

**FARKLI İŞ YERİ ORTAMLARINDA İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİN
BELİRLENMESİ VE ÇALIŞANLARIN KİŞİSEL MARUZİYETLERİNİN
İNCELENMESİ**

Fatma Nur ERASLAN

Yüksek Lisans Tezi

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Bilimleri Bilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Özlem ÖZDEN ÜZMEZ

İkinci Danışman: Prof. Dr. Eftade Emine GAGA

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Temmuz 2020

ÖZET

FARKLI İŞ YERİ ORTAMLARINDA İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİN BELİRLENMESİ VE ÇALIŞANLARIN KİŞİSEL MARUZİYETLERİNİN İNCELENMESİ

Fatma Nur ERASLAN

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Bilimleri Bilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Temmuz 2020

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Özlem ÖZDEN ÜZMEZ

İkinci Danışman: Prof. Dr. Eftade Emine GAGA

Bu çalışmada, Eskişehir’de seçilen farklı aktivite ve işlemlerin gerçekleştiği 7 iş yeri ortamı (fırın, fotokopi merkezi, restoran, kuaför, kuru temizleme, market, otel) seçilmiştir. Belirlenen ortamlarda SO₂, NO₂, O₃, 43 UOB (Uçucu Organik Bileşikler) ve PM_{2.5} konsantrasyonları kış ve yaz mevsimlerinde eş zamanlı olarak iç ve dış ortamlarda ölçümleri gerçekleştirilmiştir. İnorganik ve UOB için pasif örnekleme yöntemi kullanılırken, PM_{2.5} için aktif örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca, bu iş yerlerinde çalışan kişilerin maruziyet konsantrasyonlarını belirlemek amacı ile inorganik ve UOB için kişisel örneklemler gerçekleştirilmiştir.

Çalışma sonucunda, iş yerlerinin spesifik aktivitelerinin çalışma alanındaki iç ortam hava kirleticilerin konsantrasyonlarında önemli rol oynadığı görülmüştür. Genel olarak, SO₂ ve NO₂ seviyeleri restoran ve kuaförde, O₃ seviyeleri fotokopi merkezinde, UOB seviyeleri kuaför ve kuru temizlemede en yüksek olurken, PM_{2.5} seviyeleri ise restoran ve kuaförlerde daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca çalışanların UOB kaynaklı sağlık risklerinin değerlendirilmesi sonucunda kişisel örneklemlerin gerçekleştiği 10 çalışan için toplam kanser riski, sınır kabul edilen değeri (1.0 E-06) aşmıştır. Bunun yanında kanserojen olmayan UOB için hesaplanan tehlike indeksi sonuçlarında ise restoran, fotokopi merkezi ve resepsiyonist çalışanlarında referans değer (1) aşıldığı tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: İç ve dış ortam hava ölçümü, İş yeri ortamı, Mesleki maruziyet ölçümü, NO₂-SO₂-O₃-UOB-PM_{2.5}, Sağlık riski değerlendirmesi.

ABSTRACT

DETERMINING INDOOR AIR QUALITY AND INVESTIGATING EMPLOYEES' PERSONAL EXPOSURE IN DIFFERENT WORKPLACES

Fatma Nur ERASLAN

Department of Environmental Engineering

Programme in Environmental Sciences

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, July 2020

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Özlem ÖZDEN ÜZMEZ

Co-Supervisor: Prof. Dr. Eftade Emine GAGA

In this study, indoor air quality and personal exposures of the employees were investigated in 7 selected workplaces (bakery, photocopy center, restaurant, hairdresser, dry cleaning, market, hotel) in Eskişehir where different activities and processes are performed. In this context, SO₂, NO₂, O₃, 43 VOC and PM_{2.5} concentrations were measured simultaneously in indoor and outdoor environments during the winter and summer seasons. While passive sampling method was used for inorganic gases and VOCs, portable measurement devices were used for PM_{2.5}. In addition, personal sampling studies were conducted for inorganic pollutants and VOCs in order to determine the exposure concentrations of employees. When the obtained data were evaluated, it was seen that the specific activities performed in the workplaces played an important role in the indoor air pollutant concentrations. In general, SO₂ and NO₂ levels were measured at the highest values in the restaurant and hairdresser, O₃ levels were higher in the copy center, VOC levels were higher in the hairdresser and dry cleaning, while PM_{2.5} levels were higher in the restaurant and hairdresser. In addition, as a result of the evaluation of the health risks originating from the VOCs, the total cancer risk for the 10 employees with personal sampling exceeded the limit accepted by the EPA (1.0 E-06). It has been determined that the hazard index values calculated for non-carcinogenic VOCs exceed the reference value (1) in restaurant, photocopy center and hotel employees.

Keywords: Indoor and outdoor air quality measurement, Workplace, Occupational exposure measurement, NO₂, SO₂, O₃, VOC, PM_{2.5}, Health risk assessment

TEŞEKKÜR

İlk olarak, tez çalışmam boyunca desteklerini ve güzel enerjilerini her zaman hissettiğim, tecrübelerinden faydalandığım danışmanlarım Dr. Öğr. Üyesi Özlem ÖZDEN ÜZMEZ ve Prof. Dr. Eftade Emine GAGA'ya,

Tez savunma jürimde yer alarak, düşünce ve önerileri ile çalışmaya katkıda bulunan Sn. Doç. Dr. Zehra BOZKURT'a ve Sn. Dr. Öğr. Üyesi Mihriban YILMAZ CİVAN'a,

Tez çalışmam boyunca hem saha hem de laboratuvar çalışmalarımda her zaman yanımda olan sevgili arkadaşım Soner Özenç İLHAN'a ve bu süreçte manevi destekleriyle beni rahatlatan ve saha çalışmamda yanımda olan sevgili arkadaşlarım Rabia KONAKCI ve Mansoor Ahmad BHAT'a,

Çalışmama inanıp bana güvenerek kıymetli iş yerlerini bana açan iş yeri sahiplerine ve çalışmamda gönüllü olarak yer alan çok değerli çalışanlara,

Hayatımın her anında olduğu gibi bu süreçte de hem maddi hem manevi olarak her zaman yanımda olan, bana güç veren, idolum canım ablam Ayşe Melike ADAK'a,

Tanıdığım günden beri aldığım her kararda, her anımda yanımda olan, hayatımı kolaylaştıran, tez çalışmam boyunca da desteklerini çokça hissettiğim canım teyzem Yasemin BÜLBÜL ve canım Zübeyde Tuva PİLGE'ye,

Yüksek lisans eğitimimin ilk gününden itibaren manevi destekleri, yaratıcı ve yenilikçi fikirleriyle beni yönlendiren, pozitif yaşam tarzlarıyla daha büyük hayaller kurmamda beni cesaretlendiren, bu süreçte en iyi motivasyon kaynağım olan sevgili Bahar BULUT ve Servet BULUT'a,

Desteklerini ve bana olan inançlarını her daim hissettiğim dostlarım Zeynep USLU, Rukiye AĞCA, Melisa ÖZSOYLU ve Simaze MOUSTAFA'ya,

Son olarak, her zaman yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen canım aileme en içten dileklerle teşekkür ederim.

Fatma Nur ERASLAN

Temmuz 2020

Canım annem Memduha ERASLAN'a

03/07/2020

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Fatma Nur ERASLAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	Error! Bookmark not defined.
ÖZET	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR	iv
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
TABLolar DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
2. HAVA KİRLİLİĞİ	3
2.1. İç Ortam Hava Kirliliği	4
2.2. Dış Ortam Hava Kirliliği	5
2.3. Tez Çalışması Kapsamında Ele Alınan Hava Kirletici Bileşenler.....	6
2.3.1. Kükürt dioksit (SO ₂)	6
2.3.2. Azot oksitler (NO _x)	7
2.3.3. Partikül madde (PM)	7
2.3.4. Ozon (O ₃)	8
2.3.5. Uçucu organik bileşikler (UOB)	10
3. HAVA KİRLİLİĞİ ÖRNEKLEME ve ANALİZ YÖNTEMLERİ.....	12
3.1. Pasif Örnekleme	12
3.2. Aktif Örnekleme.....	15
3.3. Hava Kirleticilerin Analiz Yöntemleri	16
3.3.1. İyon kromatografisi	16
3.3.2. Gaz kromatografisi (GC)	18
3.4. Partikül Madde (PM) Ölçümü	22
4. İŞ YERİ ORTAMLARINDA GERÇEKLEŞTİRİLEN LİTERATÜR ÇALIŞMALARI.....	24
5. MATERYAL ve YÖNTEM.....	34
5.1. İş Yerlerinin Seçimi	36

5.2. Örneklem Programı	37
5.3. Pasif Örnekleyicilerin Hazırlanması	40
5.4. PM Ölçüm Cihazının Hazırlanması	44
5.5. Saha Çalışmaları	45
5.6. Örneklerin Ekstraksiyon ve Analizi	47
5.6.1. İnorganik bileşiklerin ekstraksiyon ve analizi	47
5.6.2. UOB'lerin ekstraksiyon ve analizi.....	52
5.7. Kalite Kontrolü ve Güvenilirlik Çalışmaları.....	55
5.7.1. Kör örnekleri	55
5.7.2. Metot dedeksiyon limiti	66
5.8. Sağlık Riski Hesaplamaları	66
6. BULGULAR.....	71
6.1. İnorganik ve Uçucu Organik Bileşik Örneklem Sonuçları	71
6.1.1. Fırın iş yeri ortamı örneklem sonuçları	71
6.1.2. Fotokopi merkezi örneklem sonuçları.....	82
6.1.3. Restoran örneklem sonuçları	94
6.1.4. Kuaför örneklem sonuçları	106
6.1.5. Kuru temizleme örneklem sonuçları	118
6.1.6. Market örneklem sonuçları	129
6.1.7. Otel örneklem sonuçları	140
6.1.8. İnorganik ve UOB örneklem sonuçlarının mevsimsel karşılaştırması	160
6.2. PM _{2.5} Ölçüm Sonuçları	166
6.2.1. Kış mevsimi ölçüm sonuçları	166
6.2.1. Yaz mevsimi ölçüm sonuçları	170
6.2.2. İç ortam / Dış ortam (İ/D) oranları	173
6.3. Çalışma Kapsamında Elde Edilen Sonuçların Literatür ile Karşılaştırılması.....	174
6.4. Kanserojen ve Kanserojen Olmayan Kimyasalların Risk Değerlendirilmesi	180
6.4.1. Kanserojenik Risklerin Değerlendirilmesi	180
6.4.2. Kanserojenik Olmayan Risklerin Değerlendirilmesi	186
7. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	195

KAYNAKÇA..... 201

EKLER

ÖZGEÇMİŞ



TABLolar DİZİNİ

Sayfa

Tablo 3.1. Pasif örnekleme yönteminin avantaj ve dezavantajları.....	13
Tablo 5.1. Her bir örnekleme kampanyasında kullanılan pasif örnekleme sayıları.....	38
Tablo 5.2. GC-TD-FID sisteminde UOB'lerin analiz edildiği kolon, geliş zamanları ..	54
Tablo 5.3. UOB'lere ait laboratuvar kör örnek değerleri (ng)	57
Tablo 5.4. Fırın örnek/kör örnek değerleri.....	59
Tablo 5.5. Fotokopi merkezi örnek/kör örnek değerleri	60
Tablo 5.6. Restoran örnek/kör örnek değerleri	61
Tablo 5.7. Kuaför örnek/kör örnek değerleri	62
Tablo 5.8. Kuru temizleme örnek/kör örnek değerleri.....	63
Tablo 5.9. Market örnek/kör örnek değerleri	64
Tablo 5.10. Otel örnek/kör örnek değerleri.....	65
Tablo 5.11. UOB'ler için pasif örnekleme dedeksiyon limit değerleri (ng)	66
Tablo 5.12. Toksikite değerlendirme parametreleri	68
Tablo 5.13. Risk değerlendirme hesaplamalarında hava kirlleticilere günlük maruz kalma dozunun belirlenmesinde kullanılan parametreler ve değerleri	69
Tablo 6.1. Fırın kış mevsimi analiz sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	73
Tablo 6.2. Fırın yaz mevsimi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	78
Tablo 6.3. Fotokopi merkezi kış mevsimi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	84
Tablo 6.4. Fotokopi merkezi yaz mevsimi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	90
Tablo 6.5. Restoran kış mevsimi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	95
Tablo 6.6. Restoran yaz mevsimi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	101
Tablo 6.7. Kuaför kış mevsimi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	107
Tablo 6.8. Kuaför yaz mevsimi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	113
Tablo 6.9. Kuru temizleme kış mevsimi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	119
Tablo 6.10. Kuru temizleme yaz mevsimi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	125
Tablo 6.11. Market kış mevsimi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	131
Tablo 6.12. Market yaz mevsimi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	136
Tablo 6.13. Otel kış mevsimi hafta içi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	144
Tablo 6.14. Otel kış mevsimi hafta sonu örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	146
Tablo 6.15. Otel yaz mevsimi hafta içi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	156

Tablo 6.16. Otel yaz mevsimi hafta sonu örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	158
Tablo 6.17. Kış mevsimine ait $\text{PM}_{2.5}$ ölçüm sonuçları (ug/m^3).....	169
Tablo 6.18. Yaz mevsimine ait $\text{PM}_{2.5}$ ölçüm sonuçları (ug/m^3).....	172
Tablo 6.19. Kış ve yaz mevsiminde her iş yeri için hesaplanan İ/D oranları	174
Tablo 6.20. Çalışmada elde edilen sonuçların sınır değerler ve literatür çalışmalarıyla karşılaştırılması ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	176
Tablo 6.21. Fırın çalışanında ölçülen UOB'lerin kanserojenik risk değerleri	181
Tablo 6.22. Fotokopi merkezi çalışanında ölçülen UOB'lerin kanserojenik risk değerleri	181
Tablo 6.23. Restoran çalışanında ölçülen UOB'lerin kanserojenik risk değerleri.....	182
Tablo 6.24. Kuaför çalışanında ölçülen UOB'lerin kanserojenik risk değerleri.....	182
Tablo 6.25. Kuru temizleme çalışanında ölçülen UOB'lerin kanserojenik risk değerleri	183
Tablo 6.26. Market çalışanında ölçülen UOB'lerin kanserojenik risk değerleri	183
Tablo 6.27. Otel çalışanlarında ölçülen UOB'lerin kanserojenik risk değerleri.....	185
Tablo 6.28. Fırın çalışanında ölçülen UOB'lerin toplam kanserojenik olmayan riskleri	187
Tablo 6.29. Fotokopi merkezi çalışanında ölçülen UOB'lerin toplam kanserojenik olmayan riskleri	188
Tablo 6.30. Restoran çalışanında ölçülen UOB'lerin toplam kanserojenik olmayan riskleri	189
Tablo 6.31. Kuaför çalışanında ölçülen UOB'lerin toplam kanserojenik olmayan riskleri	190
Tablo 6.32. Kuru temizleme çalışanında ölçülen UOB'lerin toplam kanserojenik olmayan riskleri	191
Tablo 6.33. Market çalışanında ölçülen UOB'lerin toplam kanserojenik olmayan riskleri	192
Tablo 6.34. Otel çalışanlarında ölçülen UOB'lerin toplam kanserojenik olmayan riskleri	193

