,242	0,178
trans-1,2-Dikloroeten	0,887	0,882	0,887	0,976
Bromoklorometan	0,012	0,525	0,008	0,316
1,1,1-Trikloroetan	0,006	0,037	0,002	0,020
Karbon Tetraklorür	0,028	0,197	0,007	0,887
1,2-Dikloroetan	0,011	0,314	0,160	0,029
Benzen	0,005	0,242	0,443	0,347
1,2-Dikloropropan	0,030	0,001	0,001	0,288
Dibromometan	0,069	0,036	0,040	0,630
Bromodiklorometan	0,009	0,123	0,088	0,695
Toluen	0,590	0,004	0,198	0,024
Klorodibromometan	0,050	0,000	0,095	0,106
Klorobenzen	0,630	0,012	0,379	0,129
Etilbenzen	0,078	0,011	0,219	0,023
m,p-Ksilen	0,378	0,008	0,288	0,036
Bromoform	0,078	0,002	0,089	0,093
Stiren	0,043	0,011	0,032	0,009
o-Ksilen	0,266	0,003	0,497	0,016
İzopropilbenzen	0,000	0,000	0,152	0,423
1,2,4-Trimetilbenzen	0,060	0,002	0,023	0,059
sec-Butilbenzen	0,006	0,007	0,171	0,014
İzopropiltoluen	0,000	0,000	0,003	0,410
1,2-Dibromo-3-kloropropan	0,005	0,000	0,045	0,101
Hekzaklorobutadien	0,277	0,005	0,583	0,224

3.4. Uçucu Organik Bileşiklerin Mevsimsel Değişimlerinin Değerlendirilmesi

UOB seviyeleri mevsimsel olarak değişiklik gösterebilen kirleticilerdir. Restoranlar, kuru temizlemeciler, fotokopiciler ve boyacıların iç ortamlarında elde edilen UOB kış / yaz derişim oranları hesaplanarak mevsimsel değişimin olup olmadığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Tablo 3.17 ve Tablo 3.18’de örneklenen mikro çevrelerin iç ve dış ortamlarında belirlenen UOB’lerin kış/yaz derişim oranları verilmektedir.

Tablo 3.17’de görüldüğü gibi 25 UOB için ortalamalar göz önüne alındığında restoranlar, fotokopiciler ve kuru temizlemecilerin iç ortamlarında kış / yaz derişim oranları 1 civarında bulunurken oto boyacılar için bu oran 2’ye yakın bulunmuştur. Kış / yaz derişim oranlarının boyacılarda 1’den yüksek olması; oto boyacıların çalıştıkları iç ortam alanlarının küçük hacimlerde olması yanında kışın havaların soğumasıyla beraber bu çalışma alanlarında kapıların kapatılarak çalışılması ve sonucunda havalandırmanın yetersiz kalması olarak açıklanabilir. Bu oranın restoranlar, kuru temizlemeciler ve fotokopicilerde 1 civarında olması, bu mikro çevrelerin iç ortamlarında kış ve yaz mevsimlerinde önemli bir farkın gözlenmediğine işaret etmektedir.

İncelenen mikro çevrelerin iç ortamlarında kış / yaz derişim oranlarının 1’den büyük olması, incelenen UOB’lerin kış mevsimi derişimlerinin yaz mevsimi derişimlerinden daha yüksek olduğunu söylememiz için tek başına yeterli olmadığından veri setine istatistiksel analiz yöntemleri uygulanmıştır. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov testi ile incelenmiştir. Testler sonucunda kış ve yaz derişimlerinin normal dağılım göstermemesi nedeniyle parametrik olmayan test yöntemlerinden birinin uygulanmasına karar verilmiştir.

Veri setine istatistik değerlendirme kapsamında parametrik olmayan test yöntemleri içerisinde birbirinden bağımsız iki örnekleme (kış ve yaz örnekleme) bağımlı bir değişkene ilişkin ölçümlerinin karşılaştırılarak iki dağılım arasında anlamlı bir fark olup olmadığını test etmek amacıyla kullanılan Mann-Whitney *U* testi uygulanmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde genel olarak % 95 güven aralığı kullanılmıştır. Anlamlılık (*p*) değerinin 0,05’in altında olduğu durumlar istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar şeklinde değerlendirilmiş ve Tablo 3.17’de koyu renkli olarak verilmiştir.

Kış / yaz derişim oranları restoranların iç ortamları için ele alındığında Benzen, Bromoform ve 1,2-Dibromo-3-kloropropan bileşikleri için kış ve yaz mevsimleri derişimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunurken ($p < 0,05$), incelenen diğer UOB'ler için istatistiksel olarak anlamlı ($p > 0,05$) bir fark bulunamamıştır (Tablo 3.17). Bu durum restoranların iç ortamlarında kış / yaz derişim oranı 1'den büyük olan Benzen bileşiği için kış mevsimi derişimlerinin yaz mevsimi derişimlerinden daha yüksek olduğunu ve kış / yaz derişim oranları 1'den düşük olan Bromoform ve 1,2-Dibromo-3-kloropropan bileşiklerinin ise yaz mevsimi derişimlerinin kış mevsimi derişimlerinden daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Kış / yaz derişim oranları kuru temizlemecilerin iç ortamları için ele alındığında belirlenen 25 UOB arasında sadece Benzen için kış ve yaz mevsimleri derişimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,05$) bir fark bulunmuştur (Tablo 3.17). Bu durum kuru temizlemecilerin iç ortamlarında kış / yaz derişim oranı 1'den büyük olan Benzen bileşiğinin kış mevsimi derişimlerinin yaz mevsimi derişimlerinden daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Benzer durum fotokopicilerde de gözlenmektedir. Kış / yaz derişim oranları fotokopicilerin iç ortamları için ele alındığında belirlenen 25 UOB arasında sadece 1,2-Dibromo-3-kloropropan için kış ve yaz mevsimleri derişimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,05$) bir fark bulunmuştur (Tablo 3.17). Bu durum fotokopicilerin iç ortamlarında kış / yaz derişim oranı 1'den küçük olan 1,2-Dibromo-3-kloropropan bileşiğinin yaz mevsimi derişimlerinin kış mevsimi derişimlerinden daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Boyacıların iç ortamlarında kış / yaz derişim oranları ele alındığında belirlenen 25 UOB arasında sadece trans-1,2-Dikloroeten ve Benzen bileşikleri için kış ve yaz mevsimleri derişimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,05$) bir fark bulunmuştur (Tablo 3.17). Bu durum boyacıların iç ortamlarında kış / yaz derişim oranı 1'den büyük olan trans-1,2-Dikloroeten ve Benzen bileşiklerinin kış mevsimi derişimlerinin yaz mevsimi derişimlerinden daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Tablo 3.17. Örneklenen mikro çevrelerin iç ortamlarında UOB'lerin kış / yaz derişim oranları ve *p* test istatistiği

UOB ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	İç ortam kış / yaz derişim oranları ve <i>p</i> test istatistiği							
	Restoran	<i>p</i>	Kuru Temizleme	<i>p</i>	Fotokopi	<i>p</i>	Oto Boyama	<i>p</i>
1-1 Dikloroeten	2,82	0,068	0,38	0,157	1,02	0,917	1,11	0,109
Diklorometan	1,16	0,463	0,14	0,285	0,66	0,917	2,69	0,173
trans-1,2-Dikloroeten	0,39	0,116	0,37	0,273	0,93	0,600	3,61	0,043
Bromoklorometan	1,01	0,917	1,60	1,000	1,32	0,173	0,84	0,500
1,1,1-Trikloroetan	1,13	0,753	1,13	0,273	0,69	0,249	1,56	0,463
Karbon Tetraklorür	1,58	0,600	1,79	0,138	1,30	0,753	0,30	0,249
1,2-Dikloroetan	1,34	0,463	0,70	1,000	1,80	0,463	3,43	0,138
Benzen	2,54	0,028	1,97	0,046	1,54	0,116	2,08	0,028
1,2-Dikloropropan	0,62	0,345	1,11	0,686	0,48	0,345	1,57	0,225
Dibromometan	1,28	0,600	0,38	0,715	2,03	0,465	0,32	0,075
Bromodiklorometan	1,56	0,600	1,89	0,593	1,16	0,345	0,40	0,345
Toluen	0,53	0,116	1,93	0,225	0,74	0,753	hesaplanmadı	
Klorodibromometan	0,43	0,753	0,79	0,075	1,39	0,249	hesaplanmadı	
Klorobenzen	0,97	0,600	0,25	0,080	1,28	0,600	1,76	0,285
Etilbenzen	0,99	0,753	0,66	0,345	0,66	0,893	0,96	0,500
m,p-Ksilen	0,49	0,075	0,51	0,686	1,06	0,753	0,75	0,715
Bromoform	0,51	0,028	0,37	0,463	1,27	0,917	1,36	0,465
Stiren	0,76	0,173	0,71	0,225	0,47	0,173	1,10	0,686
o-Ksilen	0,45	0,116	0,46	0,893	0,73	0,753	1,92	0,686
İzopropilbenzen	0,53	0,074	0,63	0,600	0,35	0,893	0,79	0,593
1,2,4-Trimetilbenzen	1,29	0,463	1,29	0,753	0,75	0,345	0,69	0,500
sec-Butilbenzen	0,44	0,249	1,51	0,345	0,33	0,109	0,90	0,753
İzopropiltoluen	1,22	0,600	1,06	0,600	1,17	0,917	3,43	0,249
1,2-Dibromo-3-kloropropan	0,65	0,046	0,91	0,753	0,59	0,028	0,68	0,463
Hekzaklorobutadien	0,59	0,917	3,90	0,752	1,07	1,000	6,66	0,109
Ortalama	1.01		1.06		0.99		1.69	

Kocaeli ve Sakarya illerinin dış ortamlarında ölçülen UOB derişimleri için kış / yaz derişim oranları Tablo 3.18'de hesaplanarak mevsimsel değişimin olup olmadığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Tablodan da görüldüğü üzere çalışılan her iki ilin dış ortamlarında kış / yaz derişim oranları 1'in çok üzerinde olduğu bulunmuştur.

Gözlenen mevsimsel farklılık birçok faktörden kaynaklanabilmektedir. 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 derişimlerinin yüksek olmasına bağlı olarak endüstri ve trafiğin etkisiyle kış / yaz UOB derişim oranları 1'in üzerinde bulunmuştur.

Çalışılan her iki ilin dış ortamlarında kış / yaz derişim oranlarının 1'den büyük olması, incelenen UOB'in kış mevsimi derişimlerinin yaz mevsimi derişimlerinden daha yüksek olduğunu söylememiz için tek başına yeterli olmadığından veri setine istatistiksel analiz yöntemleri uygulanmıştır. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov testi ile incelenmiştir. Testler sonucunda kış ve yaz derişimlerinin normal dağılım göstermemesi nedeniyle parametrik olmayan test yöntemlerinden birinin uygulanmasına karar verilmiştir.

Veri setine istatistik değerlendirme kapsamında parametrik olmayan test yöntemleri içerisinde birbirinden bağımsız iki örnekleme (kış ve yaz örnekleme) bağımlı bir değişkene ilişkin ölçümlerinin karşılaştırılarak iki dağılım arasında anlamlı bir fark olup olmadığını test etmek amacıyla kullanılan Mann-Whitney *U* testi uygulanmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde genel olarak % 95 güven aralığı kullanılmıştır. Anlamlılık (*p*) değerinin 0,05'in altında olduğu durumlar istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar şeklinde değerlendirilmiş ve Tablo 3.18'de koyu renkli olarak verilmiştir.

Tablo 3.18. Kocaeli ve Sakarya illeri dış ortam kış / yaz derişim oranları ve *p* test istatistiği

UOB ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Kocaeli		Sakarya	
	Dış ortam kış / yaz derişim oranları	<i>p</i>	Dış ortam kış / yaz derişim oranları	<i>p</i>
1-1 Dikloroeten	7,79	0,063	4,79	0,575
Diklorometan	67,9	0,929	13,9	0,074
trans-1,2-Dikloroeten	39,8	0,158	39,2	0,790
Bromoklorometan	180	0,814	14,49	0,875
1,1,1-Trikloroetan	32,3	0,722	27,4	0,209
Karbon Tetraklorür	34,7	0,023	11,7	0,248
1,2-Dikloroetan	1,80	0,646	1,20	0,799
Benzen	5,55	0,308	5,75	0,071
1,2-Dikloropropan	0,55	0,075	0,65	0,248
Dibromometan	3,00	0,062	0,69	0,445
Bromodiklorometan	1,28	0,508	0,45	0,475
Toluen	134	0,059	109	0,646
Klorodibromometan	3,81	0,208	1,88	0,213
Klorobenzen	118	0,875	1,89	0,182
Etilbenzen	37,4	0,594	6,40	0,110
m,p-Ksilen	35,6	0,721	12,6	0,328
Bromoform	71	0,028	21,9	0,695
Stiren	30	0,116	16	0,600
o-Ksilen	31,2	0,799	6,8	0,131
İzopropilbenzen	5,00	0,672	1,93	0,499
1,2,4-Trimetilbenzen	25,9	0,575	3,85	0,241
sec-Butilbenzen	1,53	0,000	0,63	0,176
İzopropiltoluen	4,54	0,080	1,63	0,110
1,2-Dibromo-3- kloropropan	24,6	0,401	13,8	0,480
Hekzaklorobutadien	0,46	0,028	0,73	0,715

Kış / yaz derişim oranları Kocaeli ili dış ortamları için ele alındığında sadece Karbon Tetraklorür, Bromoform, sec-Butilbenzen ve Hekzaklorobutadien bileşikleri için kış ve yaz mevsimleri derişimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunurken ($p < 0,05$); incelenen diğer UOB'ler için istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p > 0,05$) (Tablo 3.18). Bu durum Kocaeli ili dış ortamlarında kış / yaz derişim oranları 1'den büyük olan Karbon Tetraklorür, Bromoform ve sec-Butilbenzen bileşiklerinin kış mevsimi derişimlerinin yaz mevsimi derişimlerinden daha yüksek olduğunu ve kış / yaz derişim oranları 1'den düşük olan Hekzaklorobutadien bileşiğinin ise yaz mevsimi derişimlerinin kış mevsimi derişimlerinden daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Kış / yaz derişim oranları Sakarya ili dış ortamları için ele alındığında, incelenen hiçbir bileşik için kış ve yaz mevsimleri derişimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p > 0,05$) bir fark bulunamamıştır (Tablo 3.18). Bu durum Sakarya ili dış ortamlarında kış / yaz derişim oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın bulunmadığını göstermektedir.

3.5. Sonuçların Benzer Çalışmalarla Karşılaştırılması

Çalışma kapsamında yaz ve kış dönemlerinde farklı mikro çevrelerin iç ve dış ortamlarında elde edilen Benzen, Toluen, Etilbenzen, Ksilenler ve Stiren (BTEKS) sonuçları dünyada yapılmış olan benzer çalışmaların sonuçları ile kıyaslanmıştır.

Hong Kong'da Lee ve diğ. (2002) evlerde, okullarda, alışveriş merkezlerinde ofislerde ve restoranlarda yaptıkları iç ve dış ortam örneklemelelerinde Benzen, Toluen, Etilbenzen ve m,p,o Ksilen (BTEK) bileşikleri belirlenmiştir. Şehir merkezinde, Hung Hum'da ve Wanchai'de bulunan 10 ofisten toplanan kanister örneklerinde derişimleri yüksek bulunan Etilbenzen ve m,p,o Ksilen bileşiklerinin kaynağının ortamdaki yazıcılar olduğu sonucuna varmışlardır. Guo ve diğ. (2003) farklı mikro çevrelerde iç ve dış ortam BTEK derişimlerini inceleyerek kaynak karakterizasyonu yapmışlardır. İç ve dış ortamlardan toplanan kanister örneklerinde Benzen, Toluen ve Etilbenzen derişimlerinin en yüksek seviyelere ulaştığı ikinci yer restoranlar olup, Ksilen seviyeleri ise ofislerde daha yüksek bulunmuştur. Dış ortamdaki BTEK kaynağı trafik ile ilişkili bulunurken, iç ortamdaki kaynakların işletmelerin faaliyet tipine, pişirmeye, kullanılan yakıtı veya sigara kullanımı gibi

etmenlerle ilişkili olduğu görülmüştür. Tablo 3.19 incelendiğinde çalışmamızda restoranlardan elde edilen BTEK düzeylerinin, literatürden elde edilen sonuçlarla (Lee ve diğ., 2002; Guo ve diğ., 2003) uyumlu olduğu görülmektedir.