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Pasif örnekleyici şematik diyagramları: (a) badge tipi difüzyon örnekleyici ve (b) rozet tipi geçirgen örnekleyici	14
Şekil 3.2. Piyasada bulunan pasif örnekleyici örnekleri (a: Radiello, b: Ogawa, c: SKC, d: Gradko, e: Passam).....	15
Şekil 3.3. İyon kromatografi şematik diyagramı	18
Şekil 3.4. Termal desorpsiyon-Gaz kromatografisi-FID şematik diyagramı	19
Şekil 3.5. FID şematik diyagramı	22
Şekil 3.6. PM ölçüm cihazı şematik diyagramı	23
Şekil 5.1. Tez çalışması süresince gerçekleştirilen çalışma aşamalarının şematik gösterimi	35
Şekil 5.2. Çalışmanın gerçekleştirildiği Eskişehir il ve ilçe sınırlarının gösterimi	36
Şekil 5.3. Seçilen iş yerlerinin konumu	37
Şekil 5.4. Çalışma süresince gerçekleştirilen pasif örnekleme kampanyaları	39
Şekil 5.5. Çalışma süresince gerçekleştirilen PM _{2.5} ölçüm çalışmaları.....	40
Şekil 5.6. İnorganik pasif örnekleyiciler (teflon ve delrin) ve kısımları	41
Şekil 5.7. İnorganik pasif örnekleyicilerin hazırlık aşamaları	42
Şekil 5.8. Tez kapsamında kullanılan Tenax TA çelik tüpü.....	43
Şekil 5.9. Tenax tüplerinin hazırlık aşamaları	44
Şekil 5.10. Çalışmada kullanılan iki PM ölçüm cihazına ait sonuçların karşılaştırılması	45
Şekil 5.11. Örnekleme esnasında pasif örnekleyicilerin konumları (a: iç ortam, b: dış ortam, c: kişisel)	46
Şekil 5.12. PM ölçüm çalışmalarına ait örnek fotoğraflar (a: iç ortam (Restoran), b: dış ortam (Kuaför))	47
Şekil 5.13. NO ₂ -SO ₂ örneğinin analizi sonucunda elde edilen örnek bir kromatogram	48
Şekil 5.14. O ₃ örneğinin analizi sonucunda elde edilen örnek bir kromatogram	49
Şekil 5.15. İnorganik kirletici analizlerinde kullanılan iyon kromatografi cihazı ve oto örnekleyicisi.....	50
Şekil 5.16. Nitrit iyonu için hazırlanan örnek bir kalibrasyon eğrisi	52
Şekil 5.17. UOB'lerin analizinde kullanılan TD-GC-FID cihazı	52

Şekil 5.18. Benzen bileşiğine ait örnek bir kalibrasyon eğrisi	55
Şekil 6.1. Fırın kış mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları	75
Şekil 6.2. Fırın kış mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme BTEK sonuçları.....	76
Şekil 6.3. Fırın kış mevsimi İ/D oranları	77
Şekil 6.4. Fırın yaz mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları	80
Şekil 6.5. Fırın yaz mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme BTEK sonuçları.....	81
Şekil 6.6. Fırın yaz mevsimi İ/D oranları	82
Şekil 6.7. Fotokopi merkezi kış mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları	86
Şekil 6.8. Fotokopi merkezi kış mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme BTEK sonuçları	87
Şekil 6.9. Fotokopi merkezi kış mevsimi İ/D oranları	88
Şekil 6.10. Fotokopi merkezi yaz mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları.....	89
Şekil 6.11. Fotokopi merkezi yaz mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme BTEK sonuçları	92
Şekil 6.12. Fotokopi merkezi İ/D oranları	93
Şekil 6.13. Restoran kış mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları.....	97
Şekil 6.14. Restoran kış mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme BTEK sonuçları	98
Şekil 6.15. Restoran kış mevsimi İ/D oranları.....	99
Şekil 6.16. Restoran yaz mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları.....	100
Şekil 6.17. Restoran yaz mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme BTEK sonuçları	104
Şekil 6.18. Restoran yaz mevsimi İ/D oranları.....	105
Şekil 6.19. Kuaför kış mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları	109
Şekil 6.20. Kuaför kış mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme BTEK sonuçları	111
Şekil 6.21. Kuaför kış mevsimi İ/D oranları	111
Şekil 6.22. Kuaför yaz mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları.....	115
Şekil 6.23. Kuaför yaz mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme BTEK sonuçları	116
Şekil 6.24. Kuaför yaz mevsimi İ/D oranları.....	117
Şekil 6.25. Kuru temizleme kış mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları	121
Şekil 6.26. Kuru temizleme kış mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme BTEK sonuçları	122
Şekil 6.27. Kuru temizleme kış mevsimi İ/D oranları	123
Şekil 6.28. Kuru temizleme yaz mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları	124

Şekil 6.29. Kuru temizleme yaz mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme BTEK sonuçları	128
Şekil 6.30. Kuru temizleme yaz mevsimi İ/D oranları	129
Şekil 6.31. Market kış mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları	130
Şekil 6.32. Market kış mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme BTEK sonuçları	133
Şekil 6.33. Market kış mevsimi İ/D oranları	134
Şekil 6.34. Market yaz mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları	138
Şekil 6.35. Market yaz mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme BTEK sonuçları	139
Şekil 6.36. Market yaz mevsimi İ/D oranları	139
Şekil 6.37. Otel kış mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları	143
Şekil 6.38. Otel kış mevsimi İ/D oranları	148
Şekil 6.39. Otel kış mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme BTEK sonuçları	149
Şekil 6.40. Otel yaz mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları	152
Şekil 6.41. Otel yaz mevsimi İ/D oranları	153
Şekil 6.42. Otel yaz mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme BTEK sonuçları	155
Şekil 6.43. Kişisel örnekleme sonuçlarının mevsimsel olarak karşılaştırması	162
Şekil 6.44. Kişisel örnekleme sonuçlarına ait Kış/Yaz oranları	163
Şekil 6.45. İç ortam konsantrasyonlarının mevsimsel olarak karşılaştırması	164
Şekil 6.46. İç ortam konsantrasyonlarının Kış/Yaz oranları	165
Şekil 6.47. Kış mevsimi iş yerlerine ait iç ortam ve dış ortam PM _{2.5} konsantrasyonlar	168
Şekil 6.48. Yaz mevsimi iş yerlerine ait iç ortam ve dış ortam PM _{2.5} konsantrasyonları	171
Şekil 6.49. PM _{2.5} konsantrasyonlarının İ/D oranları	173
Şekil 6.50. Kanser riski değerlerinin tüm iş yerleri için birlikte değerlendirilmesi	186
Şekil 6.51. Kişisel örnekleme sonuçlarına ait tehlike indeksi değerlendirmesi	194

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AT	: Ortalama maruziyet süresi (yıl)
BW	: Vücut ağırlığı (kg)
°C	: Santigrat Derece
C	: Konsantrasyon
CDIca	: Kanserojen bileşikleri kronik günlük alım miktarı
CDInc	: Kanserojen olmayan bileşikleri kronik günlük alım miktarı
CO	: Karbon Monoksit
CO ₂	: Karbon Dioksit
ED	: Maruziyet süresi (yıl)
EF	: Maruziyet frekansı (gün/yıl)
ET	: Maruziyet süresi (saat/gün)
FID	: Alev İyonizasyon Dedektörü
GC	: Gaz Kromatografisi
HQ	: Tehlike İndeksi
IC	: İyon Kromatografisi
IRIS	: Entegre Risk Bilgi Sistemi
IR	: İnhalasyon oranı
IUR	: Solunum yoluyla maruziyet için birim risk
LTCR	: Yaşam Boyu Kanser Riski
Max.	:Maksimum
Min.	: Minimum
NO _x	: Azot Oksit
NO ₂	: Azot Dioksit
ng	: Nanogram
µg	: Mikrogram
µL	: Mikrolitre
O ₃	: Ozon

OSHA	: İş Güvenliği ve Sağlığı İdaresi
PAH	: Polisiklik Aromatik Hidrokarbon
PM	: Partikül Madde
PM _{2.5}	: Aerodinamik çapı 2.5 µm'den küçük olan partiküller
PM ₁₀	: Aerodinamik çapı 10 µm'den küçük olan partiküller
RfC	: Referans konsantrasyon
RfD	: Referans Doz
RSP	: Asılı Partikül Madde
SO ₂	: Kükürt Dioksit
TD	: Termal Desorpsiyon
TEA	: Trietanolamin
ΣUOB	: Toplam Uçucu Organik Bileşikler
TWA	: Zaman Ağırlıklı Ortalama
UOB	: Uçucu Organik Bileşikler
USEPA	: Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü

1. GİRİŞ

Hava kirliliği, canlı yaşamını doğrudan etkileyen en önemli kirlilik parametrelerindendir. Hava kirliliği iç ortam ve dış ortam hava kirliliği olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Dış ortam hava kirliliği, atmosferdeki kirlilikten bahsederken; iç ortam hava kirliliği ise, bina içi gibi kapalı alanlardaki hava kirliliğini ifade etmektedir. Ortam havasındaki kirletici konsantrasyonuna bağlı olarak solunum, baş ağrısı gibi çeşitli sağlık problemlerinin yansira yüksek konsantrasyonlarda kanser gibi ölümcül hastalıklara sebep olabilmektedir. Günümüze kadar gerek dış ortam gerekse iç ortam hava kalitesini belirlemeye yönelik literatürde birçok araştırma yapılmıştır (Ashok ve diğ., 2014; Demirel ve diğ., 2014; Parra ve diğ., 2008; Rasmussen ve diğ., 2018; Sarigiannis ve diğ., 2011; Seow ve diğ., 2015; Stranger ve diğ., 2008; Su ve diğ., 2013). Bu çalışmaların birçoğu ise, günlük yaşamımızda zamanımızın çoğunu iş yeri, ev, okul gibi kapalı alanlarda geçirdiğimizi göz önünde bulundurarak, iç ortam hava kalitesinin dış ortam hava kalitesinden daha fazla önem arz ettiğini, insan sağlığı üzerinde daha büyük etkilere sebep olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışmalarda elde edilen sonuçlar, gelecek çalışmalar için dikkatlerin iç ortam hava kalitesinin önemine çekilmesinin temelini oluşturmuştur.

Gerçekleştirilen bu tez çalışmasında;

- İç ortam atmosferi olarak iş yeri ortamları seçilmiş ve fırın, fotokopi merkezi, restoran, kuaför, kuru temizleme, market ve otel olmak üzere Eskişehir’de seçilen 7 farklı iş yerinde iç ortam hava kalitesini belirlemek amacıyla örnekleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir.
- Bu kapsamda, iç ortam hava kirleticilerinden kükürt dioksit (SO_2), azot dioksit (NO_2), ozon (O_3), UOB (Uçucu Organik Bileşik) gibi gaz kirleticilerinin seviyeleri pasif örnekleme yöntemiyle ve $PM_{2.5}$ (Partikül Madde) seviyeleri aktif örnekleme yöntemiyle belirlenmiştir.
- Uluslararası ve ulusal literatürde yer alan benzer çalışmalar ile karşılaştırma yapılarak elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.
- Kanserojen ve kanserojen olmayan bileşikler için kanser riski ve tehlike indeksi hesaplamaları yoluyla sağlık riski değerlendirmeleri yapılmıştır.

- İç ortam ve dış ortam pasif örnekleme çalışmalarının yanı sıra kişisel örnekleme çalışmaları da yapılmış olup, iş yerlerinde çalışanların kirleticilere olan maruziyet seviyeleri belirlenmiştir.

İç ortam hava kirleticilerine özellikle mesleki maruziyetin ölçülmesinde bilhassa lkemizde gerçekleştirilmiş detaylı ve yeterli sayıda çalışma olmaması, bu tez çalışmasına ayrı bir önem ve özgünlük kazandırmaktadır. Ayrıca, literatürdeki mevcut eksikliği gidermeye yönelik tez çalışmasında elde edilen sonuçlar ile katkı sağlamak ve ilgili alanda ileride yapılacak bilimsel çalışmalara destek olmak çalışmanın en önemli amaçları arasında yer almaktadır. İnsanların günlerinin büyük bir kısmını iş yerlerinde geçirdikleri düşünüldüğünde, maruziyet seviyelerinin belirlenmesinde maruz kalınan iş yerinin özelliği ve buna bağlı olarak kirletici yoğunluğunun önemli olduğunu ortaya koymak çalışmanın diğer önemli amaçlarından birini oluşturmaktadır.

2. HAVA KİRLİLİĞİ

Günümüzde gelişen teknoloji, sanayi ve kentlerde yaşam şartlarının modernleşmesi ile ortaya çıkan çevre sorunlarında doğru orantılı bir ilişki söz konusudur. Şehir merkezlerine yakın alanlardaki sanayileşmeler ve artan motorlu taşıt kullanımı canlı yaşamını olumsuz etkilemekte ve her geçen gün daha ileri seviyeye gitmektedir. Söz konusu çevre sorunlarının en önemlilerinden olan ve insan sağlığını zannedilenden çok daha fazla etkileyen hava kirliliği; doğal yollarla oluşan ya da insan kaynaklı çeşitli aktivitelerin sebep olduğu bir veya birçok kirleticinin atmosfere karışarak atmosfer koşullarını bozması ve olması gereken sınır değerden daha fazla seviyelerde bulunmasıyla ekolojik dengeyi, canlı ve cansız varlıkları olumsuz yönde etkilemesi olarak tanımlanmaktadır.

Hava kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki genel etkileri arasında akciğer fonksiyonlarının azalması, göz, burun, ağız ve boğazda tahriş, astım atakları, öksürük solunum semptomları yer alırken, bunların yanında, bronşit, astım gibi artan solunum yolu hastalıkları, baş ağrıları ve baş dönmesi, üreme ve bağışıklık sistemleri bozuklukları ve kardiyovasküler problemlere ve hatta bazen kansere ve erken ölüme yol açabilmektedir (Xiang ve diğ., 2010).

Hava kirliliğini diğer kirlilik türlerinden ayıran en önemli nokta ise, canlıların yaşamlarını sürdürebilmesi için, birkaç dakikayı gözardı edersek, kesintisiz bir şekilde havaya ihtiyaç duymalarıdır. Bu yüzden hava, tüm canlılar için zorunlu olan yaşam kaynaklarının başında yer almaktadır. Hava kirliliği kaynakları ise, doğal kaynaklar ve yapay (antropojenik) kaynak olarak iki başlık altında incelenmektedir. Doğal kaynaklara bağlı oluşan hava kirliliği, çeşitli doğa olayları sonucunda meydana gelmektedir. Bunlara volkanik hareketler ve orman yangınlarından dolayı meydana gelen zehirli gazların atmosfere karışması örnek olarak verilebilir. Yapay kaynaklar ise, çeşitli insan faaliyetlerini içermektedir. Yapay hava kirliliği kaynaklarına endüstrileşme, yanma işlemleri, evsel ısınma, motorlu taşıtların kullanımı vb. faaliyetler örnek olarak verilebilir. Bu kirlilik kaynakları hem iç ortam hem de dış ortam hava kalitesini olumsuz etkilemektedir. Özellikle iç ortamlarda hava kirliliği kaynakları çok daha çeşitlilik göstermektedir. Bu tez çalışmasında da farklı iç ortamlarda farklı kaynaklardan olumsuz

etkilenen hava kalitesinin belirlmesine yönelik örnekleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

2.1. İç Ortam Hava Kirliliği

Çalışma ağındaki insanlar günlerinin yaklaşık % 75'ini i ortamlarda (evler, ofisler, atölyeler, vb.) geçirerek, dışardaki hava kirletici seviyelerinden 10 kat daha yüksek kirlilik seviyelerine sahip havayı solurken; yaşlılar, çocuklar ve yeni doğan bebekler gibi en savunmasız popülasyon, zamanlarının % 90'ından fazlasını i ortamlarda geçirmektedir. Dolayısıyla, iç ortam hava kirliliği son zamanlarda çok önemli hale gelmektedir. İç ortam hava kirleticileri insanlar üzerindeki etkileri dikkate alındığında iki kategoriye ayrılabilir: akut hastalıklarla ilişkili olanlar (astım, alerjiler, vb.) ve kanserojen olanlar. İlk grup kirleticiler arasında mikroorganizmalar, CO₂, CO, NO₂, SO₂, UOB'ler ve ikinci grupta ise, ağır metaller, benzen gibi çeşitli UOB'ler, polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar) bulunmaktadır (Peluso ve diğ., 2011). Ayrıca kirleticilerin ortamdaki konsantrasyonları ve maruziyet süresi arttıkça sebep olacağı sağlık sorunları artış gösterdiği de bilinmektedir.

İç ortam hava kalitesini etkileyen çeşitli faktörler bulunmaktadır. Bunlar arasında; iç ortam havalandırma ekipmanları, bina yapı malzemeleri, kullanılan mobilyalar, teknolojik cihazlar, kişisel bakım ve temizlik ürünleri ve çeşitli insani aktiviteler vb. olarak söylenebilir. Bunların yansıra dış ortam havasının da pencereler ve kapıların açılmasıyla iç ortam havasını doğrudan etki ettiğini göz önünde bulundurduğumuzda, dış ortam havası da önemli bir iç ortam hava kirliliği kaynağı olarak önemli bir role sahiptir.

Literatürde yer alan çalışmalarda farklı özelliklere sahip i ortamlarda örnekleme çalışmaları ile çeşitli kaynaklardan salınan iç ortam hava kirletici seviyeleri ölçülmüş ve buna bağlı olarak iç ortam hava kalitesi belirlenmiştir (Brown et al., 2012; Buiarelli et al., 2019; Klinmalee et al., 2009; D. Saraga et al., 2011a; Wallace, 2001). Günümüzde de iç ortam hava kirliliği konusunda giderek artan bir şekilde daha detaylı ve kapsamlı araştırmalar gerçekleştirilmektedir. Bu tez çalışmasında ise, insanlar zamanlarının önemli bir kısmını iş yerlerinde geçirdiklerinden dolayı, çalışma sürelerinin çoğunda iş yeri iç ortam havasını soluduklarından yola çıkarak, çalışma ortamlarındaki iç ortam hava kalitesinin önemi vurgulanmak istenmiştir. Bu kapsamda, çeşitli iş yeri ortamlarında

salınan kirletici bileşen seviyelerinin ölçülmesi ve bu kirleticilere, çalışan kişilerin maruziyetlerinin belirlenmesi esas alınmıştır.

İç ortam hava kalitesinin düşük olması insanların sadece sağlıkları üzerinde değil, konforu ve üretkenliği üzerinde de olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Çalışılan kapalı alanların hava sıcaklığı (19-20°C) ve nem içeriğinin (%30-50) kişilerin rahatlık ve verimliliği üzerinde etkili olduğu bilinmektedir (Alyüz ve Veli, 2016). Sadece sıcaklık ve nemin bile çalışma performansını önemli ölçüde etkilediği düşünüldüğünde, hava kirleticilerin iç ortamda yüksek seviyelerde bulunması çalışma performanslarını daha da olumsuz duruma getirebileceği unutulmamalıdır.

2.2. Dış Ortam Hava Kirliliği

Dış ortam hava kirliliği çevrenin birçok yönünü etkilemesinin yanında insan sağlığını da etkileyebilmektedir. Çevreye birçok doğal ve antropojenik kaynaktan salınan hem inorganik hem de organik doğada çok sayıda potansiyel dış hava kirleticisi (O₃, karbon monoksit (CO), SO₂, NO₂, kurşun, PM, UOB vb.) vardır. Atmosferde bulunan organik maddeler gibi hava kirleticilerinin eser seviyeleri bile insan sağlığı açısından önemlidir. Bu durum özellikle atmosferin karmaşık ve dinamik doğasında, bu bileşikleri doğru bir şekilde tespit etmek ve ölçmek için hassas ve seçici örnekleme ve analitik yöntemlerin geliştirilmesini gerektirir.

Hava kirleticileri çeşitli antropojenik veya doğal kaynaktan yayıldığında, iç ortam hava kirliliği yüküne katkıda bulunmadan önce atmosferde dağılabilir ve seyrelebilir. Ek olarak, atmosferde çeşitli fotokimyasal işlemler de dahil olmak üzere hava kirleticileri atmosferik reaksiyonlar sonucunda dönüşebilir ve ortaya çıkabilir. Bu nedenle, çeşitli hava kirleticileri, Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansının (ABD EPA) belirlediği iç ortam ve dış ortam için sınır değerlere tabidir. Ülkemizde de 2008 yılında yayınlanan resmi gazetede Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından çeşitli dış ortam hava kirleticileri için sınır değerler bildirilmiştir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008).

2.3. Tez Çalışması Kapsamında Ele Alınan Hava Kirletici Bileşenler

Çok sayıda hava kirleticileri bulunmasına rağmen, bu tez çalışması kapsamında incelenen kirleticiler üzerinde durulmuştur. Bu kirleticilere ait detaylı bilgilere alt başlıklarda yer verilmiştir.

2.3.1. Kükürt dioksit (SO₂)

Renksiz bir gaz olan SO₂, geleneksel kentsel hava kirleticilerinden biridir ve havadan yaklaşık 2,5 kat daha ağır, keskin ve boğucu bir kokusu vardır. SO₂ gazı havadan 2,2 kat daha yoğundur. SO₂, cildi, gözleri, burnun ve boğazın dokularını ve mukozalarını tahriş eden keskin bir kokuya sahip bir gazdır. Başlıca üst solunum yollarını ve bronşları etkileyebilmektedir. Diğer sağlık etkileri baş ağrısı, genel rahatsızlık ve kaygıdır.

Yemek pişirmek ve ısınmak için kömür veya biyokütlenin yakılması ise en önemli iç ortam hava kirletici kaynaklarından. Ayrıca iç ortamda sigara içilmesinin de ortamdaki SO₂ konsantrasyonunda artışa sebep olduğu tespit edilmiştir (Seow ve diğ., 2015).Yapılan bu tez çalışmasında iş yerlerinin pişirme, yakma veya ısınma işlemlerinin gerçekleştirildiği ortamlarda kirletici ölçümleri yapılarak, bu faaliyetler sonucunda SO₂'nin iç ortam hava kirliliğindeki payı üzerinde durulmuştur.

SO₂ emisyonlarının dış ortam kaynakları arasında ise fosil yakıt yanması, eritme ve sülfürik asit üretimi yer almaktadır. Kömür yakma işlemleri, SO₂'nin en büyük antropojenik kaynağıdır. Meteorolojik koşullara, topografik özelliklere, şehir planlamasına, tasarım ve insan faaliyetlerine bağlı olarak kentsel alanlarda artış gösterebilecek önemli hava kirliliği sorunlarına neden olmaktadır. Asit yağmurlarına sebep olmasıyla toprak ve su ekosistemlerinin asitlenmesine katkı sağlamaktadır. Söz konusu ekosistemlerde asit birikimi, nehirler ve göllerdeki canlı yaşamını etkileyebilir; bitki örtüsüne zarar verebilir. SO₂ emisyonları ayrıca atmosferde ikincil partikül madde oluşumuna katkıda bulunur, bu da insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkisi açısından daha da önem teşkil etmektedir (Tecer ve Tagil, 2013).

2.3.2. Azot oksitler (NO_x)

Azot oksitler, kırmızımsı kahverengi renkte olup, ortam havasında oldukça reaktiftir. Molekül ağırlığı 46,01 g/mol, erime noktası $-11,2^\circ\text{C}$, kaynama noktası $21,15^\circ\text{C}$ ve yoğunluk $1,45 \text{ g/cm}^3$ 'dur (hava = 1 g/cm^3). Azot oksitler fotokimyasal duman (UOB'ler ile) ve yer seviyesindeki O_3 oluşturan öncül kirleticilerden olduğu için oldukça önemlidir. Azot oksitlerin (NO_x) bir üyesi olarak NO, O_3 ve diğer gazlarla karmaşık bir kimyasal ve fotokimyasal reaksiyon zincirine uğrar. Genellikle, atmosferdeki NO_2 , ya doğrudan karayolu trafiği ve enerji üretimi gibi kaynaklardan (birincil kirletici) ya da atmosferdeki kimyasal reaksiyonlardan (ikincil kirletici) olmak üzere iki kaynaktan oluşur (Han ve Naeher, 2006). NO_2 gazına kısa süreli maruziyet, solunum yollarında duyarlılık ve akciğer fonksiyon olumsuzluklara neden olabilir. Uzun süreli maruziyet bağışıklığı azaltabilir ve solunum yolu enfeksiyonlarına yol açabilir (Han ve Naeher, 2006). NO_2 , akciğer fonksiyonunu etkileyerek sağlığa doğrudan etki edebilir, aynı zamanda O_3 oluşumundaki katkısıyla dolaylı yoldan sağlığı etkileyebilmektedir. Ayrıca, NO_2 ekosistemler ve altyapı üzerinde olumsuz etkileri olabilecek asit yağmuruna da neden olmaktadır (Forbes ve Garland, 2016).

En önemli iç ortam hava kirletici kaynakları arasında tütün dumanı ve gaz, odun, gazyağı kullanılan soba, fırın, ısıtıcılar ve şömineler gibi ekipmanlar, özellikle de kirli veya bakımı iyi yapılmayan cihazlar, yemek pişirme aktiviteleri bulunmaktadır. Doğal ve antropojenik kaynaklardan salınan dış ortam NO_2 konsantrasyonları da iç ortam hava kirlilik seviyelerini etkiler. Ortam havasında NO_2 , yanma işlemi sırasında yüksek sıcaklıklarda çeşitli oksijen ve azot kombinasyonları ile oluşturulur. Yanma sıcaklığı arttıkça daha fazla NO üretilir. Ayrıca, NO_2 dış ortam atmosferinde taşıt egzozu ve endüstriyel prosesler de dahil olmak üzere fosil yakıtın yanmasından dolayı ortaya çıkmaktadır (Mishra, 2017). Karayolu trafiği ise başlıca dış ortam NO_2 kaynağıdır. (Alberts, 1994; Arashidani ve diğ., 1996).

2.3.3. Partikül madde (PM)

Hava kirleticileri arasında önemli yere sahip olan partikül madde, genel olarak ince PM ve kaba PM olmak üzere iki gruba ayrılır. İnce PM; partikül madde aerodinamik çapı

< 2.5 mikron olan ve PM_{2.5} olarak adlandırılan, kaba PM ise partikül madde aerodinamik çapı < 10 mikron olan ve PM₁₀ olarak adlandırılan gruptur (Mishra, 2017).

Partiküller, akciğerlere derinlemesine nüfuz ettikleri için ciddi insan sağlığı sorunlarını oluşturur. Partikül madde dolaşım sistemi üzerinde doğrudan toksik etki gösterebilir (PM_{2.5}'un çözünebilir bileşenleri solunum dokusuyla kan akışına geçebilir). PM₁₀, bronşların içine kolayca nüfuz edip çökebilirken, PM_{2.5} küçük hava yollarına ve alveollere ulaşabilir. Son zamanlarda üçüncü tip parçacıklar olarak adlandırılan ultra ince parçacıklar ise aerodinamik çapı oldukça küçük (< 0,1 µm) olmasından dolayı akciğerlerde daha derine nüfuz edebilir ve hatta doğrudan kan dolaşımına girebilmektedir (Mishra, 2017). Sağlık etkileri haricinde ise, ekosistem ortamlarında ince parçacıkların neden olduğu pus nedeniyle görünürlüğün azalması söz konusu olmaktadır (Daniel, 2014).

İç ortam partikül madde kaynakları arasında ortamın havalandırılmaması, pişirme işlemlerinin gerçekleştirilmesi, ısınma veya soğuma amaçlı aktiviteler, kapalı ortamda sigara içilmesi, kişilerin günlük aktiviteleri, toz, toprak, deri döküntüleri, mantar sporları, kağıt ve kumaş fiberlerinden oluşup çökelen tozların tekrar ortama yayılması yer almaktadır (Li ve diğ., 2017).