Hong Kong’da, Lee ve diğ. (2001) Kore barbekü tipi, Çin sıcak pot tipi, Çin dim sum tipi (küçük tabaklarda minik porsiyonlar şeklinde) restoranlarla bir kantini seçerek farklı pişirme teknikleriyle havaya yayılan iç ortam ve dış ortam kirleticileri (CO, CO₂, PM, Benzen ve Toluen) karakterize etmişlerdir. Kore barbekü tipinde yemekler kızgın tavada kızartılarak, Çin’de sıcak bir potta yemekler kaynatılarak ve ayrıca küçük tabaklarda minik porsiyonlar şeklinde hazırlanarak, kantinde ise herhangi bir yanma gerçekleşmeden pratik hazırlanan yiyecekler yapılmaktadır. İç ortam Benzen ve Toluen düzeyleri GC-MS analitik yöntemi kullanılarak belirlenmiş ve en yüksek düzeyler, pişirme ve kızartma işleminin gerçekleştiği Kore barbekü ve Çin sıcak pot tipi restoranlarda elde edilmiştir.

Rahman ve Kim (2012) tarafından Kore, Çin, Endonezya, Malezya ve Amerika’da yapılan bir çalışmada, kömür yanması sonucu oluşan aromatik UOB’ler incelenmiştir. Organik bileşiklerin analizi termal desorpsiyon ünitesi GC-MS’de yapılmıştır. Değerlendirmeler neticesinde Stiren ve p-Ksilen değerleri diğerlerine oranla yüksek bulunmuştur. Guo ve diğ. (2003) ve Lee ve diğ. (2001) çalışmaları sonucunda elde ettikleri Toluen değerleri ile Rahman ve Kim’in (2012) raporladığı Ksilen ve Stiren değerleri bizim çalışmamızda elde edilen sonuçlardan yüksek seviyelerdedir.

Kore’de barbekü tarzı restoranlar çok yaygın olup, çoğunda yakıt olarak mangal kömürü kullanılmaktadır. Bunlardan birinde Kabir ve diğ. (2010) kömürün yanması sırasında ortaya çıkan BTEK düzeylerini termal desorpsiyon ünitesi alev iyonizasyon dedektörlü gaz kromatografi sistemi ile gerçekleştirmişlerdir. Değerlendirme neticesinde Benzen ve Toluen ortama yayılan en baskın bileşikler olarak bulunmuştur. Kabir ve diğ. (2010) yaptıkları çalışma sonucu elde ettikleri Benzen, Toluen, Etilbenzen ve Ksilen düzeyleri ise incelenen restoranlar içerisinde en yüksek değerler olarak dikkat çekmektedir.

Kuru temizlemeciler için benzer kıyaslama, dünyada yayınlanmış herhangi bir çalışma bulunamaması nedeniyle yapılamamıştır.

Stefaniak ve diğ. (2000) tarafından üniversite kampüsünde bulunan üç fotokopi merkezinde gerçekleştirilen örneklemeler sonucunda 54 farklı UOB belirlenmiştir. Çok yoğun fotokopi hizmetleri veren bu merkezlerden Tenax TA sorbenti içeren tüplerde toplanan kişisel ve alan örnekleri, GC-MS ve TD analiz tekniği kullanılarak ölçülmüştür. Ölçülen bileşikler arasından Toluen $893 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değeri ile en yüksek değere ulaşmıştır. Bu değer bizim çalışmamızda fotokopicilerden elde edilen Toluen değerinin yaklaşık 60 katıdır. Tayvan'da, Lee ve diğ. (2006) tarafından kış ve yaz mevsimlerinde olmak üzere 7 fotokopi merkezinde ortamdaki BTEK seviyeleri ölçülmüştür. Örnekler, Tenax TA sorbenti içeren tüplere alınmış ve GC-MS analiz tekniği kullanılarak analiz edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen Benzen ve Stiren değerleri üniversitedeki fotokopicilerde gerçekleştirilmiş olan çalışmada (Stefaniak ve diğ., 2000) elde edilen Benzen ve Stiren değerlerine göre çok yüksektir. Bu farkın; işletmelerin büyüklük, havalandırılma oranı, işletmelerde kullanılan toner tipi, çekilen fotokopi sayısı, ortamdaki diğer UOB kaynakları, dış ortam hava kalitesi vb. farklılıklardan dolayı oluştuğu düşünülmektedir (Lee ve diğ., 2006).

Fotokopicilerde yapmış olduğumuz çalışma sonucunda elde edilen BTEKS değerleri, Lee ve diğ. (2006) raporladığı değerlerden daha düşük iken, Hong Kong'da Lee ve diğ.(2002) ile Guo ve diğ. (2003) tarafından yapılmış 2 ayrı çalışmadan elde edilen sonuçlarla karşılaştırılabilir olduğu görülmektedir.

Kim ve diğ. (2001) tarafından yapılan bir çalışmada, içlerinde ofislerin ve restoranlarında bulunduğu pek çok mikro çevreden toplanan örneklerde 15 farklı UOB belirlenmiştir. Bu çalışmada Birmingham Üniversitesinde bulunan 6 ofisten ve şehir merkezinde bulunan 6 restorandan, Tenax GR ve Carbotrap sorbentleri içeren tüpler kullanılarak örnekler toplanmış ve termal desorpsiyon üniteli GC-MS analiz tekniği kullanılarak analiz edilmiştir. Ofislerden elde edilen BTEK değerleri bizim sonuçlarla benzer olup, restoranlarda hesaplanan Benzen, Toluen ve Ksilen değerleri bizim çalışmamızdaki sonuçlardan yüksek bulunmuştur.

İspanya'da Caro ve Gallego (2009) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, ev boyacıları, vernikleme işçileri, oto boyacılar ve benzin istasyonundaki pompacıların UOB maruziyeti araştırılmıştır. Hava örneklerinde 26 farklı UOB, termal desorber üniteli GC/MS cihazı ile belirlenmiştir. 6 oto boyama atölyesinden elde edilen

bileşikler içerisinde kirletici oranı en yüksek olarak tespit edilen Toluen, 2000 – 100000 µg/m³ düzeyleri aralığında bulunmuştur.

Hem İspanya’da oto boyacılar üzerine yapılan çalışmada elde edilen ölçüm sonuçları hem de bizim çalışmamızda boyacılardan elde edilen sonuçların, diğer mikro çevrelere nazaran çok yüksek olması; oto boyama sektörünün UOB kirliliğine katkısının önemli seviyede olduğunu ortaya koymaktadır.

Gerek bu çalışmada gerekse dünyada yapılan diğer çalışmalarda incelenen mikro çevrelerde iç ortam seviyelerinin dış ortam seviyelerinden belirgin olarak daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.19’da literatürde yaygın olarak çalışılan UOB’ler (Benzen, Toluen, Etilbenzen, Ksilenler ve Stiren) için çalışmamızdan ve yukarıda anlatılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar bir arada verilmektedir.

Tablo 3.19. UOB'lerin iç ve dış ortam derişimlerinin belirlenmesine yönelik daha önce yapılan çalışmalar

Şehir, Ülke	Mevsim	Örneklenen Çevre	Örnek Sayısı	Ortam	Ortalama Derişim ($\mu\text{g} / \text{m}^3$)						Referans
					Benzen	Toluen	Etilbenzen	m,p-Ksilen	Stiren	o-Ksilen	
Kocaeli, Sakarya, Türkiye	Kış	Restoran	6	İç ortam	11,63	13,2	2,71	2,47	1,05	1,76	Bu çalışma
				Dış ortam	6,48	11,61	0,98	2,20	0,21	1,16	
		Kuru Temizleme	6	İç ortam	3,14	348,14	0,86	1,83	2,03	1	
				Dış ortam	4,01	12,55	0,19	0,72	0,18	0,29	
		Fotokopi	6	İç ortam	3,42	13,70	0,75	1,52	0,82	0,58	
				Dış ortam	2,75	8,49	0,50	1,11	0,67	0,61	
	Oto-Boya	6	İç ortam	23,89	-	256,07	352,08	151,89	207,36		
			Dış ortam	11,13	339,02	35,10	68,92	43,75	42,55		
	Yaz	Restoran	6	İç ortam	7,08	23,14	2,26	4,13	1,42	2,62	
				Dış ortam	4,01	18,11	1,54	3,56	0,4	1,79	
		Kuru Temizleme	6	İç ortam	1,31	247,19	0,93	1,45	2,48	1,16	
				Dış ortam	2,31	21,15	0,14	0,72	0,03	0,35	
Fotokopi		6	İç ortam	2,8	18,22	0,68	1,36	2,74	0,79		
			Dış ortam	1,46	6,03	0,13	0,54	0,16	0,17		
Oto-Boya	6	İç ortam	6,83	1870	128,33	242,34	195,90	99,78			
		Dış ortam	5,36	512,90	20,07	36,20	95,17	16,10			
Kore, Endonezya Çin, Malezya, Amerika		Restoran	15	İç ortam	-	15,6	-	316,4	2222	-	Rahman ve Kim, 2012
İspanya		Oto-Boya	6	İç ortam	-	19169	3825	6598	342	14127	Caro ve Gallego 2009
Tayvan	Kış	Fotokopi	25	İç ortam	511,8	424,6	53,18	129,92	44,34	-	Lee ve diğ., 2006
	Yaz	Fotokopi	25	İç ortam	116,5	1496,1	44	116,08	28,92	-	

Tablo 3.19. (Devamı) UOB'lerin iç ve dış ortam derişimlerinin belirlenmesine yönelik daha önce yapılan çalışmalar

Şehir, Ülke	Mevsim	Örneklenen Çevre	Örnek Sayısı	Ortam	Ortalama Derişim ($\mu\text{g} / \text{m}^3$)						Referans
					Benzen	Toluen	Etilbenzen	m,p-Ksilen	Stiren	o-Ksilen	
Hong Kong	Yaz	Restoran	1	İç ortam	18,4	156,1	-	-	-	-	Lee ve diğ., 2001
				Dış ortam	11,1	208,3	-	-	-	-	
Baltimore, Maryland		Fotokopi	17	İç ortam	0,9	893,3	5,2	24,38	1,7	12,34	Stefaniak ve diğ., 2000
Hung Hum, Kowloon, Hong Kong	Kış	Restoran	4	İç ortam	7,17	8,46	8,40	8,82	-	3,01	Lee ve diğ., 2002
				Dış ortam	7,54	2,33	3,92	6,61	-	3,44	
		Ofis	10	İç ortam	4,02	44,29	8,98	13,68	-	49,88	
				Dış ortam	3,89	39,56	5,24	5,44	-	4,42	
Hong Kong	Kış	Restoran	4	İç ortam	10,34	85,77	8,59	10,93	-	5,94	Guo ve diğ., 2003
				Dış ortam	7,27	76,44	4,89	8,89	-	12,25	
		Ofis	6	İç ortam	4,40	47,29	7,81	12,99	-	14,54	
				Dış ortam	4,97	54,57	5,64	5,69	-	4,61	
Birmingham, United Kingdom	Kış	Restoran	6	İç ortam	22,7	57	6,2	10,95	1,4	6	Kim ve diğ., (2001)
		Ofis	12	İç ortam	5,9	22	2,4	3,85	0,6	1,8	
Kore, Endonezya, Çin, Malezya		Restoran	16	İç ortam	320,5	444,1	100	-	28,9	-	Kabir ve diğ., 2010

3.6. Maruziyet Riski Değerlendirilmesi

Risk değerlendirme hesaplamalarında, Kocaeli ve Sakarya illerinde örneklenen farklı mikro çevrelere ait ortalama UOB derişimleri (C_{hava}) kullanılmıştır. Alım miktarı (CDI) birçok parametreye bağılı olarak değişebilen bir parametredir. Çalışanların maksimum 25 yıl aynı işyerinde çalıştıkları kabul edilmiştir. Bu çalışma süresince yıllık izin dolayısıyla yılda 2 hafta ve hafta sonları 2 gün çalışmadıkları kabul edilmiştir. İlave olarak, çalışma günlerinde 10 saat bu ortam havasını soludukları kabul edilmiştir.

Kanserojenik risk hesaplamaları için Denklem (2.3), (2.5) ve (2.6)'daki formüller kullanılmıştır. Bir insan ömrü 70 yıl olarak kabul edilerek CDI_{ca} (kanserojen olan kimyasalların kronik günlük alım miktarı) hesaplanmıştır. Sözü edilen formüller kullanılarak elde edilen kanserojenlik risk birimsizdir. Formüllerde risk hesaplamaları için kullanılan birim risk değerleri (IUR) Tablo 2.14'de verilmiştir. Kanseri riski hesaplamalarından elde edilen sonuçların önemini ifade edilmesinde literatürde farklı yorumlamalar bulunsa da genel kanı olarak, kanserojenik risk değeri, 1×10^{-6} (1,0E-06) veya büyük olduğunda önemli kabul edilir. Kanseri riski olarak 1,0E-06 değerine karşılık gelen derişimlerde yani maruziyetin söz konusu olması durumunda, 1 milyon kişiden 1 kişinin kanseri olma riskini taşıdığı anlamına gelmektedir. Bu çalışmada değerlendirmeler kanseri riski sınır değeri 1,0E-06 baz alınarak yapılmıştır.

Risk karakterizasyonunda diğer bir yaklaşım da tehlike indeksinin kullanılmasıdır. Kanserojen olmayan maddeler için risk değerlendirmesi, tehlike indeksi (HQ) ile ifade edilir ve birimsizdir. Kanserojen olmayan risk hesaplamalarında Denklem (2.4), (2.7) ve (2.8)'deki formüller kullanılarak öncelikle CDI_{nc} (kanserojen olmayan kimyasalların kronik günlük alım miktarı) ve HQ hesaplanmıştır. Formüllerde risk hesaplamaları için kullanılan referans derişim değerleri (RfC) Tablo 2.14'de verilmiştir. Bileşiklerin kanserojen olmayan etkilerinin belirlenebilmesi için kullanılan tehlike indeksi değeri (HQ), 1'e eşit ve 1'den büyük olduğu durumlarda risk mevcuttur; 1'den küçük olduğu durumlarda ise risk önemsiz sayılmaktadır (Colman Lerner ve diğ., 2012).

3.6.1. Restoranlarda, kuru temizlemecilerde, fotokopicilerde ve boyacılarda kanserojenik risklerin değerlendirilmesi

Risk değerlendirmesi 4 farklı alıcı grubu için hesaplanmıştır. Bunlardan ilki restoranlarda ocak başında bulunup ızgara işini yapanlar, ikincisi kuru temizlemecilerde çalışanlar, üçüncüsü fotokopi çekenler ve dördüncüsü sanayi ortamında boyama yapan oto boyacılarıdır.

Kocaeli ve Sakarya illerinde ölçümlerin gerçekleştirildiği ocak başı restoranlarda ızgaralara yakın temasta bulunarak pişirme işlemini gerçekleştiren kişilerin günlük kronik alım (CDI_{ca}) miktarı, bileşiklerin birim riskleriyle çarpılarak elde edilmiş kanserojenik risk değerleri Tablo 3.20'de verilmiştir. Restoranlar için ölçülen uçucu organik bileşiklerin tamamına yakınında kanser riski sınır değeri olarak kabul ettiğimiz $1,0E-06$ değerinin aşıldığı görülmektedir. Restoranlar için en yüksek risk değeri $10,3E-06$ olarak Benzen için elde edilmiş olup, sınır değeri tek başına aştığı görülmektedir. İncelenen UOB'lerin hava yoluyla alınan miktarları göz önüne alındığında restoranlarda toplam kanserojenik risk değeri $40,14E-06$ olup sınır değerinin 40 katı gibi bir değere ulaştığı hesaplanmıştır.

Örneklemlerin gerçekleştirildiği kuru temizlemecilerde temizleme makinelerine ürün yerleştiren, ütü yapan ya da genel anlamda temizleme solventini soluyan çalışanların günlük kronik alım (CDI_{ca}) miktarı, bileşiklerin birim riskleriyle çarpılarak elde edilmiş kanserojenik risk değerleri Tablo 3.21'de verilmiştir. Kuru temizlemeciler için Diklorometan ve Etilbenzen dışında ölçülen uçucu organik bileşiklerin tümünde kanser riski sınır değeri olarak kabul ettiğimiz $1,0E-06$ değerinin aşıldığı görülmektedir. Kuru temizlemeciler için en yüksek risk değeri $1,05E-05$ olarak Hekzaklorobutadien için elde edilmiş olup, sınır değeri tek başına aştığı görülmektedir. İncelenen UOB'lerin hava yoluyla alınan miktarları göz önüne alındığında kuru temizleme çalışanlarının toplam kanserojenik risk değeri $41,11E-06$ olup sınır değerinin 41 katı gibi bir değere ulaştığı hesaplanmıştır.

Tablo 3.20. Restoranlarda ölçülen UOB'lerin kanserojenik risk değerleri

Bileşik	IUR 1/($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C_{hava} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CDI_{ca} (mg/m^3)	ECR
Diklorometan	8,00E-08	5,87	0,598	4,79E-08
Karbon Tetraklorür	6,00E-06	9,82	1,000	6,01E-06
1,2-Dikloroetan	2,60E-05	1,76	0,179	4,68E-06
Benzen	7,80E-06	12,95	1,319	1,03E-05
1,2-Dikloropropan	1,00E-05	2,70	0,275	2,75E-06
Bromodiklorometan	3,70E-05	1,20	0,121	4,51E-06
Etilbenzen	2,50E-06	2,94	0,300	7,50E-07
Bromoform	1,10E-06	36,18	3,687	4,06E-06
1,2-Dibromo-3 kloropropan	6,90E-07	30,97	3,156	2,18E-06
Hekzaklorobutadien	2,20E-05	2,12	0,215	4,75E-06
Toplam Risk				40,14E-06

Tablo 3.21. Kuru temizlemecilerde ölçülen UOB'lerin kanserojenik risk değerleri

Bileşik	IUR 1/($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C_{hava} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CDI_{ca} (mg/m^3)	ECR
Diklorometan	8,00E-08	10,59	1,079	8,63E-08
Karbon Tetraklorür	6,00E-06	7,84	0,799	4,80E-06
1,2-Dikloroetan	2,60E-05	2,10	0,214	5,57E-06
Benzen	7,80E-06	2,42	0,247	1,92E-06
1,2-Dikloropropan	1,00E-05	2,18	0,222	2,22E-06
Bromodiklorometan	3,70E-05	1,20	0,122	4,51E-06
Etilbenzen	2,50E-06	1,67	0,170	4,24E-07
Bromoform	1,10E-06	78,87	8,038	8,84E-06
1,2-Dibromo-3- kloropropan	6,90E-07	31,86	3,247	2,24E-06
Hekzaklorobutadien	2,20E-05	4,68	0,477	1,05E-05
Toplam Risk				41,11E-06

Örneklemelemlerin gerçekleştirildiği fotokopi merkezlerinde çalışanların günlük kronik alım (CDI_{ca}) miktarı, bileşiklerin birim riskleriyle çarpılarak elde edilmiş kanserojenik risk değerleri Tablo 3.22’de verilmiştir. Fotokopiciler için Diklorometan, 1,2-Dikloropropan ve Etilbenzen dışında llen uçucu organik bileşiklerin tümünde kanser riski sınır değerini olarak kabul ettiğimiz $1,0E-06$ değerinin aşıldığı grlmektedir. Fotokopiciler için en yüksek risk değerini $6,34E-06$ olarak Karbon Tetraklorür için elde edilmiş olup, sınır değerini tek başına aştığı grlmektedir. İncelenen UOB’lerin hava yoluyla alınan miktarları göz önüne alındığında fotokopi merkezlerinde çalışanların toplam kanserojenik risk değerini $17,76E-06$ olup sınır değerini 18 katı gibi bir değere ulaştığı hesaplanmıştır.

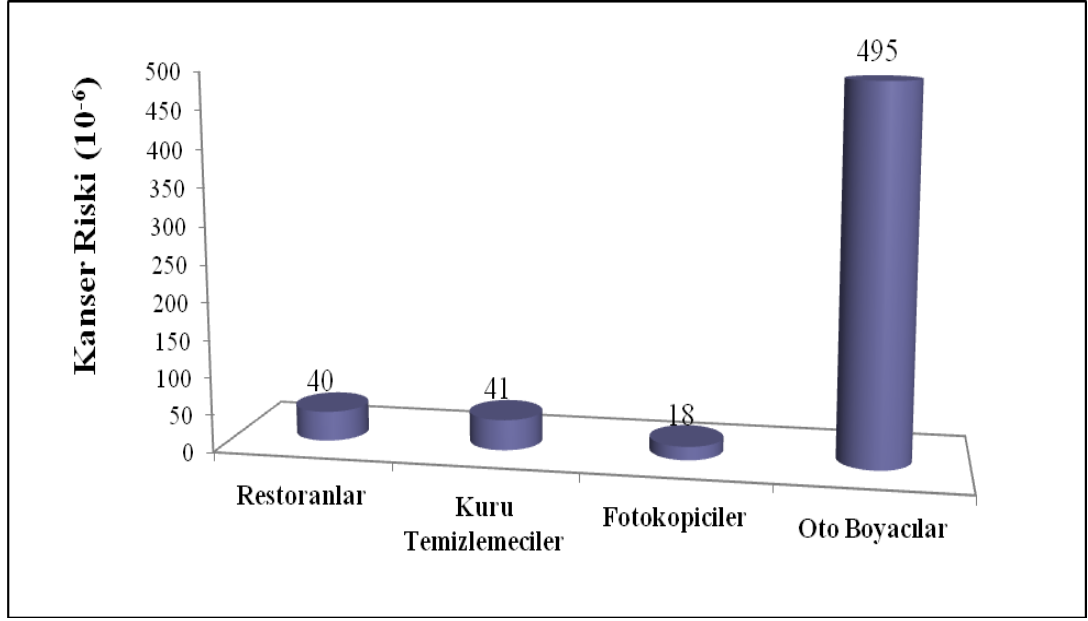
Tablo 3.22. Fotokopicilerde llen UOB’lerin kanserojenik risk değerleri

Bileşik	IUR $1/(\mu\text{g}/\text{m}^3)$	C_{hava} $(\mu\text{g}/\text{m}^3)$	CDI_{ca} (mg/m^3)	ECR
Diklorometan	$8,00E-08$	2,60	0,265	$2,12E-08$
Karbon Tetraklorür	$6,00E-06$	10,37	1,057	$6,34E-06$
1,2-Dikloroetan	$2,60E-05$	0,59	0,060	$1,56E-06$
Benzen	$7,80E-06$	3,23	0,329	$2,56E-06$
1,2-Dikloropropan	$1,00E-05$	0,82	0,084	$8,36E-07$
Bromodiklorometan	$3,70E-05$	0,30	0,031	$1,13E-06$
Etilbenzen	$2,50E-06$	1,43	0,146	$3,64E-07$
Bromoform	$1,10E-06$	17,55	1,788	$1,97E-06$
1,2-Dibromo-3-kloropropan	$6,90E-07$	22,26	2,269	$1,57E-06$
Hekzaklorobutadien	$2,20E-05$	0,63	0,064	$1,42E-06$
Toplam Risk				$17,76E-06$

Örneklemelemlerin gerçekleştirildiği oto sanayilerinde arabaların kaporta, astar ve boya işlerinin yapıldığı işletmelerde çalışanların günlük kronik alım (CDI_{ca}) miktarı, bileşiklerin birim riskleriyle çarpılarak elde edilmiş kanserojenik risk değerleri Tablo 3.23’de verilmiştir. Boyacılar için ölçülen uçucu organik bileşiklerin tümünde kanser riski sınır değerini olarak kabul ettiğimiz 1,0E-06 değerinin aşıldığı grlmektedir. Boyacılar için en yüksek risk değerini 2,01E-04 olarak 1,2-Dikloroetan için elde edilmiş olup, sınır değerini tek başına aştığı grlmektedir. İncelenen UOB’lerin hava yoluyla alınan miktarları göz önüne alındığında boyacılarda çalışanların toplam kanserojenik risk değerini 494,48E-06 olup sınır değerinin 495 katı gibi yüksek bir değere ulaştığı hesaplanmıştır.

Tablo 3.23. Boyacılarda llen UOB’lerin kanserojenik risk değerleri

Bileşik	IUR 1/(g/m³)	C_{hava} (g/m³)	CDI_{ca} (mg/m³)	ECR
Diklorometan	8,00E-08	618,17	63,001	5,04E-06
Karbon Tetraklorür	6,00E-06	202,36	20,626	1,24E-04
1,2-Dikloroetan	2,60E-05	75,68	7,714	2,01E-04
Benzen	7,80E-06	53,38	5,441	4,24E-05
1,2-Dikloropropan	1,00E-05	4,06	0,414	4,14E-06
Bromodiklorometan	3,70E-05	3,83	0,391	1,45E-05
Etilbenzen	2,50E-06	280,81	28,621	7,16E-05
Bromoform	1,10E-06	239,70	24,431	2,69E-05
1,2-Dibromo-3- kloropropan	6,90E-07	48,81	4,975	3,43E-06
Hekzaklorobutadien	2,20E-05	1,00	0,102	2,23E-06
Toplam Risk				494,48E-06



Şekil 3.9. Restoran, kuru temizlemeci, fotokopici ve boyacılarda kanser risk değerlendirmesi

Sonuçlar incelendiğinde, çalışmada ele alınan dört farklı sektörde çalışan kişilerin yüksek kanser riski taşıdıkları görülmektedir. Çok sayıda kirleticinin tek başına dahi hesaplanan kanser risk değerlerinin sınır değerleri aşıyor olması incelenen ortamlarda çalışan kişilerin maruz kaldıkları kirlilik nedeniyle kanser hastalığına yakalanma risklerinin ne kadar yüksek olduğuna işaret etmektedir (Şekil 3.9). Kanser risk değerleri göz önüne alındığında incelenen sektörler arasında oto boyacılarda çalışanların yoğun kirletici maruziyeti nedeniyle hesaplanan kanserojenik risk değerleri de en yüksek bulunmuştur. Genel olarak işletmeler için ayrı ayrı hesaplanan kanser risklerine bakıldığında, en az riske fotokopilerde çalışanlarda rastlanırken bunu sırasıyla restoran ve kuru temizlemeciler takip etmektedir.

3.6.2. Restoranlarda, kuru temizlemecilerde, fotokopicilerde ve boyacılarda kanserojenik olmayan risklerin değerlendirilmesi

Kanserojenik olmayan risklerin hesaplanmasında, Kocaeli ve Sakarya illerinde örneklenen farklı mikro çevrelerde UOB'lerin ortalama derişimleri (C_{hava}) kullanılmıştır. Bu değerler restoranlar için Tablo 3.24'te; kuru temizlemeciler için Tablo 3.25'de; fotokopiciler için Tablo 3.26'da ve oto boyacılar için Tablo 3.27'de verilmektedir.

Tablo 3.24. Restoranlarda ölçülen UOB'lerin toplam kanserojenik olmayan riskleri

Bileşik	RfC (mg/m ³)	C _{hava} (µg/m ³)	CDI _{nc} (mg/m ³)	HQ
Diklorometan	6,00E-01	5,87	0,0017	2,79E-03
trans-1,2-Dikloroetilen	6,00E-02	13,42	0,0038	6,38E-02
1,1,1-Trikloroetan	5,00E+00	4,70	0,0013	2,68E-04
Karbon Tetraklorür	1,00E-01	9,82	0,0028	2,80E-02
1,2-Dikloroetan	7,00E-03	1,76	0,0005	7,19E-02
Benzen	3,00E-02	12,95	0,0037	1,23E-01
1,2-Dikloropropan	4,00E-03	2,70	0,0008	1,93E-01
Toluen	5,00E+00	22,91	0,0065	1,31E-03
Klorobenzen	5,00E-02	2,10	0,0006	1,20E-02
Etilbenzen	1,00E+00	2,94	0,0008	8,40E-04
Ksilenler	1,00E-01	7,16	0,0020	2,04E-02
Stiren	1,00E+00	1,41	0,0004	4,02E-04
İzopropilbenzen	4,00E-01	2,44	0,0007	1,74E-03
1,2,4-Trimetilbenzen	7,00E-03	5,99	0,0017	2,44E-01
1,2-Dibromo-3-kloropropan	2,00E-04	30,97	0,0088	4,42E+01
Toplam Tehlike İndeksi				44,96

Tablo 3.25. Kuru temizlemecilerde ölçülen UOB'lerin toplam kanserojenik olmayan riskleri

Bileşik	RfC (mg/m³)	C_{hava} (µg/m³)	CDI_{nc} (mg/m³)	HQ
1-1 Dikloroetilen	2,00E-01	4,98	0,0014	7,10E-03
Diklorometan	6,00E-01	10,59	0,0030	5,04E-03
trans-1,2-Dikloroetilen	6,00E-02	11,09	0,0032	5,28E-02
1,1,1-Trikloroetan	5,00E+00	7,78	0,0022	4,44E-04
Karbon Tetraklorür	1,00E-01	7,84	0,0022	2,24E-02
1,2-Dikloroetan	7,00E-03	2,10	0,0006	8,57E-02
Benzen	3,00E-02	2,42	0,0007	2,30E-02
1,2-Dikloropropan	4,00E-03	2,18	0,0006	1,56E-01
Toluen	5,00E+00	286,91	0,0819	1,64E-02
Klorobenzen	5,00E-02	7,20	0,0021	4,11E-02
Etilbenzen	1,00E+00	1,67	0,0005	4,75E-04
Ksilenler	1,00E-01	5,29	0,0015	1,51E-02
Stiren	1,00E+00	3,50	0,0010	9,98E-04
İzopropilbenzen	4,00E-01	3,03	0,0009	2,16E-03
1,2,4-Trimetilbenzen	7,00E-03	11,47	0,0033	4,67E-01
1,2-Dibromo-3-kloropropan	2,00E-04	31,86	0,0091	4,55E+01
Toplam Tehlike İndeksi				46,36

Tablo 3.26. Fotokopicilerde ölçülen UOB'lerin toplam kanserojenik olmayan riskleri

Bileşik	RfC (mg/m³)	C_{hava} (µg/m³)	CDI_{nc} (mg/m³)	HQ
1-1 Dikloroetilen	2,00E-01	2,56	0,0007	3,65E-03
Diklorometan	6,00E-01	2,60	0,0007	1,24E-03
trans-1,2-Dikloroetilen	6,00E-02	5,55	0,0016	2,64E-02
1,1,1-Trikloroetan	5,00E+00	3,73	0,0011	2,13E-04
Karbon Tetraklorür	1,00E-01	10,37	0,0030	2,96E-02
1,2-Dikloroetan	7,00E-03	0,59	0,0002	2,39E-02
Benzen	3,00E-02	3,23	0,0009	3,07E-02
1,2-Dikloropropan	4,00E-03	0,82	0,0002	5,85E-02
Toluen	5,00E+00	16,36	0,0047	9,34E-04
Klorobenzen	5,00E-02	1,50	0,0004	8,58E-03
Etilbenzen	1,00E+00	1,43	0,0004	4,08E-04
Ksilenler	1,00E-01	2,66	0,0008	7,59E-03
Stiren	1,00E+00	2,32	0,0007	6,63E-04
İzopropilbenzen	4,00E-01	2,36	0,0007	1,68E-03
1,2,4-Trimetilbenzen	7,00E-03	2,15	0,0006	8,76E-02
1,2-Dibromo-3-kloropropan	2,00E-04	22,26	0,0064	3,18E+01
Toplam Tehlike İndeksi				32,05

Tablo 3.27. Boyacılarda ölçülen UOB'lerin toplam kanserojenik olmayan riskleri

Bileşik	RfC (mg/m ³)	C _{hava} (µg/m ³)	CDI _{nc} (mg/m ³)	HQ
1-1 Dikloroetilen	2,00E-01	40,61	0,0116	5,80E-02
Diklorometan	6,00E-01	618,17	0,1764	2,94E-01
trans-1,2-Dikloroetilen	6,00E-02	111,05	0,0317	5,28E-01
1,1,1-Trikloroetan	5,00E+00	308,67	0,0881	1,76E-02
Karbon Tetraklorür	1,00E-01	202,36	0,0578	5,78E-01
1,2-Dikloroetan	7,00E-03	75,68	0,0216	3,09E+00
Benzen	3,00E-02	53,38	0,0152	5,08E-01
1,2-Dikloropropan	4,00E-03	4,06	0,0012	2,90E-01
Klorobenzen	5,00E+00	567,49	0,1620	3,24E+00
Etilbenzen	5,00E-02	280,81	0,0801	8,01E-02
Ksilenler	1,00E+00	652,60	0,1862	1,86E+00
Stiren	1,00E-01	164,21	0,0469	4,69E-02
İzopropilbenzen	1,00E+00	13,08	0,0037	9,33E-03
1,2,4-Trimetilbenzen	4,00E-01	97,50	0,0278	3,97E+00
1,2-Dibromo-3-kloropropan	7,00E-03	48,81	0,0139	6,96E+01
Toplam Tehlike İndeksi				84,21

Boyacılarda yapılan UOB örneklemelelerinde Toluen derişimi hesaplanamadığı için bu bileşğin kanserojen olmayan risk miktarı hesaplamalara dahil edilmemiştir. Boyacılar için yüksek olan toplam tehlike indeksinin, Toluen'den kaynaklanan riskin de eklenmesiyle daha da yükseleceği düşünülmektedir.