Bunun yanında PM, atmosfere doğrudan salınabilir veya reaksiyonlar sonrası oluşabilir. Bu nedenle birincil ve ikincil olarak gruplandırılır. Birincil parçacıklar doğrudan şantiyeler, asfaltsız yollar, tarlalar, bacalar veya yangınlar gibi kaynaklardan yayılır. İkincil parçacıklar, atmosferdeki SO₂, NO_x ve diğer bileşikler arasındaki reaksiyonlar sonucu oluşur. Atmosferdeki çoğu ince PM ikincil partikül grubundadır. Boyut olarak kaynak değerlendirmesi yapılacak olursa, genel olarak, PM_{2.5} yanma kaynaklardan; PM₁₀ ise nitrat ve sülfatlar gibi ince parçacıkları oluşturan doğal kaynaklardan (orman yangınları, biyo-aerosoller, mantar sporları, polen, rüzgarın getirdiği toz), ve mesleki faaliyetlerden (taşlama, eritme vb.) elde edilir.

2.3.4. Ozon (O₃)

Ozon (O₃) doğrudan atmosfere salınmaz ve atmosferde fotokimyasal reaksiyonlar sonucu oluşur. Bundan dolayı da "ikincil kirletici" olarak sınıflandırılır. Atmosferdeki O₃'nun çoğunluğu (% 90), dünya yüzeyini güneş ultraviyole radyasyonundan koruyan O₃

tabakasının bir parçası olarak stratosferdedir. Ancak troposferdeki O₃, hava kalitesi, insan sağlığı, tarım ve iklim değişikliği üzerinde etkili olabilmektedir (Forbes ve Garland, 2016). Güneş ışığı varlığında reaksiyona giren (yani fotokimyasal reaksiyonlar) UOB ve NO_x karışımı O₃ oluşumuna yol açar. Bu reaksiyonlar atmosferin en alt tabakasında, yani troposferde meydana gelir. İnsanlar ve diğer organizmalar troposferde yaşadıkları ve nefes aldıkları için yer seviyesindeki O₃ insanlarda sağlık problemlerine sebep olur ve ayrıca bitki örtüsüne, yaban hayatına zarar verir (Daniel, 2014).

O₃ göz, burun, boğaz ve akciğer tahrişine neden olabilir. Ayrıca baş ağrılarına ve gözlerin, burnun ve boğazın kurumasına neden olabilir (Lee ve diğ., 2001). Ozon içeren havanın solunması riski en fazla olan insanlar arasında astımı olanlar, çocuklar, yaşlılar bulunmaktadır. Çocukların akciğerleri gelişim sürecinde olduğundan, O₃ maruziyetleri sonucunda astım olma olasılığı yetişkinlerden daha fazladır. Bu etkiler sağlıklı insanlarda bile bulunmuştur, ancak astım gibi akciğer hastalıkları olan kişilerde daha ciddi olabilmektedir. O₃'a uzun süreli maruz kalma astımın şiddetlenmesi ile bağlantılıdır ve muhtemelen astım gelişiminin birçok nedeninden biri olabilir. Daha yüksek ozon konsantrasyonlarına uzun süreli maruz kalma, çocuklarda anormal akciğer gelişimi gibi kalıcı akciğer hasarına da sebep olabilmektedir [http-1]. Bebeklerin akciğerleri doğumdan sonra gelişmeye devam ettiği için daha hassastırlar ve üretken doku hava kirleticilerden daha kolay etkilenir (Daniel, 2014).

Ozonun iç ortam hava kirleticisi kaynaklarına bakıldığında; en önemli kaynaklar arasında yazıcı, fotokopi, poster basım cihazları gibi ofis ekipmanları ve ısıtma-soğutma sistemleri bulunmaktadır. Bu tez çalışması kapsamında iş yeri ortamları arasında fotokopi merkezinin seçilmesindeki amaç, söz konusu ortamlarda oluşabilecek O₃ seviyelerini belirlemek ve bu ekipmanları gün boyu kullanan çalışanların O₃ maruziyetini incelemektir.

Daha önce de bahsedildiği üzere, ikincil bir kirleticisi olan O₃, UOB ve NO_x gibi bileşiklerin güneş ışığı varlığında tepkimeye girmesinden dolayı meydana gelmektedir. Dolayısıyla atmosferdeki O₃ varlığı ile hava sıcaklığı arasında doğru bir ilişki söz konusudur. Bu nedenle, özellikle yaz aylarında diğer aylara göre daha fazla konsantrasyonlarda bulunmaktadır. O₃ konsantrasyonunun en yüksek elde edildiği Nisan-Eylül ayları arasındaki bu dönem “ozon mevsimi” olarak tanımlanır. Değişen mevsim normalleri sebebiyle O₃ oluşumu için gereken gün ışığı, gün içerisindeki zamanlarda

değişiklik göstermektedir. Bu durum O₃ konsantrasyonları üzerinde etkili olmaktadır. (Altuğ, 2013).

2.3.5. Uçucu organik bileşikler (UOB)

Organik bileşikler uçucu organik bileşikler, yarı uçucu organik bileşikler ve uçucu olmayan organik bileşikler olarak üç sınıfa ayrılmaktadır. Kaynama noktası 50-260 °C aralığında olduğu için UOB'ler uçucu özellik göstermektedir. Uçucu organik bileşikler, çevre ortamında aynı yüksek uçuculuk karakteristiğini gösteren organik bileşiklerin bulunduğu bir hava kirletici grubudur. Günümüzde kromatografiyle tespit edilebilen 300'den fazla farklı türde UOB bulunmaktadır. Havadaki UOB'lerin konsantrasyonu, güneş ışığı altında emisyonlar, buharlaşma, birikme ve fotokimyasal reaksiyonlar gibi işlemlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Han ve Naeher, 2006).

Ortam havasındaki UOB'ler göz ve akciğer tahrişlerine katkıda bulunabilir ve kanser yapıcı olmasının yanı sıra özellikle çocuklarda ve yeni doğanlarda gelişimde yetersizliğe, doğurganlık seviyesinde düşüşe sebep olması gibi etkileri bulunmaktadır. Ayrıca, BTEK (Benzen, Toluen, Etilbenzen, Ksilenler) bileşiklerinin solunum ve merkezi sinir sistemini etkilediği bilinmektedir. UOB'ler ayrıca gerçekleştirdikleri fotokimyasal reaksiyonlar yoluyla ozon ve peroksiasetil nitrat gibi troposferik oksidantların oluşumuna katkıda bulunmaktadır (Forbes ve Garland, 2016).

Ev ürünlerinden salınan UOB seviyeleri yapı malzemelerinden daha az olsa da kimyasallara karşı aşırı duyarlı olan çocuklar, oyuncaklara ve okul malzemelerine doğrudan temas halinde olduğu için risk seviyesi daha fazladır. İç ortamlarda UOB gibi hava kirleticilerinin ölçülmesi, tehlikeleri ve risklerinin yeterince değerlendirilmesi özellikle insan sağlığı için oldukça önemlidir (Kataoka ve diğ., 2012).

UOB'ler hem biyogenik hem de antropojenik kaynaklardan atmosfere yayılmaktadır. İç ortam kaynakları arasında ise boyalar ve boya çözücüler, ahşap koruyucular, oda spreyleri, temizlik ürünleri, haşere kovucular, hobi malzemeleri, kuru temizleme işlemleri, inşaat malzemeleri ve mobilyalar, fotokopi makineleri ve yazıcılar gibi ofis ekipmanları, tutkallar ve yapıştırıcılar dahil grafik ve el sanatları malzemeleri yer almaktadır (Çobanoğlu ve Kiper, 2006).

Biyojenik UOB'ler karasal ekosistemlerdeki çeşitli kaynaklardan (çiçekler, gövdeler, gövdeler, kökler, yaprak çöpleri, toprak mikropları, böcekler ve hayvanlar) salınırken (Baghi et al., 2012), antropojenik UOB'ler ise taşıtlardan, çöp sahalarından, rafinerilerden, petrokimya operasyonlarından ve solvent bazlı çeşitli endüstrilerden (boya, kuru temizleme, baskı vb.) kaynaklanmaktadır (Forbes ve Garland, 2016).



3. HAVA KİRLİLİĞİ ÖRNEKLEME ve ANALİZ YÖNTEMLERİ

Hava kalitesinin belirlenmesinde ve kirleticilerin ölçümünde kullanılan dört örnekleme yöntemi vardır. Bunlar;

- Pasif Örnekleme
- Aktif Örnekleme
- Otomatik Analizörler
- Uzaktan algılayıcılardır.

Bu tez çalışması kapsamında SO₂, NO₂, O₃ ve UOB gaz kirleticileri için pasif örnekleme yöntemi, PM_{2.5} için ise aktif örnekleme yöntemi kullanıldığından dolayı aşağıda pasif ve aktif örnekleme yöntemleri anlatılmıştır.

İnorganik bileşiklerin analizleri Dionex 1100 İyon Kromatografi cihazında gerçekleştirilirken, UOB analizleri ise TD-GC-FID cihazında gerçekleştirilmiştir. Analiz yöntemlerinde ait detaylı bilgilere ise alt başlıklarda yer verilmiştir.

3.1. Pasif Örnekleme

Pasif örnekleme, iki ortam arasındaki analitin kimyasal potansiyelindeki farkın bir sonucu olarak, örneklenecek ortamdan bir toplama ortamına kadar analit moleküllerinin serbest akışına yani difüzyonuna dayanan bir örnekleme yöntemi olarak tanımlanır. Bir ortamdan diğerine analit moleküllerinin net akışı, sistemde denge kuruluncaya veya örnekleme süresi kullanıcı tarafından sonlandırılıncaya kadar devam eder. Örnekleyici tarafından toplanan analit miktarı hem örneklenmiş ortamdaki konsantrasyonuna hem de örnekleme süresine bağlıdır. Birçok durumda, örnekleme öncesinde tutma ortamı üzerinde çeşitli işlemlerin yapılması gerekmektedir. Pasif yöntemler genellikle numune ön işleminin basitleştirildiği ve uygulanması çok kolay olan yöntemlerdir (Górecki ve Namieśnik, 2002).

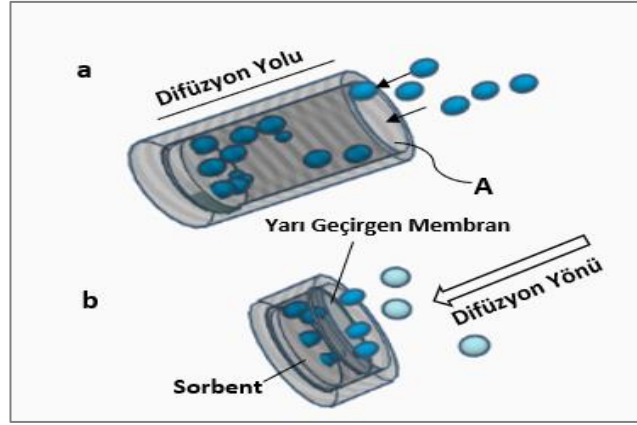
Pasif örnekleyiciler basit ve küçük bir yapıya sahip olma, düşük maliyet, pahalı ve karmaşık ekipmanlara ihtiyaç duyulmaması, enerji gereksiniminin olmaması, yoğun insan gücü gerektirmemesi gibi birçok önemli avantaja sahiptir. Bunun yanı sıra bazı

sınırlamaları da mevcuttur; bunlar arasında en önemlisi, ortam koşullarının (sıcaklık, hava hareketi ve nem gibi) örnekleme olası etkileridir. Buna rağmen, birçok kullanıcı pasif örneklemeyi daha geleneksel örnekleme prosedürlerine göre daha iyi bir alternatif olarak görmektedir (Górecki ve Namieśnik, 2002). Tablo 3.1.'de pasif örnekleme yönteminin avantaj ve dezavantajları yer almaktadır.

Tablo 3.1. Pasif örnekleme yönteminin avantaj ve dezavantajları (Krol ve Namieśnik, 2010)

Avantajlar	Dezavantajlar
→ Küçük boyutlu ve yapısal olarak oldukça basittir	→ Kısa süreli örneklemler için hassasiyeti zayıftır
→ Herhangi bir enerji veya güç kaynağı gereksinimi olmaz	→ Diğer örnekleme yöntemlerinin aksine analiz öncesi ön işlemler daha azdır.
→ Ortalama zaman ağırlıklı kirletici seviyeleri belirlenebilir	→ Otomasyon için uygun değildir
→ Örnekleme süresi uzun olan çalışmalar için uygundur	
→ Maliyeti diğer yöntemlere göre daha düşüktür	
→ Aynı anda birçok noktada eş zamanlı yapılması planlanan örneklemler için uygundur	

Her ne kadar uygulama detayları farklı tipteki pasif örnekleyciler arasında büyük farklılıklar gösterse de hemen hemen hepsi belirli ortak özellikleri paylaşmaktadır, bunların en önemlisi örneklenen ortam ile toplama ortamı arasında bir bariyerin bulunmasıdır. Bariyer, analit moleküllerinin belirli bir konsantrasyonda toplandığı hızı tanımlamalı ve bu da nicel analiz için çok önemlidir. Pasif örnekleyciler Şekil 3.1'de yer aldığı gibi badge (eksenel) ve tüp (radyal) olarak iki farklı şekilde oluşmaktadır (Górecki ve Namieśnik, 2002). Bu tez çalışması kapsamında inorganik bileşikler için badge tipi, UOB için tüp tipi örnekleyciler kullanılmıştır.