İncelenen mikro çevrelerde toplam tehlike indeksi için referans değer (1) göz önüne alınarak değerlendirildiğinde restoranlar için sınır değerın 45 katı, kuru temizlemeciler için sınır değerın 46 katı, fotokopiciler için sınır değerın 32 katı ve boyacılar için de sınır değerın 84 katı gibi oldukça yüksek değerler tespit edilmiştir.

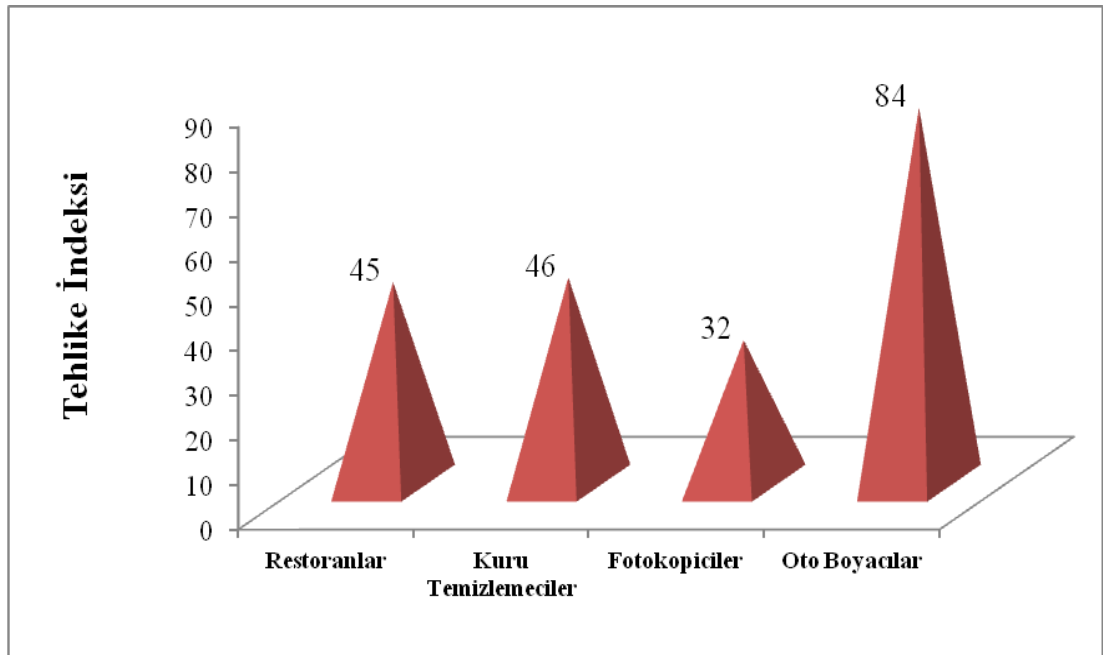
Örneklenen bütün iç ortamlarda 1,2-Dibromo-3-kloropropan (DBCP) bileşiği yüksek derişimlerde elde edilmiştir. Bu sonuç, toplam tehlike indeksi sonuçlarını de etkileyerek, oto boyacılar dışındaki diğer işletmelerde sınır değerın aşılmasına sebep olmuştur. DBCP, alifatik yapıda bir UOB olup genel kullanımı pestisit ve dezenfektan amaçlıdır. Ortamda kalıcılıkları çok uzun süre olan bu kirleticilerin, geçen süre zarfında seviyelerinin değişim göstermediği ve hatta sabit kaldığı tespit edilmiştir (Whyatt ve diğ., 2007).

Hava kirliliği çalışmalarının çoğunda tespit edilemeyen DBCP, çalışmamızda oldukça yüksek derişimlerde tespit edilmiştir. Bunun daha çok kullanılan kimyasal ve ilaçlama ürünlerinde DBCP kullanımından kaynaklandığı düşünölmüştür. En azından ölçümün yapıldığı iş yerlerinde kullanılan ahşap koruyucu ya da yapıştırıcı içeriklerinde veya haşare, sinek ve böceklerle mücadele amaçlı kullanılan kimyasallarda DBCP bulunduğuna işaret etmektedir.

Tayvan'da Juang ve diğ. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada, kirlili bir nehrin çevre havasında 10 farklı alifatik ve 16 farklı aromatik UOB belirlenmiştir. Fong Shan nehri yakınlarında örneklenen 1,2-Dibromo-3-kloropropan (DBCP), Hekzaklorobutadien (HCBd) ve 1,2-Dibromoetan (1,2-DBE) bileşiklerinin düzeyleri, nehre belirli mesafedeki bölgelerde yapılan örneklemelede bizim çalışmamıza nazaran çok daha yüksek değerlerde bulunmuştur. OSHA (1989) tarafından yayınlanan raporda havadaki DBCP'a maruziyet düzeyinin, 40 hafta ve üzeri durumlarda günde 8 saat için, 1 ppb'den (yaklaşık olarak $9,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$) daha az olması gerektiği bildirilmiştir. Gerçekleştirilen 40 örnekleme sonucunda, 1,2-Dibromo-3-kloropropan (DBCP), Hekzaklorobutadien (HCBd) ve 1,2-Dibromoetan (1,2-DBE) bileşiklerinin elde edilen maksimum değerleri sırasıyla, $574,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $716,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve $708,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Sonuçlar, tanımlanan değerın çok çok üzerindedir.

Kanserojen olan kirleticiler için yapılan risk hesaplamalarından elde edilen sonuca benzer olarak, kanserojen olmayan risk değerlerine en az fotokopicilerde, en yüksek ise oto boyacılarda rastlanmıştır. Özellikle sanayi ortamında bulunan oto boyacılarda çalışan insanların çok yüksek UOB emisyonlarına maruz kalması nedeniyle incelenen mikro çevreler arasında bu sektör çalışanlarının sağlık riski açısından en riskli grubu oluşturduğunu söyleyebiliriz.

Kanserojen olmayan kirleticiler için yapılan risk hesaplamaları sonucu, restoranlar, kuru temizlemeciler ve fotokopi merkezi çalışanları için elde edilen değerler birbirine yakın çıkmıştır. Oto boyacılarda çalışanların maruz kaldığı risk restoran, kuru temizlemeci ve fotokopi merkezi çalışanlarına göre yaklaşık 2 kat daha yüksek bulunmuştur (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. İncelenen dört sektör için tehlike indeksi değerlendirilmesi

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

4.1. Sonuçlar

Güvenli düzeyin üzerine çıkmış olan hava kirliliğinin neden olduğu sağlık problemleri ve tehlikeleri son yüzyılın önemli sorunlarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapılan çalışmalar iç ortam hava kalitesinin insan sağlığı açısından önemli bir gösterge olduğunu ortaya koymuştur. İç ortam kirletici seviyelerinin dış ortamdaki yaklaşık 5 - 100 kat daha fazla olması ve insanların zamanlarının % 90'ını dış ortam havasından daha fazla kirletici içerebilen iç ortamlarda geçirmeleri nedeniyle iç ortamların insan sağlığını doğrudan etkileyerek yüksek bir risk oluşturma potansiyeline sahip olduğu söylenebilir. UOB'in çok sayıda iç ortam kaynakları arasında önemli yer tutan kuru temizleme ile temizlenmiş giysiler, oda kokuları, mobilya koruyucuları ve ilaçlar, bina yapım malzemeleri, büro malzemeleri, boya ve vernik gibi maddelerle akut karşılaşma sonucunda depresyon, baş ağrısı, yorgunluk, konfüzyon, gözlerde burunda ve boğazda yanma, kronik karşılaşma sonucunda ise psiko-organik sendrom veya presenil demans tablosu, Benzen'in kronik maruziyeti kemik iliği zedelenmesine ve buna bağlı olarak hematolojik hastalıklara ve lösemiye yol açabiliyor olması, konunun önemini arttırmaktadır.

Çalışma kapsamında incelenen dört mikro çevre için de iç ortam derişim düzeyleri dış ortam derişim düzeylerinden yüksek bulunmuştur. En yüksek iç ortam UOB derişim düzeyleri sırasıyla boyacılar, kuru temizlemeciler, restoranlar ve fotokopicilerde elde edilmiştir. İncelenen restoranlar, kuru temizlemeciler ve fotokopicilerin dış ortam derişim düzeyleri birbirine yakın bulunurken boyacıların hem iç ortam hem de dış ortam derişim düzeylerinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedenleri arasında oto boyacıların iç ortamlarında elde edilen yüksek kirlilik düzeyinin dış ortama taşınımının yanı sıra oto boyacıların zaten kirli bir havaya sahip sanayi bölgelerinde yer alması gösterilebilir.

İncelenen restoranlar, kuru temizlemeciler, fotokopiciler ve boyacılarda iç ortam / dış ortam derişim oranlarının yaklaşık 2 - 13 arasında tespit edilmesi yoğun endüstri ve trafiğin etkisinde olan dış ortamların iç ortamlar üzerinde etkisinin olmasına karşın, incelenen UOB'ler üzerinde iç ortam kaynaklarının daha baskın olduğuna işaret etmektedir.

İç ortam / dış ortam derişim oranları restoranlar için ele alındığında; Diklorometan, Bromoklorometan, 1,1,1-Trikloroetan, Karbon Tetraklorür, 1,2-Dikloroetan, Benzen, 1,2-Dikloropropan, Bromodiklorometan, Klorodibromometan, Stiren, İzopropilbenzen, sec-Butilbenzen, İzopropiltoluen ve 1,2-Dibromo-3-kloropropan'ın restoran faaliyetlerini temsil eden işaretçi (marker) bileşikler olduğu ve bu bileşikler için dış ortamdaki ziyade restoranların iç ortamlarında daha baskın kaynaklarının bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Benzer değerlendirme kuru temizlemeciler için yapıldığında; Diklorometan, 1,1,1-Trikloroetan, 1,2-Dikloropropan, Dibromometan, Toluen, Klorodibromometan, Klorobenzen, Etilbenzen, m,p-Ksilen, Bromoform, Stiren, o-Ksilen, İzopropilbenzen, 1,2,4-Trimetilbenzen, sec-Butilbenzen, İzopropiltoluen, 1,2-Dibromo-3-kloropropan ve Hekzaklorobutadien'in kuru temizleme faaliyetlerini temsil eden işaretçi bileşikler olduğu ve bu bileşikler için dış ortamdaki ziyade kuru temizlemecilerin iç ortamlarında daha baskın kaynaklarının bulunduğu söylenebilir.

Fotokopiciler için, Bromoklorometan, 1,1,1-Trikloroetan, Karbon Tetraklorür, 1,2-Dikloropropan, Dibromometan, Stiren, 1,2,4-Trimetilbenzen, izopropiltoluen ve 1,2-Dibromo-3-kloropropan işaretçi bileşikler olup bu bileşikler için dış ortamdaki ziyade fotokopicilerin iç ortamlarında daha baskın kaynaklarının bulunduğu tespit edilmiştir.

Oto boyacıları temsil eden işaretçi bileşiklerin ise 1,1,1-Trikloroetan, 1,2-Dikloroetan, Toluen, Etilbenzen, m,p-Ksilen, Stiren, o-Ksilen ve sec-Butilbenzen olduğu ve bu bileşikler için dış ortamdaki ziyade oto boyacıların iç ortamlarında daha baskın kaynakların bulunduğu belirlenmiştir.

İncelenen restoranlar, fotokopiciler ve kuru temizlemecilerin iç ortam kış / yaz derişim oranlarının 1 civarında bulunması, bu mikro çevrelerin iç ortamlarında kış ve

yaz mevsimlerinde önemli bir farkın gözlenmediğine; oto boyacılar için bu oranın 2'ye yakın bulunması ise oto boyamanın yapıldığı iç ortamların küçük hacimlerde olmasının yanı sıra havalandırmanın yetersiz kalması nedeniyle bu mikro çevrelerin iç ortamlarında kış ve yaz mevsimlerinde önemli bir farkın gözlendiğine işaret etmektedir.

Kış / yaz derişim oranları restoran iç ortamları için ele alındığında; trafiğin işaretçi bileşği olan Benzen'in kış mevsimi derişimlerinin yaz mevsimi derişimlerinden daha yüksek olduğu, Bromoform ve 1,2-Dibromo-3-kloropropan bileşiklerinin ise yaz mevsimi derişimlerinin kış mevsimi derişimlerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Benzer değerlendirme kuru temizlemeciler için yapıldığında sadece Benzen bileşği için kış mevsimi derişimlerinin yaz mevsimi derişimlerinden daha yüksek olduğunu söyleyebiliriz. Fotokopicilerde de sadece 1,2-Dibromo-3-kloropropan bileşği için yaz mevsimi derişimlerinin kış mevsimi derişimlerinden daha yüksek olduğu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Oto boyacılar için yapılan değerlendirme sonucu, kış / yaz derişim oranları 1'in üzerinde bulunan trans-1,2-Dikloroeten ve Benzen bileşikleri için kış mevsimi derişimlerinin yaz mevsimi derişimlerinden daha yüksek olduğu söylenebilir.

Dikkat edilecek olursa iç ve dış ortam derişimleri arasında çok sayıda bileşik için istatistiksel olarak tespit edilen anlamlı fark, kış ve yaz mevsimleri arasında gözlenmemiştir. Kış mevsiminde ısınma amacıyla ve endüstride üretimlerin artmasına bağlı olarak fosil yakıt kullanımının artması, motorlu taşıtların soğuk çalışma emisyonlarının daha fazla olması, şehirdeki araç sayısının artması sonucunda kış mevsimi dış ortam derişimlerinin yaz mevsimi derişimlerinden yüksek olması beklenirken, kış ve yaz mevsimleri arasında önemli bir fark gözlenmemiştir.

Kış / yaz derişim oranları Kocaeli ili dış ortamları için ele alındığında Karbon Tetraklorür, Bromoform ve sec-Butilbenzen bileşiklerinin kış mevsimi derişimlerinin yaz mevsimi derişimlerinden daha yüksek olduğunu ve sadece Hekzaklorobutadien bileşğinin yaz mevsimi derişimlerinin kış mevsimi derişimlerinden daha yüksek olduğu söylenebilir.

Kış / yaz derişim oranları Sakarya ili dış ortamları için ele alındığında ise incelenen hiçbir bileşik için kış ve yaz mevsimleri derişimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Gerek ülkemizde gerekse de dünyada çalışmamıza konu olan mikro çevrelerde çok az sayıda çalışma yapılmıştır. Kuru temizlemeciler için yapılan benzer bir çalışma olmadığından karşılaştırmalar diğer mikro çevreler için yapılabilmektedir. Çalışmadan elde edilen BTEKS düzeyleri dünyada benzer mikro çevrelerde yapılan çalışmalardan elde edilen düzeyler ile karşılaştırıldığında dünyada restoranlar ve fotokopicilerde raporlanan düzeyler ile kıyaslanabilir düzeyde iken çalışmamızda oto boyacılar da elde edilen düzeylerin dünyanın diğer bölgelerinde yapılan çalışmaların sonuçları kadar yüksek olduğu görülmüştür. Oto boyama sektörünün UOB kirliliğine katkısının önemli seviyede yüksek olması hem bu çalışmadan elde edilen sonuçların hem de ileride bu sektörde yapılacak olan çalışmaların ne denli önemli olduğunu göstermektedir. İncelenen mikro çevrelerde gerek bu çalışmada gerekse dünyada yapılan çalışmalarda, iç ortam seviyelerinin dış ortam seviyelerinden belirgin olarak daha yüksek olması ve sınırlı sayıda iç ortam çalışmasının yapılmış olması iç ortamlarda daha fazla ve detaylı çalışmalar yapılması gerektiğine işaret etmektedir.

Toplam Kanser Riski değerleri göz önüne alındığında yapılan hesaplamalarda Toplam Kanser Risklerinin restoranlarda sınır değer 40 katı (1 milyonda 40 kişinin kanser riski taşıdığı), kuru temizlemecilerde sınır değer 41 katı (1 milyonda 41 kişinin kanser riski taşıdığı), fotokopicilerde sınır değer 18 katı (1 milyonda 18 kişinin kanser riski taşıdığı) ve boyacılar da ise sınır değer 495 katı (1 milyonda 495 kişinin kanser riski taşıdığı) olduğu tespit edilmiştir. İncelenen tüm mikro çevreler dikkate alındığında en yüksek kanser riski altında bulunan çalışanların oto boyacılar olduğu görülmektedir. Bunları kuru temizlemecilerde çalışanlar, ocak başında ızgara yapanlar ve fotokopi çekenlerin takip ettiğini söyleyebiliriz.