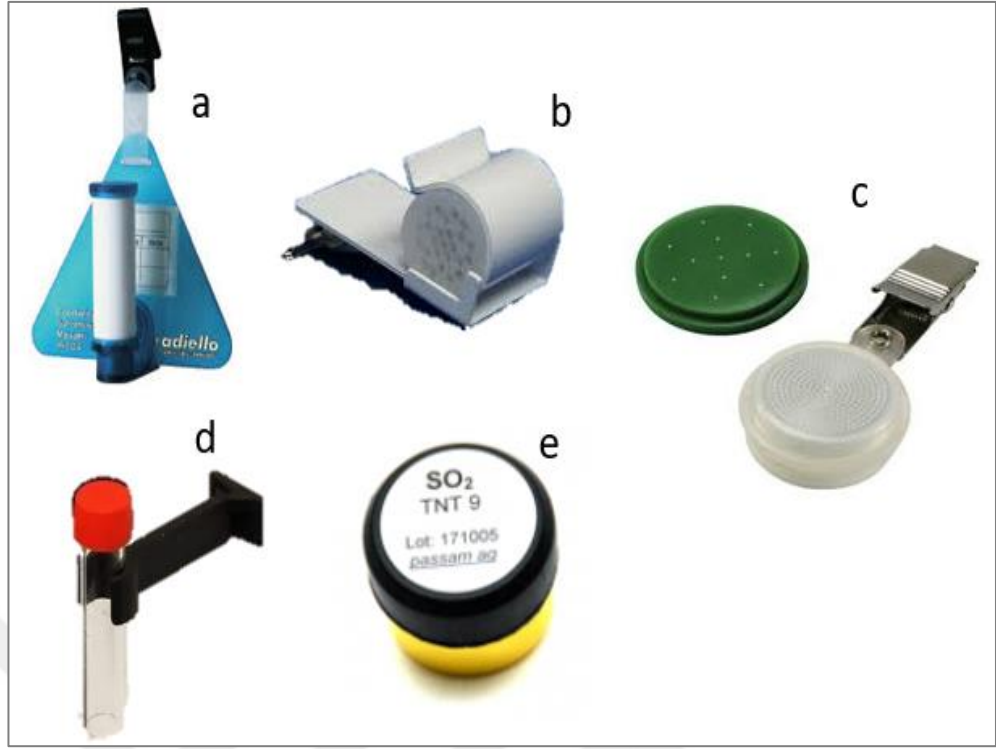


Şekil 3.1. Pasif örnekleyici şematik diyagramları: (a) badge tipi difüzyon örnekleyici ve (b) rozet tipi geçirgen örnekleyici

Örnekleme işlemi, yukarıda gösterilen her iki örnekleyici türü için de benzerdir. Örneklenen ortamda pasif örnekleyiciler, yarı geçirgen bir membrandan geçerek difüzyon yoluyla toplama ortamına ulaşan analit molekülleri toplarlar. Pasif örnekleme teorisi incelendiğinde, hem örneklenmiş ortamın statik bir tabakası boyunca hem de bir membran boyunca difüzyonel kütle transferi, Fick'in birinci difüzyon yasasıyla açıklanmaktadır. Górecki ve Namieśnik tarafından yapılan çalışmada (2002) toplanan analitin miktarı (Q), konsantrasyon gradyanı doğrusal olduğunda ve toplama verimliliği % 100 olduğunda , aşağıdaki (3.1) eşitliği açıklanabilir:

$$Q = \frac{D \times A}{L} \times C_0 \times t \quad (3.1)$$

Eşitlikte; Q toplanan analit miktarı (μg), t örnekleme süresi (s), D analitin moleküler difüzyon katsayısı (cm^2/s), A difüzyon yolunun kesit alanı (cm^2), L difüzyon yolunun toplam uzunluğu (cm), C_0 örneklenen ortamdaki analit konsantrasyonudur ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$). (Górecki ve Namieśnik, 2002). Tez kapsamında kullanılan pasif örnekleyicilerin yanı sıra, Şekil 3.2 'de ise piyasada yer alan çeşitli pasif örnekleyici örnekleri yer almaktadır.



Şekil 3.2. Piyasada bulunan pasif örnekleme örnekleri (a: Radiello, b: Ogawa, c: SKC, d: Gradko, e: Passam)

3.2. Aktif Örnekleme

Aktif örnekleme, bir filtreden, gaz halindeki kirleticileri yakalamak için bir adsorban maddeye veya kirleticilerin yakalandığı çarpma plakalarına belirlenen bir akış hızında çalışan bir pompa yardımı ile gerçekleştirilmesi olarak tanımlanabilir. Örneklenecek hava absorpsiyon, adsorpsiyon, partikül boyutuna göre, filtrasyon, difüzyon, kimyasal reaksiyon gibi işlemler ile toplanabilmektedir. Aktif örnekleme, saatlik veya günlük periyotlarda örnekleme yapmaya imkan sağlar. Boyutları küçük olduğundan kullanım ve taşıma işlemleri kolaydır. Bunun yanında, maliyetinin yüksek olmasından dolayı aynı anda birçok noktada örnekleme yapılması zor olmaktadır. Kullanılan pompaların gürültülü olabilme ihtimali ortamdaki insanlar için sorun teşkil edebilir. Aktif örneklemenin bir diğer dezavantajı ise eğitimli insan ve elektrik gücü gerektirmesidir (Tuduri ve diğ., 2012).

3.3. Hava Kirleticilerin Analiz Yöntemleri

Ortam havasının kalitesini belirlemek ve farklı kaynaklardan salınan kirleticilerin seviyelerini tahmin etmek için gaz örnekleri toplamak ve bunları analiz etmek gerekir. Bu analizin amacı, mevcut kirleticileri tanımlamak ve ilgili konsantrasyonlarını belirlemektir. (Lodge, 1969).

Kromatografik yöntemler analitik ölçeklerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Polar ve polar olmayan bileşenleri ayırmaya ve belirlemeye yardımcı olurlar. Asidik, nötr ve alkalın bileşikler; organik ve inorganik maddeler, monomerler, oligomerler ve polimerler kromatografik yöntemlerle analiz edilebilen bileşiklerdir. Analiz edilecek numunenin ve bileşenlerinin fizikokimyasal özellikleri dikkate alınarak uygulanacak kromatografik analiz yöntemine karar verilmektedir.

Örnekleme çalışmaları sonucunda çeşitli uygulanan farklı analiz metotları mevcut olmakla birlikte gelişen teknoloji ile her gün bu cihazlar daha güvenilir sonuçlar elde edebilen, daha kolay kullanımı olabilen cihazlara yerini bırakmaktadır. Bu tez çalışmasında toplanan örneklerin analizleri için İyon Kromatografisi ve Gaz Kromatografisi-Termal Desorpsiyon-Alev İyonizasyon Dedektörü kullanılmıştır. Bu nedenle, aşağıdaki bölümlerde söz konusu yöntemler detaylı olarak anlatılmıştır.

3.3.1. İyon kromatografisi

İyon kromatografisi (IC), anyonları ve katyonları ve ayrıca diğer maddeleri iyonik formlara dönüştürdükten sonra ayırmak ve belirlemek için kullanılan yüksek performanslı sıvı kromatografisinin bir parçasıdır. Literatürde iyon değişim kromatografisi terimi de bulunmaktadır. İyon kromatografisi, klasik iyon değişim kromatografisiyle karşılaştırıldığında, daha verimli, daha hızlı ve daha hassastır. İyon değişim kromatografisi terimi, ilk ticari iyon kromatografi cihazının mevcut olduğu 1975 yılına kadar kullanılmıştır. Günümüzde, iyonik maddelerin çoğunun analizi iyon kromatografisi ile yapılmaktadır (Michalski, 2015). İyon kromatografisinin en önemli avantajları aşağıdaki gibidir:

- Kısa sürede birkaç iyonun eşzamanlı olarak belirlenmesi (<10 dak)
- Analizler için gerekli küçük numune hacmi (<0.5 mL)

- Farklı dedektörler kullanma
- Analizler için basit örnek hazırlama (basit matrisli sıvı örnekleri)
- Anyon ve katyonların veya organik ve inorganik iyonların eşzamanlı olarak ayrılması
- Yüksek ayırma seçiciliği ($> 1: 10.000$)
- Farklı oksidasyon durumlarında aynı elementin iyonlarının belirlenmesi (spesifikasyon analizi)
- Güvenlik ve düşük kullanım maliyetleri

Bir iyon kromatografi sistemi tipik olarak sıvı eluent, yüksek basınçlı pompa, örnek enjektörü, ayırıcı kolon, kimyasal baskılayıcı ve iletkenlik dedektöründen oluşur. Bir numuneden elde edilen veriler standart çözelti analiz sonuçları ile karşılaştırılarak, numune iyonları tanımlanır ve nitelendirilir. Analiz sonucunda elde edilen veriler/grafikler ise kromatogram olarak adlandırılır. Kromatografi yazılımını çalıştıran bir bilgisayar, bir kromatogramda yer alan her bir tepe noktası bir bileşiğe ait olurken, bu piklerin altında kalan alanların hesaplanması ile söz konusu bileşiklerin konsantrasyonları tespit edilir. Sonucunda ise hesaplanan konsantrasyonlar bir tablo halinde sunulur. IC analizi 4 aşamadan oluşmaktadır (Şekil 3.3):

1. Eluent İletimi:

- Numune iyonlarını ayırmaya yardımcı olan bir sıvı olan eluent, numuneyi iyon kromatografi sisteminde taşır. Taşıyıcı (hareketli) faz olarak nitelendirilir.
- Sıvı numune eluent akışına otomatik olarak manuel olarak enjekte edilir (otomatik bir örnekleyici kullanılmadığı takdirde).
- Pompa, eluent ve numuneyi polimerik bir reçine ile paketlenmiş kolondan geçirir.

2. Ayırma:

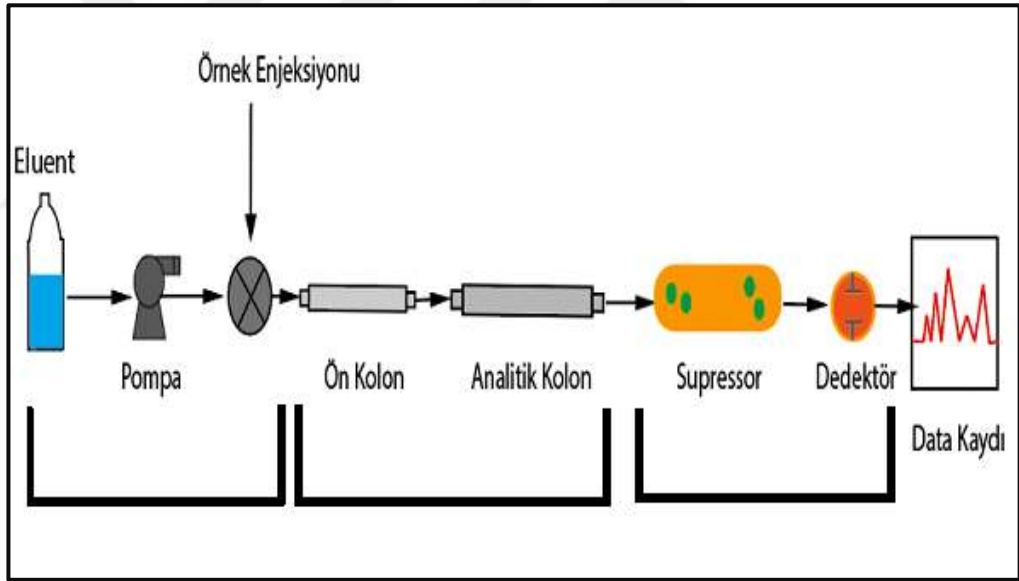
- Eluent ve numune, kolona pompalandıkça, numune iyonları ayrılır ve bu işleme iyon değişimi denir. IC, numune içerisindeki iyonların kolondan geçerken ki etkileşimlerine bağlı olarak, farklı hızlarda kolonda ayrılma öncülüğüne dayanır.

3. Algılama:

- Taşıyıcı faz ve numune iyonları kolondan ayrıldıktan sonra, taşıyıcı fazın iletkenliğini bastırırken numune iyonlarının algılanmasını seçici bir şekilde arttıran bir baskılayıcıdan (suppressor) geçerler.
- Dedektör, suppressordan çıkan numune iyonlarının elektriksel iletkenliğini ölçer.

4. Veri Kaydı:

- Dedektör, sinyali kromatografi yazılımının çalıştıran bir bilgisayara iletir.
- Kromatografi yazılımı bir kromatogramdaki numune piklerini standart bir çözeltiden elde edilen sonuçlara göre tanımlar ve her bir pikin alanını veya tepe yüksekliğini entegre ederek her bir iyonun miktarını belirler. Sonuçlar bir kromatogram olarak gösterilir, iyonik analitlerin konsantrasyonları belirlenir ve tablolanır.



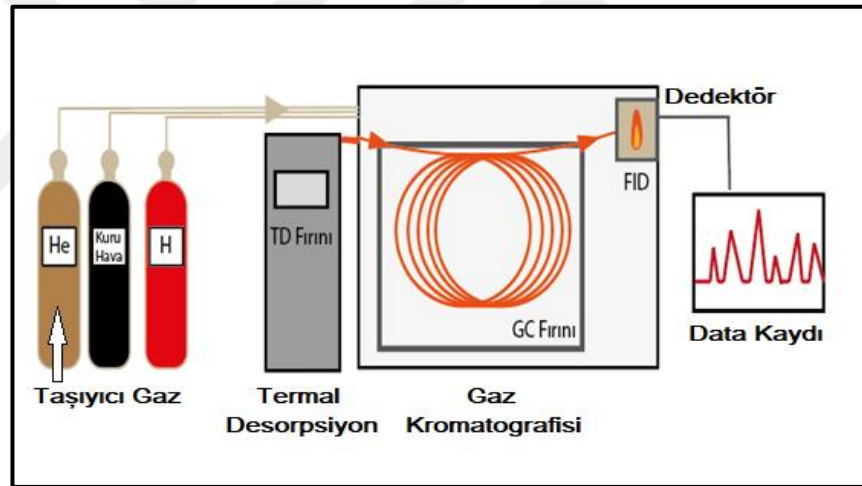
Şekil 3.3. İyon kromatografi şematik diyagramı [http-2]

3.3.2. Gaz kromatografisi (GC)

GC, öncelikle kaynama noktası/buhar basıncı ve polarite farklılıklarına dayanarak oldukça karmaşık karışımları ayırabilen bir ayırma tekniğidir. GC, kalite kontrolü ve ayrıca bir karışımdaki bileşenlerin tanımlanması ve nicelendirilmesi için çok sayıda araştırma ve endüstriyel araştırma tesisinin bir parçası olarak normalde kullanılan bir analitik tekniktir (Al-bukhaiti et al., 2017).

Bir gaz kromatografik sistemi dört ana bileşenden oluşur: taşıyıcı gaz kaynağı, numunenin cihaza verildiği giriş kısmı, kolon ve dedektör. Bu tez çalışmasında kullanılan GC sisteminin şematik gösterimi Şekil 3.4.'de verilmiştir. Gaz kromatografisinde, bir numunenin bileşenleri bir çözücü içinde çözülür ve numune iki faz arasında dağıtarak analitleri ayırmak için buharlaştırılır: bir sabit faz ve bir mobil faz. Mobil faz, analitin moleküllerini ısıtılmış kolon boyunca taşımak için kullanılan kimyasal olarak inert bir gazdır. Ayrıca sabit faz, katı veya sıvı olabilmektedir.

Tez çalışması kapsamında UOB'lerin analizi için kullanılan GC sisteminde dedektör olarak FID kullanıldığından dolayı, bu dedektörle ilgili detaylı açıklamaya aşağıda yer verilmiştir. Çalışma kapsamında analizlerin gerçekleştirildiği TD (Markes 9068 N Unity)-GC (Agilent, 6890)-FID sisteminin (Şekil 3.4) kısımlarına ait detaylı bilgi aşağıda yer almaktadır.



Şekil 3.4. Termal desorpsiyon-Gaz kromatografisi-FID şematik diyagramı

Taşıyıcı gaz; numuneyi kolondan geçirebilen herhangi bir gaz, taşıyıcı gaz olarak kullanılabilir (hidrojen, helyum, argon veya nitrojen gibi). Bununla birlikte, bir taşıyıcı gaz seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlar bulunmaktadır. İlk olarak, taşıyıcı gaz inert olmalı, analitlerle ve GC sisteminin herhangi bir bileşeniyle reaksiyona girmemelidir. İkinci olarak, taşıyıcı gaz dedektörlere uygun olmalıdır. Son olarak, taşıyıcı gazın saflık derecesi yüksek olmalı ve tehlikeli olmamalıdır. Yüksek saflıkta helyum kılcal GC-FID uygulamaları için yaygın olarak kullanılmaktadır (Wang ve Jocelyn Paré, 1997).

Termal desorpsiyon (TD); en basit haliyle, termal desorpsiyon, gaz kromatografisinin basit bir uzantısıdır. Tutulan uçucu ve yarı uçucu organik maddeleri inert bir taşıyıcı gaz akışında GC kolonuna aktarmak için analiz edilecek bileşenlerin veya sorbentlerin ısıtılıp soğutulmasını içerir. GC'de olduğu gibi, önemli yöntem parametreleri sıcaklık, taşıyıcı gaz akış hızı, desorpsiyon süresi ve sorbent seçimini içerir (Woolfenden, 2012).

Kolon: Gaz kromatografik kolonları dolgu veya kılcal (kapiler) kolonlar olarak ikiye ayrılmaktadır. Çalışma kapsamında kullanılan GC cihazında kılcal kolonlar kullanıldığı için bu kolon türleri hakkında bilgi verilmiştir. Kaplamanın tipine ve biçimine göre, kılcal kolon duvar-kaplamalı açık boru şekilli (WCOT) tip, gözenekli-tabaka açık boru şekilli (PLOT) tip ve destek kaplamalı açık boru şekilli tipe ayrılabilir. En önemli ve en yaygın olarak kullanılan tip, duvar kaplamalı açık boru şeklindeki kolondur. Kılcal kolonlar genellikle WCOT tipindedir. Kılcal kolonun iç yüzeyi doğrudan ince bir sıvı film ile kaplanır (tipik olarak 0,1 ila 3,0 μm). Kılcal kolonların uzunluğu 25 ile 100 m arasında ve iç çapı 0,05 ile 0,53 mm arasındadır (sırasıyla mikro delik ve mega delik olarak adlandırılır). Kolonlar analiz işleminde analitlerin ayrımının gerçekleştiği yer olduğu için doğru kolon kullanımı daha verimli sonuçların elde edilmesini sağlamaktadır (Wang ve Jocelyn Paré, 1997)

Fırın: GC’de kolon sıcaklığı $\pm 0.1^\circ\text{C}$ ‘de sabitlenmektedir. Bunu sağlamak için de kolon, fırın olarak adlandırılan bölüm içerisinde yer alır. Bu kısımda sıcaklıklar ayarlanarak, analitlerin geliş süreleri kontrol altına alınmaktadır.

Dedektör: GC dedektörü, bir analiti GC kolonundan çıkarken algılar ve ayrılmış olan analitin yoğunluğu veya kütlesi ile orantılı olan bir elektrik sinyali üretir. Gaz kromatografisinin kullanılmaya başlanmasından bu yana, çok sayıda dedektör geliştirilmiştir. Bazıları genel olarak çoğu bileşiğe yanıt vermek üzere tasarlanırken, bazıları da belirli türdeki maddeler için seçici olacak şekilde tasarlanmıştır.

Bazı yaygın dedektör türleri şunlardır:

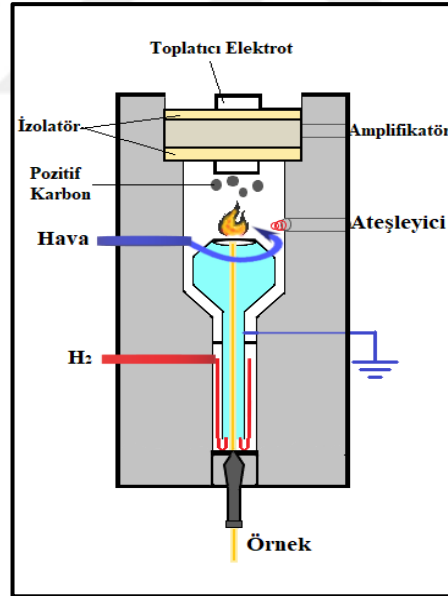
- Termal iletkenlik dedektörü (TCD),
- Alev iyonizasyon dedektörü (FID),
- Elektron yakalama dedektörü (ECD),
- Azot-fosfor dedektörü (NPD),
- Alev fotometrik dedektör (FPD),

- Elektrolitik iletkenlik detektörü (ELCD),
- Fotoiyonizasyon detektörü (PID)



Alev iyonlaştırıcı dedektör (FID): Çalışmada analizlerin gerçekleştirildiği GC cihazında FID dedektörü kullanılmıştır. FID'nin avantajları arasında, birim karbon tepkisi ve geniş doğrusal çalışma aralığı, düşük maliyet, kullanım kolaylığı, tepki hızı ve sağlamlık yer almaktadır (Klee, 2012).

FID, hidrojen ve kuru havanın yanmasıyla üretilen bir alevi kullanır. Hidrojen ve kuru havanın yanması nedeniyle çok az iyon oluşur. İyonlardaki büyük artış, organik bileşikler FID'e hızlıca gönderildiğinde meydana gelecektir. İyonlar, üzerine polarize edici bir voltajın uygulandığı FID toplayıcı tarafından çekilecek ve alevdeki analit miktarı ile orantılı bir akım üretecektir. Optimal FID işlemi için taşıyıcı gaz, hidrojen ve hava akışı uygun şekilde ayarlanmalıdır (Wang ve Jocelyn Paré, 1997). Dedektördeki sinyal çıkışları kromatogram adı verilen görselde pikler halinde gösterilir. Her bir pik bir kirleticiye aittir ve her pikin altında kalan alan o kirleticinin konsantrasyonunu göstermektedir. Tipik bir FID Şekil 3.5.'te gösterilmiştir.

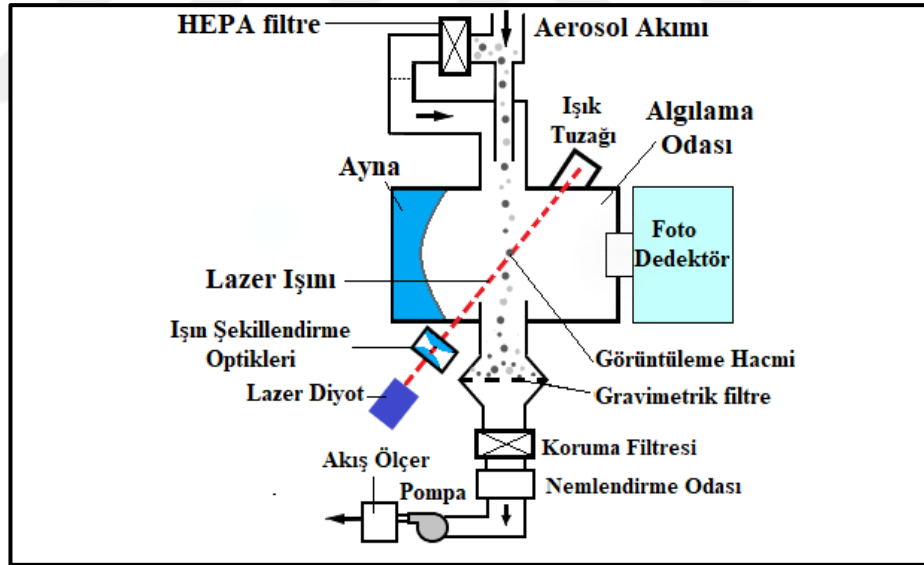


Şekil 3.5. FID şematik diyagramı [http-4]

3.4. Partikül Madde (PM) Ölçümü

Bu çalışmada kullanılan partikül madde (PM) ölçüm cihazı, aerosollerin kütle konsantrasyonunu gerçek zamanlı olarak belirlemek için kullanılan tek kanallı temel

fotometrik cihazdır. Şekil 3.6.'da TSI 2012'den uyarlanarak çizilmiş bu tez çalışmasında kullanılan Dust-Trak 8530 PM ölçüm cihazın işleyiş mekanizması yer almaktadır. Şekilden görüldüğü üzere, aerosoller bir diyafram pompası kullanılarak sürekli bir akımda algılama odasına çekilir. Aerosol akımının bir kısmı algılama bölmesinin önüne ayrılır ve bir HEPA filtresinden geçirilir ve geri enjekte edilir. Numune akışı adı verilen kalan akış, algılama odasına bağlı girişten geçer. Burada, bir lazer ışığı ile aydınlatılır. Bu lazer ışığı tabakası bir lazer diyottan oluşur. İlk olarak, lazer diyottan yayılan ışık bir mercekten ve daha sonra ince bir ışık tabakası oluşturmak için silindirik bir mercekten geçer. Küresel ayna, parçacıkların saçtığı ışığın önemli bir kısmını yakalar ve bunu bir fotodetektör üzerine odaklar. Fotodetektör üzerindeki voltaj, geniş bir konsantrasyon aralığında aerosollerin kütle konsantrasyonu ile orantılıdır. Cihazın çalışma aralığı 0.001-400 mg/m³ olup, ölçümler saniyelik, dakikalık ve saatlik olarak çeşitli periyotlarda gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca ölçümün gerçekleştirileceği boyuta göre 1, 2.5, 4 ve 10 µ olarak 4 farklı başlıktan biri kullanılabilir (TSI, 2012).



Şekil 3.6. PM ölçüm cihazı şematik diyagramı (TSI, 2012)

4. İŞ YERİ ORTAMLARINDA GERÇEKLEŞTİRİLEN LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

Özellikle yetişkin insanlar günlük zaman dilimlerinin büyük bir bölümünü iş yeri iç ortamlarında geçirdikleri için, iş yeri iç ortam hava kalitesi oldukça önem kazanmaktadır ve literatürde de bu konu ile ilgili çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu kısımda, tez konusu ile ilgili literatürde yer alan ve genel olarak çeşitli iş yeri ortamlarında gerçekleştirilen çalışmalar derlenmiştir. İncelenen çalışmaların hepsinde iş yeri iç ortam hava kalitesinin, gerçekleştirilen iş yeri aktivitelerinden, kullanılan ekipmanlardan büyük ölçüde olumsuz etkilendiği vurgulanmıştır.

Kore’de gerçekleştirilen bir araştırmada (Baek ve diğ., 1997), üç tipik mikro çevrede iç (evler, ofisler ve restoranlar) ve dış ortamlarda potansiyel olarak önemli kirleticilerin (RSP, CO, CO₂, NO₂ ve UOB) konsantrasyonları belirlenmiştir. Ayrıca mevsimsel değişikliğin kirleticiler üzerindeki etkisini belirlemek için bu çalışma hem yaz mevsiminde hem kış mevsiminde gerçekleştirilmiştir. NO₂ örnekleri pasif örnekleme yöntemi ile 24 saat boyunca toplanırken, diğer kirletici örnekleri aktif örnekleme yöntemiyle ikişer saatte toplanmıştır. UOB’lerin analizi bu tez çalışmasında da kullanılan GC-FID cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İç ve dış ortam seviyeleri arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farkları belirlemek için Wilcoxon rank-sum testi kullanılarak *p* değerleri hesaplanmıştır. Veriler normal olarak dağılmadığından Wilcoxon testi kullanılmıştır. Medyan değerlerinin karşılaştırılması sonucu, restoranlarda çoğu kirleticiler için ev veya ofislerden daha yüksek iç ortam hava kirlilik seviyeleri elde edilmiş, bu da insan aktivitesinin iç ortam hava kalitesi üzerindeki etkisi olarak açıklanmıştır. Restoranlardaki RSP, CO ve NO₂ konsantrasyonları daha yüksek olmakla kalmayıp, aynı zamanda bu kirleticiler için daha yüksek standart sapmalar ve maksimum ve minimum değerler elde edilmiştir ve böylece, evlerde ve ofislerde ölçülen değerlerden daha değişken olduğu tespit edilmiştir. Ofislerdeki UOB düzeyleri, restoran ve evlere göre daha değişken bulunmuştur. Önemli ölçüde insan doluluğu olan binalarda, bu yüksek seviyelerin tipik olarak kötü havalandırmanın göstergesi olduğu bildirilmiştir. Mevsimsel verilerin istatistiksel olarak karşılaştırılması için, Wilcoxon rank-sum testi uygulanmıştır. Bu çalışmada ölçülen kirleticilerin neredeyse tamamı için yazdan kışa ve benzer şekilde dış ortamdan iç ortam havasına artan düzeyleri gösteren bir model elde

edilmiştir. Büyük olasılıkla artan yakıt tüketiminin, katalitik konvertörlerin zayıf çalışmasının ve meteorolojik faktörlerin etkilerinden dolayı fosil yakıt yanması, ilgili kirleticiler (CO, RSP, CO₂ ve UOB) için mevsimsel farklılıklar oluşturmuştur.