Restoran, kuru temizlemeciler, fotokopiciler ve oto boyacılar da kanserojen olmayan maddeler için Toplam Tehlike İndeksi değerleri dikkate alındığında örneklenen bütün işletmelerde sınır değer (1) aşıldığı tespit edilmiştir. Toplam Tehlike İndeksi değerleri düşükten yükseğe doğru fotokopiciler, restoranlar, kuru temizlemeciler ve boyacılar olarak bulunmuştur.

Sonuç olarak, incelenen mikro çevreler için hem Toplam Kanser Riski hem de Toplam Tehlike İndeksi değerleri, kabul edilebilir sınır değerlerin çok üzerinde bulunmuştur. Çalışma, bu tip sektörlerde çalışanların önemli risk altında bulduklarını ve kimyasal maddelere karşı zarar görmelerini önlemek ya da kabul edilebilir seviyelere çekmek için gerekli çalışmaların yetkili mercilerce bir an önce yapılması gerektiğini gözler önüne sermektedir.

4.2. Öneriler

Küçük ve Orta Ölçekli Sanayiye Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı (KOSGEB) tarafından Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler (KOBİ) tanımında 1-50 çalışana sahip işletmeler küçük ölçekli işletme olarak belirtilmektedir. Ülkemizde küçük ölçekli işletmeler, sayıları ve toplam istihdamdaki payları nedeniyle, ekonomide çok önemli bir yere sahiptir. Bu işletmelerin desteklenmesine yönelik devlet tarafından çeşitli programlar hayata geçirilmektedir. Özellikle 1 Ocak 1996 tarihinde Avrupa Birliği ile Gümrük Birliği'ne girmesinin ardından bu tür programlara verilen önem artmıştır. Ancak proje hazırlama kapasitesi düşük KOBİ'lerin KOSGEB desteklerinden faydalanması çok mümkün olmamaktadır.

Çalışmamız dahilinde incelenen küçük ölçekli işletmelerde elde edilen UOB kirlilik düzeyleri ve kanser risk değerlerinin yüksek olması, bu işletmelerde çalışma şartlarının iyi olmadığını ve acilen tedbirler alınması gerektiğini gözler önüne sermiştir. Bu aşamada sanayi üniversite işbirliklerinin geliştirilerek yapılacak araştırma projeleri ile işletmelere özel geliştirilecek kirlilik kontrol stratejileri ve yönetimi ile kirlilik düzeyleri sınır değerlere getirilmesi önerilmektedir.

Risklerin kontrolü, işyerindeki tehlikeleri ve bunlardan doğabilecek kötü sonuçları önlemeye veya etkilerini azaltmaya yönelik süreç olup önceliklerin ve belirlenmiş amaçların ışığında yürütülmektedir. İşyeri ortamında çalışanların kimyasal maddelere en kolay ve çoğunlukla farkında olmadan maruz kalma yolu solunum yoludur. Birçok sanayi kolunda çalışanlar gün içerisinde çalıştıkları işyerinin imalat çeşitliliğine bağlı olarak farklı miktarda kirlleticilerle karşı karşıya kalmaktadırlar. Bu nedenle tehlikeler belirlenmeli ve çalışanların maruziyet durumları saptanarak alınması gereken tedbirler araştırılmalıdır.

Bu çalışma kapsamında seçilen mikro çevrelerden oto boyacılarda etkin kişisel koruyucu donanımların (eldiven, maske vb.) çalışanlar tarafından kullanımının sağlanması çalışan sağlığının korunmasında önemli yararlar sağlayacaktır. Oto-boyamada kullanılan boyaların, çözücü oranlarının azaltılması veya mümkünse organik çözücü içermeyen boyaların kullanılması sağlanmalıdır. Diğer taraftan temizleme sektöründe çok yoğun kullanılan solvent çeşitlerinin miktarı ve kullanımı konularında personel bilgilendirilmelidir.

Çalışma kapsamında incelenen mikro çevrelerin iç ve dış ortamlarında elde edilen kirlilik düzeyleri değerlendirildiğinde, gelecekte dünyadaki diğer çalışmalara paralel şekilde kirlilik düzeyleri daha yüksek olan iç ortam çalışmalarına ağırlık verilmesi önerilmektedir. Özellikle oto boyama sektöründe gözlenen çarpıcı düzeyler, bu sektörde çalışanların hastane kayıtlarını da içerisine alacak istatistik çalışma ile bütünleştirilmesi çevresel kirleticilerin neden olduğu sağlık riskinin değerlendirilmesinde faydalı olacaktır.

İncelenen işletmelerin, küçük iç hacme sahip çalışma alanlarında, elde edilen yüksek kirlilik düzeylerinin düşürülmesini sağlayacak ve/veya kirleticileri ortamdan uzaklaştıracak mühendislik sistemlerine sahip olmadıkları; sahip olanlarında düzenli olarak çalıştırmadığı gözlenmiştir. Bu nedenle iç ortamlarda olumsuz etkilere neden olabilecek kirletici unsurları uzaklaştırarak, sağlıklı çalışma ortamları sağlamak için işletmelerin imalat bölümlerine uygun dizayn edilecek baca çekiş sistemleri, havalandırma ve genel kullanım alanlarına uygun iklimlendirme sistemleri önerilmektedir.

KAYNAKLAR

ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers), Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, Standard 62-2001, Atlanta, 2002.

Arif A. A., Shah S. M., Association between personal exposure to volatile organic compounds and asthma among US adult population, *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 2007, **80**, 711-719.

Arslanbaş D., Kocaeli’de Evler, Ofisler ve Okullarda Uçucu Organik Bileşiklerin Hesaplanması, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2008, 233128.

Aslan G., Sofuoğlu A., İnal F., Odabaşı M., Sofuoğlu S., İlköğretim okullarında bina-içi hava uçucu organik madde derişimleri: derslikler ile anasınıflarının karşılaştırılması, *IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Sempozyum Bildirisi*, 2010, 683-693.

Atımtay A., Bayram H., Can A., Çımrın A. H., Demiral B., Elçi M. A., Emri S., Ertaş S., Evyapan F., Güllü G., Karaca M., Karlıkaya C., Öztürk B., Sofuoğlu S., Şahin M., Tecer L. H., Yüksel H., Türkiye’nin Hava Kirliliği ve İklim Değişikliği Sorunlarına Sağlık Açısından Yaklaşım, Sağlık Bakanlığı, Ankara, 2010.

ATSDR (Agency of Toxicity Substances and Disease Registry US Public Health Service), Public Health statement- bromoform and dibromochloromethane, agency of toxicity substances and disease registry, CAS No.:75-25-2 and 124-48-1, USA, 2005, 1-6.

Aydın O., Havadaki SO₂ ve PM konsantrasyonunun İstatiksel Yöntemlerle modellenmesi: Zonguldak Şehir Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak, 2006.

Aydınlı B., Güven H., Kırksekiz S., Hava Kirliliği Nedir, Ölçüm ve Hava Kalite Modelleme Yöntemleri Nelerdir, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2009.

Baek S. O., Kim Y. S., Perry R., Indoor Air Quality in Homes, Offices and Restaurants in Korean Urban Areas-Indoor/Outdoor Relationships, *Atmospheric Environment*, 1997, **31**, 529-544

Baek S. O., Jenkins R. A., Characterization of trace organic compounds associated with aged and diluted sidestream tobacco, *Atmospheric Environment*, 2004, **38**, 6583-6599.

Baroja O., Rodríguez E., Gomez de Balugera Z., Goicolea A., Unceta N., Sampredo C., Alonso A., Barrio R.J., Multi-sorbent tubes sampling used in thermal desorption cold-trap injection with gas chromatography-mass spectrometry for C₂-C₆ hydrocarbon measurements in an urban atmosphere, *Journal of Environmental Science Health*, 2005, **40**, 343.

Barro R., Regueiro J., Llompart M., Jares C. G., Analysis of industrial contaminants in indoor air: Part 1. Volatile organic compounds, carbonyl compounds, polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls, *Journal of Gas Chromatography A*, 2006, **1216**, 540-566.

Batterman S., Metts T., Kalliokoski P., Diffusive uptake in passive and active adsorbent sampling using thermal desorption tubes, *Journal of Environmental Monitoring*, 2002, **4**, 870–878.

Bayat C., *Hava Kirlenmesi ve Kontrolü*, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Ders Notları, İstanbul, 2001.

Bayram H., Dış Ortam Hava Kirliliği ve Etkileri, *Göğüs Hastalıkları Dergisi*, Cilt: 2, Sayı: 2, Diyarbakır, 2004.

Bayram H., Dörtbudak Z., Evyapan F. F., Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığına Etkileri, Dünyada, Ülkemizde ve Bölgemizde Hava Kirliliği Sorunu, *Dicle Tıp Dergisi*, 33, 2006, 105-12.

Beving H., G Tornling G., Olsson P., Increased erythrocyte volume in car repair painters and car mechanics, *British Journal of Industrial Medicine*, 1991, **48**, 499-501.

Black M. S., Worthan A. W., Emissions from office equipment, *The 8th International Conference on Indoor Air and Climate*, Edinburgh, 1999.

Boubel R. W., Fox D. L., Turner D. B, Stern A. C., *Fundamentals of Air Pollution*, Elsevier Inc, 2008.

Broderick B. M., Marnane I. S., A comparison of the C₂-C₉ hydrocarbon compositions of vehicle fuels and urban air in Dublin Ireland, *Atmospheric Environment*, 2002, **36**, 975- 986.

Brooks B. O., Utter G. M., Debroy J. A., Sckimke R. D., Indoor air pollution: an edifice Complex, *Clinical Toxicology*, 1991, **29**(3), 315–374.

Brown S. K., Sim M. R., Abramson N. J., Gray C. N., Concentrations of volatile organic compounds in indoor air- a review, *Indoor Air*, 1994, **4**, 123-134.

Brown S. K., Assessment of pollutant emissions from dryprocess photocopiers, *Indoor Air*, 1999, **9**, 259-267.

Bruno P., Caputi M., Caselli M., de Gennaro G., de Rienzo M., Reliability of a BTEX radial diffusive sampler for thermal desorption: field measurements, *Atmospheric Environonment*, 2005, **39**, 1347–1355.

Caro J., Gallego M., Environmental and biological monitoring of volatile organic compounds in the workplace, *Chemosphere*, 2009, **77**, 426-433.

Caselli M., Gennaro G., Saracino M. R., Tutino M., Indoor contaminants from newspapers: VOCs emissions in newspaper stands, *Environmental Research*, 2009, **109**, 149-157.

Chang C. T., Lee C. H., Wu Y. P., Jeng F. T., Assessment of the strategies for reducing volatile organic compound emissions in the automotive industry in Taiwan, *Resources, Conservation and Recycling*, 2002, **34**, 117-128.

Chao C. Y. H., Tung T. C. W., Niu J. L., Pang S. W., Lee R. Y. M., Indoor perchloroethylene accumulation from dry cleaned clothing on residential premises, *Building and Environment*, 1999, **34**, 208-217.

Cocheo C., Sacco P., Ballesta P., Donato E., Garcia S., Gerboles M., Gombert D., McManus B., Fernández R., Evaluation of the best compromise between the urban air quality monitoring resolution by diffusive sampling and resource requirements, *Journal of Environmental Monitoring*, 2008, **10**, 941-950.

Colls J., *Air Pollution*, Spon press, 2nd Edition, Taylor and Francis Group, New York, 2002.

Çakaz Ü., Uçucu Organik Bileşikler, <http://www.skyred.net/voc-volatile-organiccomponents-ucucu-organik-bilesikler-t1328.0.html> (Ziyaret tarihi: 10 Aralık 2011).

Çakır C., İş ve işçi sağlığı açısından işyeri kirleticileri, Y.Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Anabilim Dalı, İstanbul, 2010, 247776.

Çobanoğlu N., Kiper N., Bina içi solunan havada tehlikeler, *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 2006, 49, 71-75.

Çökelek E., Kocaeli Şehir Merkezinde Uçucu Organik Bileşik (UOB) Seviyelerin Belirlenmesi ve Risk Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2008, 232771.

ÇMO (Çevre Mühendisleri Odası), Bursa Temsilciliği'nin Bursa Çevre Durum Raporu-2009, ÇMO, <http://www.cmo.org.tr/dosyalar/cdr2009/bursa.pdf> (Ziyaret tarihi: 11 Ocak 2012).

Davidson C. I., Lin S-F., Osborn J. F., Indoor and Outdoor Air Pollution in the Himalayas, *Environmental Science and Technology*, 1996, **20**(6), 561-567.

Davis M. E., Blicharz A.P., Hart J. E., Laden F., Garshick E., Smith T. J., Occupational exposure to volatile organic compounds and aldehydes in the U.S. trucking industry, *Environmental Science and Technology*, 2007, **41**, 7152-7158.

Demirel G., Eskişehir, İskenderun ve Payas'taki İlköğretim Okulu Öğrencilerinin Uçucu Organik Bileşiklere Kişisel Maruziyetlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans

Tezi, Anadolu Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir, 2010, 266551.

Destailats H., Maddalena R.L., Singer B.C., Hodgson A.T., McKone T.E., Indoor pollutants emitted by office equipment: a review of reported data and information needs, *Atmospheric Environment*, 2008, **42**, 1371–1388.

Düzovalı G., Kapalı Ortam Hava Kirliliği ve Çözümleri:Kahvehane ve Okul Durumu, Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 2007.

Doyle P., Roman E., Beral V., Brookes M., Spontaneous abortion in dry cleaning workers potentially exposed to perchloroethylene, *Occupational and Environmental Medicine*, 1997, **54**, 848-853.

EC (European Commission), European Commission Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe, 2009.

Edwards R. D., Jurvelin J., Koistinen K., Saarela K., Jantunen M., VOC source identification from personal and residential indoor, outdoor and workplace microenvironment samples in EXPOLIS-Helsinki, Finland, *Atmospheric Environment*, 2001, **35**, 4829-4841.

Edwards R. D., Schweize C., Jantune M., Lai H. K., Bayer-Oglesby L., Katsouyanni K., Nieuwenhuijsen M., Saarela K., Sram R., Kunzli N., Personal exposures to VOC in the upper end of the distribution-relationships to indoor, outdoor and workplace concentrations, *Atmospheric Environment*, 2005, **39**, 2299-2307.

EEA (European Environment Agency), Emission data for EU-27 countries, EU, <http://dataservice.eea.europa.eu/PivotApp/pivot.aspx?pivotid=469> (Ziyaret tarihi: 14 Ocak 2009).

EHRA (European Heart Rhythm Association), Environmental Health Risk Assessment, Guidelines for Assessing Human Health Risks from Environmental Hazards, Australia, 2002

Elbir T., Cetin B., Cetin E., Bayram A., Odabasi M., Characterization of volatile organic compounds (VOCs) and their sources in the air of Izmir, Turkey, *Environmental Monitoring and Assessment*, 2007, **133**, 149-160.

EMEP/CORINAIR (Emission Inventory Guidebook), *Atmospheric emission inventory guidebook. Group 6: solvent and other product use*, 3rd edition, European Environment Agency, Copenhagen, 2007.

Esplugues A., Ballester F., Estarlich M., Llop S., Leonarte V. F., Mantilla E., Iñiguez C., Indoor and outdoor air concentrations of BTEX and determinants in a cohort of one-year old children in Valencia, Spain, *Science of the Total Environment*, 2010, **409**, 63-69.

Gallego E., Roca F. X., Guardino X., Rosell M. G., Indoor and outdoor BTX levels in Barcelona City metropolitan area and Catalan rural areas, *Journal of Environmental Sciences*, 2008, **20**, 1063–1069.

Gallego E., Roca X., Perales J. F., Guardino X., Determining indoor air quality and identifying the origin of odour episodes in indoor environments, *Journal of Environmental Sciences*, 2009, **21**, 333-339.

Gallego E., Roca F. J., Perales J. F., Guardino X., Comparative study of the adsorption performance of an active multi-sorbent bed tube (Carbotrap, Carboxen X, Carboxen 569) and a Radiello® diffusive sampler for the analysis of VOCs, *Talanta*, 2011, **85**, 662–672.

Gariazzo C., Pelliccioni A., Di Filippo P., Sallusti F., Cecinato A., Monitoring and analysis of volatile organic compounds around an oil refinery, *Water, Air, and Soil Pollution*, 2005, **167**, 17–38.