Kaliforniya'da gerçekleştirilen bir çalışmada (Wu ve diğ., 2012), 37 küçük ve orta ölçekli ticari binada iç ve dış ortam PM konsantrasyonları incelenmiştir. Örneklenen binalar arasında ofisler, marketler/perakende satış yerleri, restoranlar, diş hekimleri ofisleri ve kuaför salonları bulunmaktadır. Bina içinde ve dışında PM_{2.5} ve PM₁₀ örnekleri toplanmıştır. Restoranlar, kuaför salonları ve diş hekimleri ofislerinde önemli iç ortam partikül madde kaynaklarını gösteren I/D oranları (I/D >1) bulunmuştur.. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde, en yüksek PM seviyelerinin kuaför salonlarında ölçüldüğü görülmüştür. Kuaförlerde kullanılan saç kurutma makinesi ve saç maşası gibi cihazların yanı sıra sık süpürme ile yeniden süspanse edilmiş partiküller ve saç ürünlerindeki bileşiklerin oksidasyon reaksiyonları sırasında üretilen partiküller PM seviyelerindeki artışın sebebi olduğu tespit edilmiştir

Van Der Wal ve diğ., (1997)'nin yaptığı çalışmada kuaför salonlarında amonyak, hidrojen peroksit, etanol, propan, bütan, UOB ve RSP gibi kuaför ürünlerinden salınan bileşiklerin iç ortam hava kirletici ve kişisel maruziyet konsantrasyonları ölçülmüştür. Çalışma mevsimsel değişikliğin kirletici seviyeleri üzerindeki etkisini görmek adına yaz ve kış olmak üzere iki mevsimde yapılmıştır. En yüksek maruz kalma riskinin, kalıcı fön, saç boyama ve saç açma vb. işlemler sırasında olduğu öngörülmüştür. Ürünlerin uygulanması, işlemin toplam süresinin küçük bir kısmını oluştursa da maruziyetin esas olarak bu sınırlı süreçte gerçekleştiği belirtilmiştir ve ayrıca, kuaför salonlarında önemli RSP kaynağının kullanılan saç spreyi olduğu tespit edilmiştir. Püskürtme sırasında sprey alanında ölçülen RSP'lerin konsantrasyonu 40 - 100 mg/m³ arasında değişmiştir. Kişisel örneklemeler sonucunda zaman ağırlıklı ortalama (TWA) şeklinde elde edilen RSP konsantrasyonları kış mevsiminde yaz mevsimine göre yaklaşık 2 kat daha yüksek elde edilmiştir. Bir kuaförün solunum bölgesinde ölçülen en yüksek TWA toplam toz konsantrasyonu 2,7 mg/m³ olarak bulunmuştur. UOB'lerin ana kaynakları olarak, saç spreyi ve jeldeki çözücüler tespit edilmiştir. Ölçülen pik konsantrasyonlar, saç spreyi ve saç jeli kullanımı sırasında 150 µL/L'ye kadar çıkmıştır. Kış mevsimine ait TWA yaz mevsimine göre 2-3 daha yüksek seviyede elde edilmiştir. Sadece doğal havalandırmalı salonlarda, havalandırma koşullarının kış mevsiminde her durumda genel konfor standartlarını (<1200 µL/L CO₂) karşılamadığı tespit edilmiştir.

50 farklı kuaförde uçucu organik bileşiklerin ölçümleri aktif örnekleme yöntemi kullanılarak gerçekleştiren çalışmada (Mendes ve diğ., 2011), salonların üç farklı yerinden numune almıştır. Bir kereye mahsus olmak üzere de dış ortam örneği alınmıştır. Uçucu organik bileşikler kuaförlerin en yoğun olacağı düşünülen cumartesi günü 09:00-19:00 saatleri arasında toplanmıştır. Uçucu organik bileşiklerin toplanmasında Tenax tüpleri kullanılmıştır. İncelenen 3 kapalı ortamdaki ortalama uçucu organik bileşiklerin konsantrasyonu dış ortam konsantrasyonundan yaklaşık 4 kat daha yüksek çıkmıştır. En önemli iç ortam hava kirletici kaynakları sprey, boya ve şampuan uygulamaları olarak düşünülmektedir. Bu çalışma, kuaförlerin kendileri tarafından bildirilen solunum ve dermal semptomların, küçük seviyelerde bile, çeşitli kimyasal karışımlara sık sık maruz kalmanın sonucu olduğunu göstermiştir (Mendes ve diğ., 2011).

Kuaför salonlarında yapılan diğer bir çalışmada (De Gennaro ve diğ., 2014), 12 kuaför salonunda uçucu organik bileşiklerin konsantrasyonu iç ve dış ortamlarda pasif örnekleme yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Her bir kuaförde, çalışma haftası (Salı-Cumartesi) boyunca 24 saatlik ve diğer günlerde (Pazar-Pazartesi) 48 saatlik örnekler toplanmıştır. Her bir kuaför için 24 saatlik 15'er adet, 48 saatlik 3'er adet örnekleyici kullanılmıştır. 12 kuaförde yapılan çalışma, iş aktivitelerinin ve ekolojik veya geleneksel olarak kullanılan ürünlerin türünün, iç ortam hava kirliliği seviyelerini etkileyebileceğini göstermiştir. İç/dış ortam oranları (I/D) incelendiğinde, salon ürünlerinde yaygın olarak bulunan uçucu bileşiklerin varlığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, ölçülen seviyelerin, müşterileri ve en önemlisi, iş haftası boyunca bu kirleticilere maruz kalan çalışanları etkileyebileceği öngörülmüştür.

Saraga ve diğ. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, 16 farklı iç ortamda solunabilir parçacık (RSP) seviyelerinin ölçümü ve karşılaştırılması gerçekleştirilmiştir. RSP seviyeleri, çeşitli faktörlerin katkısından dolayı, iş yerleri arasında güçlü farklılıklar göstermiştir. Bunlar; binanın konumu, dış ortam havası, zemin, trafiğe yakınlık, güçlü iç ortam kaynaklarının varlığı ve antropojenik faaliyetler, havalandırma düzeni, gönüllülerin aktiviteleri vb. faktörler olarak sıralanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, maksimum partikül konsantrasyonu (ortalama $285 \mu\text{m}^3$) kuaförde kaydedilmişken, ev hanımı ve sigara içilmeyen dükkandaki çalışanlarda en düşük konsantrasyonlar (ortalama $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ölçülmüştür.

Baghani ve diğerleri (2018) tarafından yapılan çalışmada, 50 kuaför salonunda aktif örnekleme yöntemi ile BTEK bileşiklerinin ölçümleri yapılmıştır. Örnekler öğleden

sonraki zaman diliminde 0,2 L/dk hızda 10 L hacim için 50 dk boyunca toplanmıştır. Analizler için Gaz Kromatografisi-Alev İyonlaşma Dedektörü (GC-FID) kullanılmıştır. Sonuçlarda özellikle kozmetik ile ilgili işlemlere bağlı olarak benzen ve etilbenzen konsantrasyonları yüksek bulunmuştur. İşletme koşullarının BTEK konsantrasyonları üzerinde önemli etkisi olduğu görülmüştür. Özellikle Benzen seviyelerinin, salondaki hizmetlerin yoğunluğu, salonda bulunan kişi sayısı, gelin makyajı faaliyeti ve kişi/alandan önemli ölçüde etkilenmiş olduğu tespit edilmiştir.

Ana ve diğerlerinin (2018) yaptıkları bir çalışmada, 65 kuaför salonunda 2 ay boyunca PM_{10} ve ΣUOB ölçümleri aktif örnekleme yöntemi ile iç ve dış ortamlarda gerçekleştirilmiştir. Ölçümler sabah saatleri (9:00-11:00) ve öğleden sonraları (12:00-14:00) olmak üzere iki zaman aralığında Pazartesi- Cumartesi arasında toplanmıştır. İç ortam/dış ortam PM_{10} oranının (I/D) 1'den yüksek olduğu göz önüne alındığında, iç ortam PM_{10} seviyelerinin daha önce biriktirilmiş parçacıklardan, saç spreyleme gibi salon aktivitelerinden, temizlik, tozlama, süpürme gibi salondaki iç ortam etkinliklerinden kaynaklandığı öngörülmüştür. Nedeni çalışmada tespit edilemese de salon kimyasallarına mesleki maruziyetten kaynaklanan solunum semptomlarını arttığı gözlenmiştir.

Hong Kong'da 1991 yılında yapılan bir çalışmada (Liao ve diğ., 1991), 35 cadde üzerindeki işletmelerde ve 35 ofiste iç ve dış ortam havasında solunabilir asılı partikül madde (RSP), karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO_2), NO_2 , UOB seviyeleri ölçülmüş ve karşılaştırılmıştır. Tüm örnekleme çalışmaları, 09:00 ile 16:00 saatleri arasında (çalışma saatlerinde) gerçekleştirilmiştir ve NO_2 dışındaki diğer bileşikler aktif örnekleme yöntemiyle toplanmıştır. Örnekleme süresi, ofisin çalışma saatlerine bağlı olarak 3-4 saati kapsamaktadır. NO_2 örnekleme için, pasif badge tipi örnekleyiciler kullanılmıştır. Analitik yöntemin tespit sınırı dahilinde örnek miktarı elde etmek amacıyla NO_2 için 8 saate kadar örnekleme gerçekleştirilmiştir. Sonuçların istatistiksel analizinden sonra, iç ortamdaki benzen ve toluen seviyeleri de CO_2 , RSP ve NO_2 seviyeleri ile korelasyon göstermiştir ($p = 0,01$). İç ortamlarda bulunan yüksek toluen seviyelerinin birçok alanda kullanılan temizleme, boyama işlemleri ve baskı ekipmanı için tiner kullanımından kaynaklandığı belirtilmiştir.

Brown (1999) tarafından fotokopi cihazları ile ilgili yapılmış çalışmada UOB emisyonu; fotokopi-kapalı, fotokopi-rolanti (cihazın açık fakat fotokopi işleminin gerçekleşmediği durum) ve fotokopi-çalışırken olmak üzere üç farklı zamanda ölçülmüştür. Elde edilen verilerde etilbenzen, m, p-ksilen ve o-ksilen / stiren, karışımının

toplam emisyonların yaklaşık %80'ini oluşturduğu görülmüştür. Bu kirleticilerin haricinde en yaygın görülen kirleticiler benzen, ametil stiren, propil ve butil-benzen gibi UOB'dir. Ölçülen UOB seviyelerindeki artışlara etki eden önemli faktörlerin sıcaklık, tek ve çift taraflı fotokopi işlemi, toner ve kağıt kapsamı olduğu vurgulanmıştır.

Diğer bir çalışmada (Lee ve diğ., 2001), ofis ekipmanlarından kaynaklanan UOB, O₃ ve PM₁₀ emisyonlarının karakterizasyonu, farklı tipteki donanımlar (faks makineleri, lazer yazıcılar, mürekkep püskürtmeli yazıcılar, tarayıcılar ve fotokopi makineleri dahil) için araştırılmıştır. Çalışmada aktif örnekleme yöntemi ile ölçümler gerçekleştirilmiştir. PM ölçümleri için ise bu tez çalışması kapsamında kullanılan Dusttrak ölçüm cihazı kullanılmıştır. Emisyonlar lazer yazıcılarda kullanılan tonerler, ince, siyah karbon parçacıkları veya renkli tonerler için boyalar ve pigmentlere ek olarak çok çeşitli kimyasallar içermektedir. Makinelerden salınan UOB miktarının, kullanılan yazıcı mekanizmasının türüne bağlı olduğu tespit edilmiştir. Lazer yazıcılar görüntüyü kağıt yüzeyine sabitlemek için ısı ve basınç kullandığı için üretilen ısı, UOB bileşiklerinin buharlaşmasını artırmıştır. Lazer yazıcılardan kaynaklı emisyon seviyeleri en yüksek düzeyde elde edilmiş ve mürekkep püskürtmeli yazıcılara göre yaklaşık 6 kat daha fazla bulunmuştur. Buradan yola çıkarak lazer yazıcıların mürekkep püskürtmeli türlerden daha fazla miktarda UOB yayma ihtimali olduğunun vurgusu yapılmıştır. Tüm ekipmanlardan en çok salınan bileşikler toluen, etilbenzen, m-p-ksilen ve stiren gibi aromatik bileşiklerdir. Bu dört bileşik normal olarak yazıcılar için tonerde çözücü olarak kullanılmıştır. Lazer yazıcılardan çıkan hava egzozundaki toner tozunun da iç ortam havasında toz emisyonuna neden olduğu belirtilmiştir. Partikül madde probleminin, tonerin düşük aktarım verimliliğinden kaynaklandığı belirtilmiştir.

Saraga ve diğ., (2011)'nin yapmış olduğu çalışmada, farklı kullanımdaki üç iç ortamın (müze, baskı endüstrisi ve ofis) hava kirliliğine katkıda bulunan ana kaynaklar belirlenmiştir. Bu amaçla partikül madde (PM₁₀, PM_{2.5}), inorganik kirleticiler (NO₂, SO₂, O₃) ve organik bileşikler (benzen, toluen, ksilenler, formaldehit) incelenmiştir. Çalışmada PM ve UOB'ler için aktif örnekleme yöntemi kullanılırken, inorganik kirleticiler için otomatik analizörler kullanılmıştır. İç ortamlarda meydana gelen faaliyetlerin türü, mevcut ekipmanlar, müşteri sayısı, havalandırma düzeni ve dış ortam havası gibi faktörler kirlilik kaynakları olarak gösterilmiştir (D. Saraga ve diğ., 2011).

Fotokopi merkezinde yapılan bir diğer çalışmada (Kiurski ve diğ., 2016), günde 3 farklı zaman aralığında 5 gün boyunca toplam uçucu organik bileşikler, ozon, karbon

monoksit, karbon dioksit, azot dioksit, amonyak, perkloretilen ve metan olmayan hidrokarbonların konsantrasyon seviyelerinin ölçümleri yapılmıştır. Her ölçüm 2 dakika zaman aralığında 5 ölçüm içermiştir. Sonuçlara etki eden kaynakların toner kullanımı, fotokopi makinelerinin ısınması ve fotokopi işlemlerinin genel olarak yoğunlaştırılması olduğu belirtilmiştir.

El-Hashemy ve Ali tarafından yapılan çalışmada (El-Hashemy & Ali, 2018), 4 baskı dükkanı ve 2 fotokopi merkezinde BTEK kirleticilerinin konsantrasyonları iç ve dış ortamlarda eş zamanlı olarak pasif örnekleme yöntemiyle belirlenmiştir. Örnekleme süresi 4 hafta olup, her bir iç ortamda 6 adet pasif örnekleme cihazı, her dış ortamda 3 adet pasif örnekleme cihazı kullanılarak örnekler toplanmıştır. Analizler GC-MS (Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi) cihazı kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen sonuçların birbirinden farklı olması, havalandırma verimliliği, kullanılan mürekkep tipi ve dış ortam konsantrasyonu gibi bazı faktörlerin etkisine bağlanmıştır.