Gilbert N. L., Gauvin D., Guay M., Heroux M. E., Dupuis G., Legris M., Chan C. C., Dietz R. N., Levesque, B., Housing characteristics and indoor concentrations of nitrogen dioxide and formaldehyde in Quebec City, *Environmental Research*, 2006, **102**, 1-8.

Gokhale S., Kohajda T., Schlink U., Source apportionment of human personal exposure to volatile organic compounds in homes, offices and outdoors by chemical mass balance and genetic algorithm receptor models, *Science of the Total Environment*, 2008, **407**, 122-138.

Gomez-Perales J. E., Colvile R. N., Commuters exposure to PM_{2.5}, CO and benzene in public transport in the metropolitan area of Mexico City, *Atmospheric Environmental*, 2004, **38**, 1219-1229.

Gönüllü M. T., Bayhan H., Avşar Y., Arslankaya E., Examination of YTÜ Şevket Sabancı Libraray Indoor Air Particules / YTÜ Şevket Sabancı Kütüphane Binası İç Ortam Havaındaki Partiküllerin İncelenmesi, *4.GAP Mühendislik Kongresi*, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, 6-8 Haziran 2002.

Guo H., Murray F., Characterization of total volatile organic compound emissions from paints, *Clean Products and Processes*, 2000, **2**, 28-36.

Guo H., Lee S. C., Lia W. M., Cao J. J., Source characterization of BTEX in indoor microenvironments in Hong Kong, *Atmospheric Environment*, 2003, **37**, 73–82.

Haimes Y. H., *Risk Modelling, Assessment and Management*, 2nd edition, John Wiley&Sons, Interscience Publication, New Jersey, 2004.

Hamideh S. A., A Review of the literature regarding non-methane and VOC in municipal solid waste landfill gas, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Delaware, Newark, Delaware, 2000.

- Han X., Naeher L. P., A review of traffic-related air pollution exposure assessment studies in the developing world, *Environment International*, 2006, **32**, 106-120.
- Heinsohn R. J., Kabel R. L., *Sources and Control of Air Pollution*, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1999.
- Hess-Kosa K., *Indoor Air Quality: Sampling Methodologies*, Lewis Publishers, CRS Press, New York, 2001.
- Hester R. E., Harrison R. M., *Volatile Organic Compound in the Atmosphere*, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, Britain, 1995.
- Heudorf U., Neitzert V., Spark J., Particulate matter and carbon dioxide in classrooms - The impact of cleaning and ventilation. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 2009, **212**(1), 45-55.
- Ho K. F., Lee S. C., Guo H., Tsai W.Y., Seasonal and diurnal variations of volatile organic compounds (VOCs) in the atmosphere of Hong Kong, *Science of the Total Environment*, 2004, **322**, 155-166.
- Hodgson M. J., Frohlinger J., Permar E., Tidwell C., Traven N. D., Olenchock S. A., Karpf M., Symptoms and micro-environmental measures in non-problem buildings, *Journal of Occupational Medicine*, 1991, **33**, 527-533.
- Hsu D. J., Huang H. L., Chien C. H., Lin T. S., Potential exposure to VOCs caused by dry process photocopiers: results from a chamber study, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 2005, **75**, 1150-1155.
- İncecik S., *Hava Kirliliği*, Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul, 1996.
- Johnson M. M., Williams R., Fan Z., Lin L., Hudgens E., Gallagher J., Vette A., Lucas Neas L., Özkaynak H., Participant-based monitoring of indoor and outdoor nitrogen dioxide, volatile organic compounds, and polycyclic aromatic hydrocarbons among MICA-Air households, *Atmospheric Environment*, 2010, **44**, 4927-4936.
- Juang D. F., Lee C. H., Chen W. C., Yuan C. S., Do the VOCs that evaporate from a heavily polluted river threaten the health of riparian residents?, *Science of the Total Environment*, 2010, **408**, 4524-4531.
- Kabir E., Kim K-H., Ahn J-W., Hong O-F., Sohn J. R., Barbecue charcoal combustion as a potential source of aromatic volatile organic compounds and carbonyls, *Journal of Hazardous Materials*, 2010, **174**, 492-499.
- Kabir E., Kim K-H., An investigation on hazardous and odorous pollutant emission during cooking activities, *Journal of Hazardous Materials*, 2011, **188**, 443-454.

Kagi N., Fujii S., Horiba Y., Namiki N., Ohtani Y., Emi H., Tamura H., Kim Y. S., Indoor air quality for chemical and ultrafine particle contaminants from printers, *Building and Environment*, 2007, **42**, 1949–1954.

Karakoç H. T., Işıklı B., Atmaca F., Toka S., Kaba Ş., Uçaklarda İç Ortam Hava Kalitesi ve Neden Olabileceği Problemler, *VII Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir, 2005.

Keoleian G. A., Blackler C. E., Denbow R., Polk R., Comparative assessment of wet and dry garment cleaning:Part1: Environmental and human health assesment, *Journal of Cleaner Production*, 1997, **5**, 279-289.

Khoder M. I., Ambient Levels of Volatile Organic Compounds in the Atmosphere Of Greater Cairo, *Atmospheric Environment*, 2007, **41**, 554-566.

Kim Y. M., Harrad S., Harrison R. M., Concentrations and Sources of VOCs in Urban Domestic and Public Microenvironments, *Environmental Science and Technology*, 2001, **35**, 997-1004.

Kim K-H., Pandeya S. K., Kabira E., Susayaa J., Brownb R. J. C., The modern paradox of unregulated cooking activities and indoor air quality, *Journal of Hazardous Materials*, 2011, **195**, 1– 10.

Kocaeli Valiliği, İlimiz/ İstatistiksel Bilgiler, T.C. Kocaeli Valiliği, <http://www.kocaeli.gov.tr> (Ziyaret Tarihi 3 Ocak 2012).

Kornacki W., Fastyn P., Gawlowski J., Gierczak T., Niedzielski J., Chemical transformations of alcohols sampled with the use of adsorptive enrichment on the carbon adsorbent traps followed by thermal desorption, *Analyst (Cambridge, UK)*, 2005, **130**, 632.

Kot-Wasik A., Zabiegala B., Urbanowicz M., Dominiak E., Wasik A., Namiesnik J., Advances in Passive Sampling in Environmental Studies, *Analytica Chimica Acta*, 2007, **602**, 141-163.

Krzyzanowski M., Cohen A., Update of WHO air quality guidelines. *Air Qual Atmos Health*, 2008, **1**, 7-13.

Kuntasal Ö. O., Karman D., Wang D., Tuncel S. G., Tuncel G., Determination of volatile organic compounds in different microenvironments by multibed adsorption and short-path thermal desorption followed by gas chromatographic-mass spectrometric analysis, *Journal of Chromatography A*, 2005, **1099**, 43-54.

Kwok N. H., Lee S. C., Guo H., Hung W. T., Substrate effects on VOC emissions from an interior finishing varnish, *Building and Environment*, 2003, **38**, 1019 -1026.

Lee S. C., Chang M., Indoor And Outdoor Air Quality Investigation at Schools in Hong Hong, *Chemosphere*, 2000, **41**, 109-113.

Lee S. C., Li W. M., Chan L. Y., Indoor air quality at restaurants with different styles of cooking in metropolitan Hong Kong, *The Science of the Total Environment*, 2001, **279**, 181-193.

Lee S. C., Lam S., Fai H. K., Characterization of VOCs, ozone and PM10 emissions from office equipment in an environmental chamber, *Building Environment*, 2001a, **36**, 837-842.

Lee S. C., Li W. M., Ao C. H., Investigation of indoor air quality at residential Homes in Hong Kong—case study, *Atmospheric Environment*, 2002, **36**(2), 225-237.

Lee S. C., Guo H., Li W. M., Chan L. Y., Inter-comparison of air pollutant concentrations in different indoor environments in Hong Kong, *Atmospheric Environment*, 2003, **36**, 1929-1940.

Lee C. W., Dai Y. T., Chien C. H., Hsu D. J., Characteristics and health impacts of volatile organic compounds in photocopy centers, *Environmental Research*, 2006, **100**, 139-149.

Lee C. W., Hsu D. J., Measurements of fine and ultrafine particles formation in photocopy centers in Taiwan, *Atmospheric Environment*, 2007, **41**, 6598-6609.

Leovic K. W., Sheldon L. S., Whitaker D. A., Hetes R. G., Calcagani J. A., Baskir J. N., Measurement of indoor air emissions from dry-process photocopy machines, *Journal of Air Waste Management Association*, 1996, **46**, 821-829.

Li W. M., Lee S. C., Chan L. Y., Indoor air quality at nine shopping malls in Hong Kong, *The Science of the Total Environment*, 2001, **273**, 27-40.

Lim S., Lee K., Seo S., Jang S., Impact of regulation on indoor volatile organic compounds in new unoccupied apartment in Korea, *Atmospheric Environment*, 2011, **45**, 1994-2000.

Loh M. M., Houseman E. A., Gray G. M., Levy J. I., Spengler J. D., Bennett D. H., Measured concentrations of VOCs in several non-residential microenvironments in the United States, *Environmental Science Technology*, 2006, **40**, 6903-6911.

Malherbe L., Mandin C., VOC emissions during outdoor ship painting and health-risk assessment, *Atmospheric Environment*, 2007, **41**, 6322-6330.

Maroni M., Seifert B., Lindvall T., *Indoor Air Quality –A Comprehensive Reference Book*, Elsevier, Amsterdam, 1995.

Martins E. M., Arbilla G., Bauerfeldt G. F., de Paula M., Atmospheric levels of aldehydes and BTEX and their relationship with vehicular fleet changes in Rio de Janeiro urban area, *Chemosphere*, 2007, **67**, 2096-2103.

MDPH (Massachusetts Department of Public Health), 2005. Appendix 1 – Carbon Dioxide and its Use in Evaluating Adequacy of Ventilation in Buildings.

Massachusetts Bureau of Environmental Health Assessment, Department of Public Health, <http://www.mass.gov/dph/beha/iaq/appendices/co2app.htm>, (Ziyaret tarihi 1 Mart 2013).

MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü), Ozonun Yok Edilme Mekanizması, <http://www.mgm.gov.tr/arastirma/ozon-ve-uv.aspx>, (Ziyaret tarihi: 18 Aralık 2012).

Moen B. E., Hollund B. E., Exposure to organic solvents among car painters in Bergen, Norway, *Annals of Occupational Hygiene*, 2000, **44**, 185-189.

Monod A., Sive B. C., Avino P., Chen T., Blake D.R., Rowland F.S., Monoaromatic compounds in ambient air of various cities: a focus on correlations between the xylenes and ethylbenzene, *Atmospheric Environment*, 2001, **35**, 135-149.

Mugica V., Vega E., Chow J., Reyes E., Sanchez G., Arriaga J., Egami R., Watson J., Speciated non-methane organic compounds emissions from food cooking in Mexico, *Atmospheric Environmental*, 2001, **35**, 1729-1734.

Müezzinoğlu A., *Hava Kirliliğinin ve Kontrolünün Esasları*, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, İzmir, 1987.

Myers I., Maynard R.L., Polluted air-outdoors and indoors, *Occupational Medicine (Lond)*, 2005, **55**, 432-438.

Norback D., Jorntson B. E., Janson C., Widstorm J., Boman G., Asthma and the indoor environment: the significance of emission of formaldehyde and volatile organic compounds from newly painted indoor surfaces, *Occupational and Environmental Medicine*, 1995, **52**, 388-395.

NRC (National Research Council), *Review of the Environmental Protection Agency's Draft IRIS Assessment of Tetrachloroethylene*, The National Academies Press, Washington D.C, 2010.

Ohura T., Amagai T., Fusaya M., Regional Assessment of Volatile Organic Compounds in an Industrial Harbor Area, Shizuoka, Japan, *Atmospheric Environment*, 2006, **40**, 238-248.

Ohura T., Amagai T., Senga Y., Fusaya M., Organic Air Pollutants inside and Outside Residences in Shimizu, Japan: Levels, Sources And Risks, *Science of the Total Environment*, 2006a, **366**, 485-499.

Ohura T., Amagai T., Shen X., Li S., Zhang P., Zhu L., Comparative study on indoor air quality in Japan and China: Characteristics of residential indoor and outdoor VOCs, *Atmospheric Environment*, 2009, **43**, 6352-6359.

Olesen B., International standards for the indoor environment, *Indoor Air*, 2004, **14**, 18-26.

Olsson M., Petersson G., Benzene emitted from glowing charcoal, *The Science of the Total Environment*, 2003, **303**, 215–220.

Ongwande M., Moonrinta R., Panyametheekul S., Tangbanluekal C., Morrison G., Investigation of volatile organic compounds in office buildings in Bangkok, Thailand: Concentrations, sources, and occupant symptoms, *Building and Environment*, 2011, **46**, 1512-1522.

Ortiz E., Alemón E., Romero D., Arriaga J.L., Olaya P., Guzmán F., Ríos C., Personal exposure to benzene, toluene and xylene in different microenvironments at the Mexico City metropolitan zone, *The Science of the Total Environment*, 2002, **287**, 241-248.

OSHA (Occupational Safety & Health Administration), US Department of Labor. Air contaminants, Final Rule, Federal Register, 1989, 54, 2933.

Özdamar K., *PASW ile Biyoistatistik*, Kaan Kitabevi, 8.baskı, Eskişehir, 2010.

Pandey S. K., Kim K-H., Kang C. H., Jung M. C., Yoon H., BBQ charcoal as an important source of mercury emission, *Journal of Hazardous Materials Bulletin*, 2009, **162**, 536–538.

Papasavva S., Kia S., Claya J., Gunther R., Characterization of automotive paints: an environmental impact analysis, *Progress in Organic Coatings*, 2001, **43**, 193-206.

Parra M. A., Elustondo D., Bermejo R., Santamaría J. M., Quantification of indoor and outdoor volatile organic compounds (VOCs) in pubs and cafés in Pamplona, Spain, *Atmospheric Environment*, 2008, **42**, 6647–6654.

Parra M. A., Elustondo D., Bermejo R., Santamaria J. M., Ambient air levels of volatile organic compounds (VOC) and nitrogen dioxide (NO₂) in a medium size city in Northern Spain, *Science of the Total Environment*, 2009, **407**, 999-1009.

Peavy H. S., Rowe D. R., Tchobanoglous, G., *Environmental Engineering*, McGraw Hill Inc., Singapore, 1987.

Pekey B., Yilmaz H., The use of passive sampling to monitor spatial trends of volatile organic compounds (VOCs) at an industrial city of Turkey, *Microchemical Journal*, 2011, **97**, 213–219.

Perry R., Gee I., Vehicle emissions in relation to fuel composition. *Science Total Environmental*, 1995, **169**, 149-156.

Pelham T. W., Holt E. L., Moss A. M., Exposure to Carbon Monoxide and Nitrogen Dioxide in Enclosed Ice Arenas, *Occupational and Environmental Medicine*, 2002, **59**, 224-233.

Pierini E., Sampaolo L., Mastrogiamomo A. R., Evaluation of a dual-sorbent trap for monitoring organic compounds in air, *Journal of Chromatography A*, 1999, **855**, 593-600.

Pluschke P., *Indoor air pollution*, The Handbook of Environmental Chemistry, 4, Air pollution PartF (Hutzinger, O, Editor-in-chief), Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, Germany, 2004.

Pope C. A., III Burnett R. T., Thun M. J., Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution, *Journal of The American Medical Association*, 2002, **287**(9), 1132-1141.

Rahman Md. M., Kim Ki-H., Release of offensive odorants from the combustion of barbecue charcoals, *Journal of Hazardous Materials*, 2012, **215**, 233– 242.

Rao P. S., Ansari M. F., Gavane A. G., Pandit V. I., Nema P., Devotta S., Seasonal variation of toxic benzene emissions in petroleum refinery, *Environmental Monitoring and Assessment*, 2007, **128**, 323–328.

Ras M. R., Borrull F., Marce R. M., Sampling and preconcentration techniques for determination of volatile organic compounds in air samples, *Trends in Analytical Chemistry*, 2009, **28**, 347-361.

RAIS (The Risk Assessment Information System), Chemical Data Profiles, RAIS, <http://rais.ornl.gov/tools/profile.php>, (Ziyaret tarihi: 25 Mart 2012).

RAIS (The Risk Assessment Information System), Risk Exposure Models for Chemicals User's Guide, RAIS, http://rais.ornl.gov/tools/rais_chemical_risk_guide.html, (Ziyaret tarihi: 15 Mart 2012a).

Ribes A., Carrera G., Gallego E., Roc X., Berenguer M. J., Guardino X., Development and validation of a method for airquality and nuisance odors monitoring of volatile organic compounds using multi-sorbent adsorption and gas chromatography/mass spectrometry thermal desorption system, *Journal of Chromatography A*, 2007, **1140**, 44–55.

Rossner A., Farant J. P., A novel personal air sampling device for collecting volatile organic compounds: a comparison to charcoal tubes and diffusive badges, *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 2004, **1**, 69-81.

Sarigiannis D. A., Karakitsios S. P., Liakos I. L., Katsoyiannis A., Exposure to major volatile organic compounds and carbonyls in European indoor environments and associated health risk, *Environment International*, 2011, **37**, 743-765.

Scheepers P. T. J., Konings J., Demirel G., Gaga E. O., Anzion R., Peer P. G. M., Dogeroglu T., Örnektekin S., Doorn W. V., Determination of exposure to benzene, toluene and xylenes in Turkish primary school children by analysis of breath and by environmental passive sampling, *Science of the Total Environment*, 2010, **408**, 4863–4870.

Schlink U., Thiem A., Kohajda T., Richter M., Strebel K., Quantile regression of indoor air concentrations of volatile organic compounds (VOC), *Science of the Total Environment*, 2010, **408**, 3840-3851.

Schnelle K. B., Brown C. A., *Air Pollution Control Technology Handbook*, Boca Raton, CRC Press, Chicago, 2002.

Schripp T., Nachtwey B., Toelke J., Salthammer T., Uhde E., Wensing M., Bahadir M., A microscale device for measuring emissions from materials for indoor use, *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2007, **387**, 1907-1919.

Serrano E. L, Jemma V. B., Comparison of fast-food and non-fast food children's menu items, *Journal of Nutrition Education Behaviour*, 2009, **41**(2), 132-143.

Seo J., Kato S., Ataka Y., Chino S., Performance test for evaluating the reduction of VOCs in rooms and evaluating the lifetime of sorptive building materials, *Building and Environment*, 2009, **44**, 207-215.

Shen T. T., Schmidt C. E., *Assessment and Control of VOC Emissions from Waste Treatment and Disposal Facilities*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1993.

Sidiropoulos C., Tsilingiridis G., Improved sectoral allocation of NMVOC emissions from solvent use in Greece, *Science of the Total Environment*, 2009, **407**, 4075-4083.

Singer B. C., Hodgson A. T., Hotchi T., Ming K. Y., Sextro R. G., Wood E. E., Brown N. J., Sorption of organic gases in residential rooms , *Atmospheric Environment*, 2007, **41**, 3251-3265.

Smith J. S., Trillium's Two Scents, *Independent Consultants in Environmental and Forensic Chemistry* , 2001, **4**(2), 345-365.

Sofuoğlu A., Hava Kirliliği, http://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/vizyon2023/csk/EK-6.pdf, Tübitak, (Ziyaret tarihi: 29 Eylül 2012).

Soysal A., Demiral Y., Indoor Air Pollution, *Prev Med Bull.* 2007, **6**(3), 221-226.

Spicer C. W., Gordon S. M., Holdren M. W., Kelly T. J., Mukond R., *Hazardous Air Pollutant Handbook: Measurements, Properties, and Fate in Ambient Air*, Lewis Publishers, CRC Pres, Florida, 2002.

Srivastava A., Sengupta B., Dutta S. A., Source apportionment of ambient VOCs in Delhi city, *Science Total Environment*, 2005, **343**, 207-220.

Srivastava A., Devotta S., Indoor air quality of public places in Mumbai, India in terms of volatile organic compounds, *Environmental Monitoring and Assessment*, 2007, **133**, 127-138.

Srivastava A., Som D., Hazardous Air Pollutants in Industrial Area of Mumbai-India, *Chemosphere*, **69**, 2007, 458-468.

Stefaniak A. B., Breyse P. N., Murray M. P. M., Brian C., Rooney B. C., Schaefer J., An Evaluation of Employee Exposure to Volatile Organic

Compounds in Three Photocopy Centers, *Environmental Research*, 2000, **83**, 162-173.

Su W. H., Indoor Air Pollution, *Resources, Conservation and Recycling*, 1996, **16**, 77-91.

Su H. J., Chao C. J., Chang H. Y., Wu P. C., The effects of evaporating essential oils on indoor air quality, *Atmospheric Environment*, 2007, **41**, 1230-1236.

Su E., Çevre Kirliliği ve Ekolojik Bozulma, <http://biyolojikdenge.wordpress.com/>, (Ziyaret tarihi: 20 Mayıs 2012).

Susaya J., Kima K-H., Ahna J-W., Junga M-C., Kangb C-H., BBQ charcoal combustion as an important source of trace metal exposure to humans, *Journal of Hazardous Materials Bulletin*, 2010, **176**, 932-937.

Sümbüloğlu K., Sümbüloğlu V., *Biyoistatistik*, Hatipoğlu Yayınevi, 14.baskı, Ankara, 2010.

Tanga J., Chan C. Y., Wang X., Chan L. Y., Jiamo S. G., Volatile organic compounds in a multi-storey shopping mall in guangzhou, South China, *Atmospheric Environment*, 2005, **39**, 7374–7383.

Taş F., Hava Kirliliği ve Kastamonu Şehir Merkezi İçin Değerlendirme, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri, Ankara, 2006, 180049.

TTB (Türk Tabipler Birliği), Hava Kirliliğinin Sağlık Üzerine Etkileri, Türk Tabipler Birliği, <http://www.ttb.org.tr/eweb/yatagan/3.html>, (Ziyaret tarihi: 29 Eylül 2012).

Tünay O., Alp K., Hava Kirlenmesi ve Kontrolü, *İstanbul Ticaret Odası Dergisi*, 1996.

Uang S. N., Shih T. S., Chang C. H., Chang S. M., Tsai C. J., Deshpande C. G., Exposure assessment of organic solvents for aircraft paint stripping and spraying workers, *Science of the Total Environment*, 2007, **356**, 38- 44.

Ulman M., Chilmonczyk Z., Volatile Organic Compounds-Components, Sources, Determination. A Review, *Chemistry Analytical (Warsaw)*, 2007, **52**, 173-200.

Ural A., Kılıç İ., *Bilimsel Araştırma Süreci ve SPSS ile Veri Analizi*, Detay Yayıncılık, 3. baskı, Ankara, 2011.

URL-1: <http://www.cevrotek.com/havaozonlama.htm>, (Ziyaret tarihi: 18 Şubat 2012).

URL-2: <http://www.haber3.com/belediye-hava-kirliligi-denetimlerini-siklastirdi-1079171h.htm>, (Ziyaret tarihi: 20 Mart 2012).

URL-3: <http://www.toplumsaldayanismanulluleri.com/termiksantral/baca>, (Ziyaret tarihi: 20 Mart 2012).

URL-4: <http://www.aksam.com.tr/ankarada-hava-kirliligi--93723h.html>, (Ziyaret tarihi: 20 Mart 2012).

URL-5: http://www.cevreonline.com/emisyon/hava_ etkiler.htm, (Ziyaret tarihi: 8 Ekim 2012).

URL-6: <http://www.2.worksafebc.com/publications/ohsregulation/GuidelinePart5.asp>, (Ziyaret tarihi: 10 Şubat 2013).

USEPA (United States Environmental Protection Agency), Office of Research and Development, Guide to Cleaner Technologies: Organic Coating Removal, EPA/625/R-93/015, 6-32, 1994.

USEPA (United States Environmental Protection Agency), Office Equipment: Design, Indoor Air Emissions, and Pollution Prevention Opportunities, EPA-600/R-95-045, U.S. Environmental Protection Agency/Air and Energy Engineering Research Laboratory, Research Triangle Park, NC, 1995.

USEPA (United States Environmental Protection Agency), National Air Pollutant Emission Trends, 1900-1995 EPA-454/R-96-007. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC, 1996.

USEPA (United States Environmental Protection Agency), SW-846, Method 8000B Determinative Chromatographic Separations, 1996a.

USEPA (United States Environmental Protection Agency), Method TO-17, Determination of Volatile Organic Compounds in Ambient Air Using Active Sampling Onto Sorbent Tubes, Office of Research and Development, Cincinnati, Ohio, 1999.

USEPA (United States Environmental Protection Agency), Case Study Two: EPA's Research Triangle Park Laboratory Facility, 2001.

USEPA (United States Environmental Protection Agency), 2000 Toxics Release Inventory (TRI) Public Data Release Report Executive Summary, EPA-260-S-02-001; U.S. Environmental Protection Agency/Office of Environmental Information, Washington, D.C, 2002.

USEPA (United States Environmental Protection Agency), Guidelines for Carcinogen Risk Assessment, Washington, DC, 2005.

USEPA (United States Environmental Protection Agency), Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part F, Supplemental Guidance for Inhalation Risk Assessment), EPA-540-R-070-002; U.S. Environmental Protection Agency/ Office of Superfund Remediation and Technology Innovation, Washington, D.C, 2009.

USEPA (United States Environmental Protection Agency), Environmental Hazards in the Home, <http://www.hsh.com/pamphlets/hazards.htm>, (Ziyaret tarihi: 1 Ekim 2012).

Uygun M., Comparison of The HPLC Methods for Patulin Analysis in Apple Juice, Master Thesis, Ankara University, Ankara, 2000.

Ünver Ö., Gamgam H., Altınkaynak B., *Temel İstatistik Yöntemler*, Seçkin yayıncılık, 6. baskı, Ankara, 2011.

Vainiotalo S., Vaããnaãnen V., Vaaranrinta R., Measurement of 16 volatile organic compounds in restaurant air contaminated with environmental tobacco smoke, *Environmental Research*, 2008, **108**, 280-288.

Vincent R., Poirot P., Subra I., Rieger B., Cicolella A., Occupational exposure to organic solvents during paint stripping and painting operations in the aeronautical industry, *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 1994, **65**, 377-80.

Vural M. S., Balanlı A., Yapı ürünü kaynaklı iç hava kirliliği ve risk değerlendirme de ön araştırma, *Megaron YTÜ Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 1, 2005.

Walgraeve C., Demeestere K., Dewulf J., Van Huffel K., Van Langenhove H., Diffusive sampling of 25 volatile organic compounds in indoor air: Uptake rate determination and application in Flemish homes for the elderly, *Atmospheric Environment*, 2011, **45**, 5828-5836.

Wallace L. A., Human exposure to volatile organic pollutants: implications for indoor air studies, *Annual Review of Energy and the Environment*, 2001, **26**, 269-301.

Wang J., Zhang X., Influence of ventilation on energy consumption and carbon emissions in high occupant density building, *International Journal of Energy and Environment*, 2010, **1**, 351-35.

Wargocki P., Biro Z. B., Clausen G., Fanger P. O., Air quality in a simulated office environment as a result of reducing pollution sources and increasing ventilation, *Energy and Buildings*, 2002, **34**, 775-783.

Weisel C. P., Benzene Exposure: An Overview of Monitoring Methods and Their Findings, *Chemico-Biological Interactions*, 2010, **184**(1-2), 58-66.

Wensinga M., Schrippa T., Uhdea E., Salthammera T., Ultra-fine particles release from hardcopy devices: Sources, real-room measurements and efficiency of filter accessories, *Science of the Total Environment*, 2008, **407**, 418-427.

Weschler C. J., Changes in indoor pollutants since the 1950s, *Atmospheric Environment*, 2009, **43**, 153-169.

Whyatt R. M., Garfinkel, R., Hoepner, L. A., Within- and between-home variability in indoor-air insecticide levels during pregnancy among an inner-city cohort from New York City, *Environmental Health Perspectives*, 2007, **115**(3), 383-389.

WHO (World Health Organization), International Programme on Chemical Safety Human Exposure Assessment, Geneva, 2000.

WHO (World Health Organization), Regional office for Europe Development of WHO Guidelines for Indoor Air Quality. Report on a Working Group Meeting Bonn, Germany 23–24 October 2006, World Health Organization Regional Office for Europe. Available online at: http://www.euro.who.int/air/publications/20030616_2, 2009.

Williams P. R. D., *The Risk Analysis Framework: Risk Assessment, Risk Management, and Risk Communication*, 70,3-70,38, *Indoor Air Quality Handbook*, Editors: Spengler J. D., Samet J. M., McCarthy J. F., McGraw-Hill, New York, 2000.

Winder C., Turner P. J., Solvent exposure and related work practices among apprentice spray painters in automotive body repair workshops, *The Annals of Occupational Hygiene*, **36**, 1992, 385–394.

Wolkoff P., Wilkins C. K., Clausen P. A., Larsen K., Comparison of volatile organic compounds from processed paper and toners from office copiers and printers: methods, emission rates, and modeled concentrations, *Indoor Air*, 1993, **3**, 113-123.

Wolkoff P., Photocopiers and indoor air pollution, *Atmospheric Environment*, 1999, **33**, 2129-2130.

Woolfenden E., Sorbent-based sampling methods for volatile and semi-volatile organic compounds in air Part 1: Sorbent-based air monitoring options, *Journal of Chromatography A*, 2010, **1217**, 2674–2684.

Wu C. H., Lin M. N., Feng C. T., Yang K. L., Lo Y. S., Lo J. G., Measurement of toxic volatile organic compounds in indoor air of semiconductor foundries using multisorbent adsorption/thermal desorption coupled with gas chromatography-mass spectrometry, *Journal of Chromatography A*, 2003, **996**, 225-231.

Xie Y. Y., The investigation on the natural emission inventory and solvent utilization emission inventory of volatile organic compounds in Beijing, Master degree dissertation, Peking University, Beijing, 2007.

Yamashita S., Kume K., Horiike T., Honma N., Fusaya M., Ohura T., Amagai T., A simple method for screening emission sources of carbonyl compounds in indoor air, *Journal of Hazardous Materials*, 2010, **178**, 370-376.

Yılmaz, D., Bazı Uçucu Organik Bileşiklerin Adsorpsiyon Yoluyla Giderimi, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Samsun, 2006.

Youngmin K., Stuart H., Andorym H., Concentrations and Sources of VOCs in Urban Domestic and Public Microenvironments, *Environmental Science and Technology*, 2001, **35**, 997-1004.

Yu J., Noor H. I., Xu J., Zaleha M. I., Do indoor environments influence asthma and asthma-related symptoms among adults in homes? A review of the literature, *Journal of the Formosan Medical Association*, 2011, **110**, 555-563.

Yua B. F., Hu Z. B., Liu M., Yang H. L., Kong Q. X., Liu Y. H., Review of research on air-conditioning systems and indoor air quality control for human health, *International Journal of Refrigeration*, 2009, **32**, 3-20.

Yuan B., Shao M., Lu S., Wang B., Source profiles of volatile organic compounds associated with solvent use in Beijing, China, *Atmospheric Environment*, 2010, **44**(15), 1919-1926.

Zhou J., You Y., Bai Z., Hu Y., Zhang J., Zhang N., Health risk assessment of personal inhalation exposure to volatile organic compounds in Tianjin, China, *Science of the Total Environment*, 2011, **409**, 452-459.

EKLER

EK -A: ANKET ÇALIŞMASI – RESTORANLAR

İÇ ORTAM HAVASINDA UÇUCU ORGANİK BİLEŞİKLERİN DERİŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ VE MARUZİYET RİSKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Projeyi Yürüten Kuruluş: Kocaeli Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

Destekleyen Kuruluş: Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Koordinatörlüğü

Bu ankette yer alan tüm bilgiler gizli tutulacaktır ve sadece araştırma amacıyla kullanılacaktır. Anketlerden elde edilecek tüm sonuçlar bütün olarak değerlendirilecektir. Tek bir kişiyi göz önüne alan bilgiler kişisel izin olmadan kullanılmayacaktır. Cevaplarınız çalıştığınız mekandaki iç ortam hava kalitesini etkileyen faktörleri belirlememize yardımcı olacaktır.

Yardımlarınız için teşekkür ederiz.

Ölçüm zamanı (gün ve saat olarak) :

İşletmenin alanı (m²) ve hacmi :

Havalandırma akış oranı (m³/h) :

Saatlik hava değişimi :

Ortalama sıcaklık (C):

Ortalama bağıl nem (%) :

Kirletici kaynak(lar):

Restaurant tipi :

Koltuk sayısı (müşteri sayısı için) :

Servis personeli sayısı :

Kullanılan pişirme cihaz(lar)ı ve sayısı :

Kullanılan yakıt(lar) :

- 1) Katılımcı işletme adı :
- 2) İşletme adresi :
- 3) İrtibat telefonları :
- 4) Binanın yaklaşık yaşı:
- 5) İşletmenin faaliyete geçtiği tarih:
- 6) İşletmede çalışan personel sayısı:
- 7) İşletme çalışma gün ve saatleri:
- 8) Katılımcının bulunduğu çalışma ortamında sigara içiliyor mu ?

Lütfen aşağıdaki tabloyu doldurunuz.

	Adı Soyadı	Yaşı	İçtiği sigara sayısı (gün)	Eğitimi	Mesleği
1					
2					
3					

- 9) İşyerinin zemini ne ile kaplı ?
- 10) Yakın zaman içerisinde işyerinizde boya-badana veya tadilat yapıldı mı?
a. Evet b. Hayır Yapıldıysa tarihi ?
- 11) Çalışma ortamındaki malzemeler (masa, sandalye vb.) hangi malzemeden üretilmiş?
a. Ahşap b. Plastik c. Metal d. Diğer
- 12) Sürekli çalıştığınız cihaz(lar) nelerdir?
- 13) Çalışma ortamında sürekli çalıştığınız cihaz(lar) dışında aşağıdaki büro malzemelerinden kaç tane bulunmaktadır?
a. Bilgisayar b. Yazıcı c. Fotokopi makinesi d. Faks cihazı e. Diğer....
- 14) İşyeriniz nerede?
a. Cadde üzeride b. Sokak arasında c. Kapalı yerde d. Sanayide
- 15) İşyerinin trafiğe yaklaşık uzaklığı (metre) ve trafik yoğunluğu?
- 16) Çalışma ortamında havalandırma sistemi var mı?
a. Evet b. Hayır

17) Ne tür havalandırma sistemine sahipsiniz? (portatif fan, tavan fanı, aspiratör, klima)

18) Havalandırma için pencereleri açıyor musunuz?

a. Evet b. Hayır Ne sıklıkla

19) İşyeriniz nasıl ısıtılıyor?

Sistem Tipi	Temel ısıtıcı	2.	3.	Isıtıcıların yerleri
a. Kalorifer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
b. Soba	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
c. Diğer <input type="checkbox"/>	<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) İşyerinizi sürekli aynı sıcaklıkta tutuyor musunuz?

a. Evet b. Hayır

22) Hava nemlendiricisi kullanılıyor mu?

a. Evet b. Hayır

23) Kullanılan tüm cihazlar elektrikli mi?

a. Evet b. Hayır

24) İşyerinizin temizliği nasıl ve ne sıklıkla yapılmaktadır?

25) Temizlikte ne tür ürünler kullanılmaktadır?

26) Çalışanlar içerisinde kalıcı bir hastalığa sahip olan var mı?

a. Evet b. Hayır

27) Çalışanlar içerisinde sürekli olarak hastalık yakınmaları olan var mı? Varsa Neler?

Çalıştığınız işletme ile ilgili olarak eklemek istediğiniz diğer bilgiler ve yorumlarınız:.....
.....

EK -B: ANKET ÇALIŞMASI – KURU TEMİZLEMECİLER

İÇ ORTAM HAVASINDA UÇUCU ORGANİK BİLEŞİKLERİN DERİŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ VE MARUZİYET RİSKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Projeyi Yürüten Kuruluş: Kocaeli Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

Destekleyen Kuruluş: Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Koordinatörlüğü

Bu ankette yer alan tüm bilgiler gizli tutulacaktır ve sadece araştırma amacıyla kullanılacaktır. Anketlerden elde edilecek tüm sonuçlar bütün olarak değerlendirilecektir. Tek bir kişiyi göz önüne alan bilgiler kişisel izin olmadan kullanılmayacaktır. Cevaplarınız çalıştığınız mekandaki iç ortam hava kalitesini etkileyen faktörleri belirlememize yardımcı olacaktır.

Yardımlarınız için teşekkür ederiz.

Ölçüm zamanı (gün ve saat olarak) :

İşletmenin alanı (m²) ve hacmi :

Havalandırma akış oranı (m³/h) :

Saatlik hava değişimi :

Ortalama sıcaklık (°C):

Ortalama bağıl nem (%) :

Kirlenici kaynak(lar):

Kuru temizleme makine(ler) sayısı :

Kuru temizleme makine(ler) tipi :

Kullanılan kimyasal(lar):

- 1) Katılımcı işletme adı :
- 2) İşletme adresi :
- 3) İrtibat telefonları :
- 4) Binanın yaklaşık yaşı:
- 5) İşletmenin faaliyete geçtiği tarih:
- 6) İşletmede çalışan personel sayısı:
- 7) İşletme çalışma gün ve saatleri:
- 8) Katılımcının bulunduğu çalışma ortamında sigara içiliyor mu ?

Lütfen aşağıdaki tabloyu doldurunuz.

	Adı Soyadı	Yaşı	İçtiği sigara sayısı (gün)	Eğitimi	Mesleği
1					
2					
3					

- 9) İşyerinin zemini ne ile kaplı ?
- 10) Yakın zaman içerisinde işyerinizde boya-badana veya tadilat yapıldı mı?
 - a. Evet
 - b. Hayır
 Yapıldıysa tarihi ?
- 11) Çalışma ortamındaki malzemeler (masa, sandalye vb.) hangi malzemeden üretilmiş?
 - a. Ahşap
 - b. Plastik
 - c. Metal
 - d. Diğer
- 12) Sürekli çalıştığınız cihaz(lar) nelerdir?
- 13) Çalışma ortamında sürekli çalıştığınız cihaz(lar) dışında aşağıdaki büro malzemelerinden kaç tane bulunmaktadır?
 - a. Bilgisayar
 - b. Yazıcı
 - c. Fotokopi makinesi
 - d. Faks cihazı
 - e. Diğer....
- 14) İşyeriniz nerede?
 - a. Cadde üzeride
 - b. Sokak arasında
 - c. Kapalı yerde
 - d. Sanayide
- 15) İşyerinin trafiğe yaklaşık uzaklığı (metre) ve trafik yoğunluğu?
- 16) Çalışma ortamında havalandırma sistemi var mı?
 - a. Evet
 - b. Hayır

17) Ne tür havalandırma sistemine sahipsiniz? (portatif fan, tavan fanı, aspiratör, klima)

18) Havalandırma için pencereleri açıyor musunuz?

a. Evet b. Hayır Ne sıklıkla

19) İşyeriniz nasıl ısıtılıyor?

Sistem Tipi	Temel ısıtıcı	2.	3.	Isıtıcıların yerleri
a. Kalorifer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
b. Soba	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
c. Diğer <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<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"/> <input type="checkbox"/>
b. Fuel-oil	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
c. Elektrik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
d. Gaz yağı	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
e. Odun	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
f. Kömür	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
g. Diğer.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

21) İşyerinizi sürekli aynı sıcaklıkta tutuyor musunuz?

a. Evet b. Hayır

22) Hava nemlendiricisi kullanılıyor mu?

a. Evet b. Hayır

23) Kullanılan tüm cihazlar elektrikli mi?

a. Evet b. Hayır

24) İşyerinizin temizliği nasıl ve ne sıklıkla yapılmaktadır?

25) Temizlikte ne tür ürünler kullanılmaktadır?

26) Çalışanlar içerisinde kalıcı bir hastalığa sahip olan var mı?

a. Evet b. Hayır

27) Çalışanlar içerisinde sürekli olarak hastalık yakınmaları olan var mı? Varsa Neler?

Çalıştığınız işletme ile ilgili olarak eklemek istediğiniz diğer bilgiler ve yorumlarınız.....
.....

EK -C: ANKET ÇALIŞMASI –FOTOKOPİCİLER

İÇ ORTAM HAVASINDA UÇUCU ORGANİK BİLEŞİKLERİN DERİŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ VE MARUZİYET RİSKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Projeyi Yürüten Kuruluş: Kocaeli Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

Destekleyen Kuruluş: Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Koordinatörlüğü

Bu ankette yer alan tüm bilgiler gizli tutulacaktır ve sadece araştırma amacıyla kullanılacaktır. Anketlerden elde edilecek tüm sonuçlar bütün olarak değerlendirilecektir. Tek bir kişiyi göz önüne alan bilgiler kişisel izin olmadan kullanılmayacaktır. Cevaplarınız çalıştığınız mekandaki iç ortam hava kalitesini etkileyen faktörleri belirlememize yardımcı olacaktır.

Yardımlarınız için teşekkür ederiz.

Ölçüm zamanı (gün ve saat olarak) :

İşletmenin alanı (m²) ve hacmi :

Havalandırma akış oranı (m³/h) :

Saatlik hava değişimi :

Ortalama sıcaklık (°C):

Ortalama bağıl nem (%) :

Kirletici kaynak(lar):

Fotokopi makine(ler) sayısı :

Fotokopi makine(ler) tipi :

Diğer ofis cihazları ve sayısı?

Kullanılan kimyasal(lar):

- 1) Katılımcı işletme adı :
- 2) İşletme adresi :
- 3) İrtibat telefonları :
- 4) Binanın yaklaşık yaşı:
- 5) İşletmenin faaliyete geçtiği tarih:
- 6) İşletmede çalışan personel sayısı:
- 7) İşletme çalışma gün ve saatleri:
- 8) Katılımcının bulunduğu çalışma ortamında sigara içiliyor mu ?

Lütfen aşağıdaki tabloyu doldurunuz.

	Adı Soyadı	Yaşı	İçtiği sigara sayısı (gün)	Eğitimi	Mesleği
1					
2					
3					

- 9) İşyerinin zemini ne ile kaplı ?
- 10) Yakın zaman içerisinde işyerinizde boya-badana veya tadilat yapıldı mı?
a. Evet b. Hayır Yapıldıysa tarihi ?
- 11) Çalışma ortamındaki malzemeler (masa, sandalye vb.) hangi malzemeden üretilmiş?
a. Ahşap b. Plastik c. Metal d. Diğer
- 12) Sürekli çalıştığınız cihaz(lar) nelerdir?
- 13) Çalışma ortamında sürekli çalıştığınız cihaz(lar) dışında aşağıdaki büro malzemelerinden kaç tane bulunmaktadır?
a. Bilgisayar b. Yazıcı c. Fotokopi makinesi d. Faks cihazı e. Diğer....
- 14) İşyeriniz nerede?
a. Cadde üzeride b. Sokak arasında c. Kapalı yerde d. Sanayide
- 15) İşyerinin trafiğe yaklaşık uzaklığı (metre) ve trafik yoğunluğu?
- 16) Çalışma ortamında havalandırma sistemi var mı?
a. Evet b. Hayır

17) Ne tür havalandırma sistemine sahipsiniz? (portatif fan, tavan fanı, aspiratör, klima)

18) Havalandırma için pencereleri açıyor musunuz?

a. Evet b. Hayır Ne sıklıkla

19) İşyeriniz nasıl ısıtılıyor?

Sistem Tipi	Temel ısıtıcı	2.	3.	Isıtıcıların yerleri
a. Kalorifer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
b. Soba	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
c. Diğer <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<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"/> <input type="checkbox"/>
b. Fuel-oil	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
c. Elektrik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
d. Gaz yağı	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
e. Odun	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
f. Kömür	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
g. Diğer.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

21) İşyerinizi sürekli aynı sıcaklıkta tutuyor musunuz?

a. Evet b. Hayır

22) Hava nemlendiricisi kullanılıyor mu?

a. Evet b. Hayır

23) Kullanılan tüm cihazlar elektrikli mi?

a. Evet b. Hayır

24) İşyerinizin temizliği nasıl ve ne sıklıkla yapılmaktadır?

25) Temizlikte ne tür ürünler kullanılmaktadır?

26) Çalışanlar içerisinde kalıcı bir hastalığa sahip olan var mı?

a. Evet b. Hayır

27) Çalışanlar içerisinde sürekli olarak hastalık yakınmaları olan var mı? Varsa Neler?

Çalıştığınız işletme ile ilgili olarak eklemek istediğiniz diğer bilgiler ve yorumlarınız:.....
.....

EK-D: ANKET ÇALIŞMASI – OTO BOYACILAR

İÇ ORTAM HAVASINDA UÇUCU ORGANİK BİLEŞİKLERİN DERİŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ VE MARUZİYET RİSKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Projeyi Yürüten Kuruluş: Kocaeli Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

Destekleyen Kuruluş: Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Koordinatörlüğü

Bu ankette yer alan tüm bilgiler gizli tutulacaktır ve sadece araştırma amacıyla kullanılacaktır. Anketlerden elde edilecek tüm sonuçlar bütün olarak değerlendirilecektir. Tek bir kişiyi göz önüne alan bilgiler kişisel izin olmadan kullanılmayacaktır. Cevaplarınız çalıştığınız mekandaki iç ortam hava kalitesini etkileyen faktörleri belirlememize yardımcı olacaktır.

Yardımlarınız için teşekkür ederiz.

Ölçüm zamanı (gün ve saat olarak) :

İşletmenin alanı (m²) ve hacmi :

Havalandırma akış oranı (m³/h) :

Saatlik hava değişimi :

Ortalama sıcaklık (°C):

Ortalama bağıl nem (%) :

Kirlenici kaynak(lar):

Boyahane tipi :

Boyacı sayısı :

Kullanılan boya araçları ve sayısı :

Kullanılan Kimyasal(lar):

- 1) Katılımcı işletme adı :
- 2) İşletme adresi :
- 3) İrtibat telefonları :
- 4) Binanın yaklaşık yaşı:
- 5) İşletmenin faaliyete geçtiği tarih:
- 6) İşletmede çalışan personel sayısı:
- 7) İşletme çalışma gün ve saatleri:
- 8) Katılımcının bulunduğu çalışma ortamında sigara içiliyor mu ?

Lütfen aşağıdaki tabloyu doldurunuz.

	Adı Soyadı	Yaşı	İçtiği sigara sayısı (gün)	Eğitimi	Mesleği
1					
2					
3					

- 9) İşyerinin zemini ne ile kaplı ?
- 10) Yakın zaman içerisinde işyerinizde boya-badana veya tadilat yapıldı mı?
a. Evet b. Hayır Yapıldıysa tarihi ?
- 11) Çalışma ortamındaki malzemeler (masa, sandalye vb.) hangi malzemeden üretilmiş?
a. Ahşap b. Plastik c. Metal d. Diğer
- 12) Sürekli çalıştığınız cihaz(lar) nelerdir?
- 13) Çalışma ortamında sürekli çalıştığınız cihaz(lar) dışında aşağıdaki büro malzemelerinden kaç tane bulunmaktadır?
a. Bilgisayar b. Yazıcı c. Fotokopi makinesi d. Faks cihazı e. Diğer....
- 14) İşyeriniz nerede?
a. Cadde üzeride b. Sokak arasında c. Kapalı yerde d. Sanayide
- 15) İşyerinin trafiğe yaklaşık uzaklığı (metre) ve trafik yoğunluğu?
- 16) Çalışma ortamında havalandırma sistemi var mı?
a. Evet b. Hayır

17) Ne tür havalandırma sistemine sahipsiniz? (portatif fan, tavan fanı, aspiratör, klima)

18) Havalandırma için pencereleri açıyor musunuz?

a. Evet b. Hayır Ne sıklıkla

19) İşyeriniz nasıl ısıtılıyor?

Sistem Tipi	Temel ısıtıcı	2.	3.	Isıtıcıların yerleri
a. Kalorifer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
b. Soba	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
c. Diğer <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<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"/> <input type="checkbox"/>
b. Fuel-oil	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
c. Elektrik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
d. Gaz yağı	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
e. Odun	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
f. Kömür	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
g. Diğer.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

21) İşyerinizi sürekli aynı sıcaklıkta tutuyor musunuz?

a. Evet b. Hayır

22) Hava nemlendiricisi kullanılıyor mu?

a. Evet b. Hayır

23) Kullanılan tüm cihazlar elektrikli mi?

a. Evet b. Hayır

24) İşyerinizin temizliği nasıl ve ne sıklıkla yapılmaktadır?

25) Temizlikte ne tür ürünler kullanılmaktadır?

26) Çalışanlar içerisinde kalıcı bir hastalığa sahip olan var mı?

a. Evet b. Hayır

27) Çalışanlar içerisinde sürekli olarak hastalık yakınmaları olan var mı? Varsa Neler?

Çalıştığınız işletme ile ilgili olarak eklemek istediğiniz diğer bilgiler ve yorumlarınız:.....
.....

ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Ankara’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul’da tamamladı. 1997 yılında girdiği Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü’nden mezun oldu. 2001-2005 yılları arasında, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalının Environmental Biotechnology bölümünde Yüksek Lisans öğrenimini tamamladı. 2005 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında doktora programına giren Çevre Yük. Mühendisi Burcu Özerkan Aydın, evli ve iki çocuk annesidir.