Fırıncılarda astım ve rinit için maruz kalma-tepki ilişkilerini inceleyen bir çalışmada (Brisman ve diğ., 2000), un tozu maruziyetlerinin hava yolu hastalığına yakalanmada önemli rol oynadığı belirtilmiştir. Ekmek yapıcı veya hamur üreticisi olarak çalışan erkek fırıncılarda astım riskinin arttığı bildirilmiştir. Çalışmada, riniti önlemek için RSP'nin ortalama konsantrasyonlarının $<1 \text{ mg/m}^3$ ve sadece astım düşünüldüğünde $<3 \text{ mg/m}^3$ olması gerektiği belirtilmiştir.

Jo ve diğ., (2001)'nin yaptığı çalışmada, dört farklı çözücü kullanan kuru temizleme mağazalarında çalışanların aromatik bileşiklere ve perkloretilene maruziyeti değerlendirilmiştir. Benzen ve toluen için, dört farklı çözücünden kaynaklı iç ortam hava kirletici konsantrasyonları arasında önemli bir fark elde edilmemiştir. Etilbenzen, m, p-ksilen ve o-ksilen için, hava konsantrasyonları aromatik solvent içeren kuru temizleme depolarında perkloretilen karışımı kullananlara göre önemli ölçüde daha yüksek çıkmıştır. Kuru temizleme işleminin hemen öncesinde ve işten hemen sonra ölçülen nefes konsantrasyonları benzen ve toluen açısından anlamlı bir farklılık göstermezken, etilbenzen, m, p-ksilen ve o-ksilenin nefes konsantrasyonları anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$). Bu farklılığın büyük olasılıkla tekrarlanan günlük işten kaynaklanan birikmiş vücut yüküne değil, her gün kullanılan çözücü miktarının sonucu olduğu düşünülmüştür. Aromatik içerikli solventleri kullanan kuru temizleme işçilerinin perkloretilen kullanan kuru temizleme işçilerine kıyasla bazı aromatik bileşiklerin yüksek seviyelerine maruz kaldıkları sonucuna varılmıştır.

Kuru temizleyicide yapılan bir çalışmada (Rutkiewicz ve diğ., 2011), çalışanların idrar örnekleri alınarak maruziyetleri belirlenmiştir. Kuru temizleme çalışanları sulu olmayan çözücüler kullandığı için genellikle çeşitli sağlık sorunlarına neden olabilecek seviyede kirleticilere maruz kalmaktadır. Çok düşük konsantrasyonlarda bile, bu çözücülerin kanserojen, mutajenik ve teratojenik özelliklere sahip olduğu belirtilmiş ve bu nedenle çalışanlar için doğrudan sağlık riski oluşturduğu vurgulanmıştır. Çalışanlar, esas olarak, kuru temizleyicide kullanılan çözücüye ve temizlenmiş çamaşırlarla temas yoluyla havada bulunan UOB'lere maruz kalmıştır. Ayrıca temizlenmiş giyim mağazalarında çalışan insanların, yıkanmamış giyim mağazasında çalışanlardan daha yüksek konsantrasyonlara maruz kaldıkları görülmüştür. Kullanılan çözücülerin bir kısmının temizlenmiş giysiler üzerinde kalması ve kademeli olarak salınmasının artan maruziyete neden olduğu tespit edilmiştir.

Otellerde yapılan bir çalışmada (W. Chan ve diğ., 2009) yeni açılan otellerde hava kalitesinin incelenmesi amaçlanmıştır. 8 adet otelin her birinde hem iç hem de dış ortam hava kalitesini belirlemeye yönelik 2 günlük saha örnekleme yapılmıştır. UOB konsantrasyonları belirlenmiş ve elde edilen konsantrasyonların yanında, iç ortam ve dış ortam için toplam uçucu organik bileşikler (Σ UOB)'inin değerleri ele alınmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, örneklenen otellerin çoğunun tam olarak sağlıklı bir iç ortam sağlayamadığı görülmüştür. Aynı zamanda bu çalışmada hava kalitesi açısından yeni otellerin eski otellerden ve konutlardan daha kirli olduğu bulunmuştur. Baskın kirlilik kaynaklarının ise çevre ortamından ziyade iç ortamda yer aldığı tespit edilmiştir. Bu durum, Σ UOB ve benzen, toluen, etil benzen, m+p-ksilen ve o-ksilen bileşiklerinin I/D oranlarının 1'den büyük olması ile doğrulanmıştır .

Otellerin iç ortam hava kalitesi çalışan ve müşteri sağlığı açısından önemli bir unsur haline gelmiştir. 2011'de Güney Çin'de yapılan çalışmada (C. S. Chan ve diğ., 2011), 13 yeni otelde iç ortam havasında bulunan UOB'ler incelenmiş ve olası sağlık etkileri değerlendirilmiştir. Otellerin her birinde 2 günlük eş zamanlı olmayan örnekleme yapılmıştır. Toluene seviyesi, birçok kontrplak ürünle donatılmış bir otelde oldukça yüksek elde edilmiştir. En yüksek toplam UOB konsantrasyonu yeni tadilat edilmiş bir otelde gözlenmiştir. Ahşap iç armatürler ve duvar panelleri, konuk odalarında ölçülen UOB ve karbonillerin ana kaynakları olarak tanımlanmıştır. Sonuçlar, dekorasyon malzemeleri, temizlik maddeleri ve hatta otellerin çevresindeki yerel bölgesel kirleticilerin otellerde UOB konsantrasyonlarını artırabildiğini göstermektedir.

Kocaeli’de yapılan bir çalışmada (Bozkurt ve diğ., 2015), yaz ve kış aylarında evlerde, okullarda ve ofislerde SO₂, NO₂ ve O₃ konsantrasyonları iç ve dış ortamda ölçülmüştür. Kişisel örnekleyiciler de bu kirleticilere maruziyetleri belirlemek için kullanılmıştır. Yüksek dış ortam SO₂, NO₂ konsantrasyonları yoğun şehir trafiği ile karakterize edilen yerlerde toplanmış örneklerde tespit edilmiştir. Kişisel maruziyet ve iç ortam kirletici konsantrasyonları arasındaki ilişkinin, kişisel maruziyet ve dış ortam kirletici konsantrasyonları arasındaki ilişkiye oranla daha fazla olduğu istatistiksel analizler sonucunda bulunmuştur. Örneklenen kişilerin maruz kalma seviyesi, iç ortamın yoğunluğu ve kişinin örneklemenin yapıldığı ortamda geçirdiği zaman ile ilgili olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanında, kişisel maruziyetlerin sadece iç ortamın kirletici konsantrasyonundan değil, aynı zamanda dış ortamın kirletici konsantrasyonundan da etkilendiği vurgulanmıştır.

Demirel ve diğ., tarafından 2014 yılında yaptıkları bir çalışmada, 65 ilköğretim çocuğunun kişisel olarak BTEK, NO₂ ve O₃ maruziyeti 24 saat boyunca pasif örnekleme yöntemiyle örneklenmiştir. Çalışma kentsel ve alt kentsel bölgelerde yaşayan öğrencileri temsil etmek için seçilen iki okulda gerçekleştirilmiştir. Her bir mikro ortamın ölçülen kişisel konsantrasyonlar üzerindeki etkisini araştırmak için kişisel örnekleme sırasında kirletici konsantrasyonları iç ve dış ortamlarda da ölçülmüştür. Kişisel maruziyet konsantrasyonları, iç mekandaki ev konsantrasyonları ile ilişkili bulunmuştur. Ozon dışındaki tüm kirleticilerin kişisel, iç ve dış mekan konsantrasyonlarının kentsel trafik alanında yaşayan öğrenciler için daha yüksek olduğu bulunmuştur. Kanseri ve kanser dışı riskleri, kişisel örnekleme konsantrasyonları kullanılarak tahmin edilmiştir. Kentsel bölgedeki okulda eğitim gören çocuklar için ortalama kanser riski (1.7×10^{-5}), alt kentsel bölgedeki okul çocuklarından (0.88×10^{-5}) daha yüksek bulunmuştur. Sigara içen ebeveynlerle yaşayan çocuklar (1.7×10^{-5}) sigara içmeyen ebeveynlerle (1.08×10^{-5}) yaşayan çocuklardan daha yüksek risk düzeylerine sahiptir (Demirel ve diğ., 2014).

Pekey ve diğ., (2010) Türkiye’nin sanayi bakımından en zengin bölgelerinden olan Kocaeli’ndeki 15 evde kış ve yaz aylarında ölçülen iç/dış mekan PM_{2.5} ve PM₁₀ konsantrasyonlarını sunmaktadır. İç ve dış PM_{2.5} ve PM₁₀ kütle konsantrasyonları belirlenmiştir. Kütle konsantrasyonları ve mevsimsel değişim, iç/dış mekan (İ/D) oranı, PM_{2.5}/PM₁₀ oranı, korelasyonlar ve kaynaklar gibi diğer özellikler hakkında nicel bilgiler elde edilmiştir. Ortalama iç ve dış PM_{2.5} konsantrasyonları yaz dönemi için sırasıyla 29,8 ve 23,5 µg/m³ ve kış dönemi için 24,4 ve 21,8 µg/m³ olmuştur. Ortalama iç ve dış PM₁₀

konsantrasyonları yaz dönemi için sırasıyla 45,5 ve 59,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve kış dönemi için 56,9 ve 102,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ idi. Yerleşim alanları yakınındaki endüstriyel faaliyetlerin yanında konutlarda ısıtma ve motorlu taşıtların kullanılması hem iç hem de dış kirlilik üzerinde önemli bir etkisinin olduğunu bildirmiştir. Ayrıca, iç mekan verilerinin faktör analizi sonuçları, dış mekan kirletici kaynaklarının iç mekan kirliliğine katkısının yaklaşık olarak % 70 olduğunu vurgulamıştır (Pekey ve diğ., 2010).

Türkiye’de Çankaya ve diğerleri (2018) tarafından yapılan çalışmada küçük işletmelerde (restoranlar, kuru temizleyiciler, fotokopi merkezleri ve oto boyama atölyeleri) 24 adet UOB kirleticisinin konsantrasyonları ölçülmüş ve iç/dış ortam oranları hesaplanmıştır. Mevsimsel değişimleri değerlendirmek için hem kış hem de yaz aylarında örnekler toplanmıştır. Aktif örnekleme yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen bu çalışmada iç ve dış ortamlardan eşzamanlı olarak her bir numune alma noktasından ikişer kez örnek alınmıştır. Örnekleme süresi restoranlar, kuru temizleyiciler ve fotokopi merkezleri için 2 saat ve oto boyama atölyeleri için 20 dakika olarak belirlenmiştir ve dakikada 20 L akış hızına sahip pompa yardımıyla örnekler Tenax TA ve Carbopack B içeren termal desorpsiyon tüplerinde toplanmıştır. Çalışmada seçilen tüm restoranlar yemek pişirmek için odun kömürü kullanmıştır. UOB’leri belirlemek için bir TD-GC-FID sistemi kullanılmıştır. Restoranlarda her iki mevsimde de yüksek konsantrasyonlarda bulunan bromoform, izopropiltoluen, bromoklorometan, toluen, benzen, 1,2-dibromo-3-kloropropan ve karbontetraklorür bileşiklerinin kömür yanması sonucu ortaya çıktığı vurgulanmıştır. Seçilen 3 restoranda 24 bileşik için iç ortam UOB konsantrasyonları 168,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -239,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında elde edilmiştir. Kuru temizleyiciler içerisinde de yüksek UOB konsantrasyonları bulunmuştur. En yüksek konsantrasyonda bulunan bileşik toluen (480 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ kış ve 262 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ yaz) olmuştur. Çalışmada seçilen fotokopi merkezlerinde ise diğer noktalara nazaran en az seviyede UOB konsantrasyonları elde edilmiştir. Toluen fotokopi merkezindeki en yüksek seviyede bulunan bileşikler arasında olmuştur.

Türkiye’de gerçekleştirilen en güncel iç ortam hava kalitesi çalışmalarından biri olan ve Arı (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışma, iç ortam hava kalitesi ölçümleri hem gaz hem de partikül fazlarında çok sayıda kirletici için bir üniversite ortamında yoğun baskı faaliyeti olan bir ofis odasında gerçekleştirilmiştir. Kontrollü çalışma odasında PM'nin farklı fraksiyonlardaki kütle konsantrasyonları ölçülmüştür. Ayrıca, yazıcıyla ilişkili iç ortam kirletici konsantrasyonlarını tespit etmek için çeşitli UOB'lerin

i ve dış ortam konsantrasyonları ölçülmüştür. Yazıcı alışırken PM_{2.5} ve O₃ pikleri anlık olarak gözlemlenmiş ve cihazın baskı işlemini durdurduğu zamanlarda konsantrasyonların önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir. Yoğun yazıcı kullanan bir ofis odasında kişisel maruziyetin ise en fazla UOB'lere olduğu bulunmuştur. Kullanılan lazerli baskı cihazının PM yerine UOB'lere daha fazla maruziyetlere sebep olmasından dolayı risk hesaplamalarında daha yüksek seviyeler elde edilmiştir. İç ortamda llen PM boyut dağılımı incelendiğinde, ince boyutlu partikül konsantrasyonlarının, toplam PM'nin daha yüksek bir kısmını içerdiği görülmüştür.



5. MATERYAL ve YÖNTEM

Yetişkin insanları ele aldığımızda günlerinin büyük bir kısmını iş yerlerinde geçirdiği bilinmektedir. Ülkemizde günlük minimum çalışma saatinin 8 saat olduğu düşünüldüğünde, insanlar bu sürenin kimi zaman tamamını kimi zamansa tamamına yakın kısmını iş yerlerinin kapalı alanlarında geçirmektedir. Dolayısıyla, bütün gün solunan havanın kalitesi çalışanlar için gerek sağlık gerekse iş verimliliği açısından oldukça önemli bir role sahiptir. İş yerlerinde iç ortam havası, ortamdaki insan sayısından, kullanılan spesifik cihaz ve ekipmanlardan, gerçekleştirilen aktivitelerden olumsuz yönde etkilenmektedir. Buradan yola çıkarak, aslında her meslek dalına özgü ortaya çıkan bir takım öncü hava kirlleticilerinin olduğu söylenebilmektedir. Bölüm 4'te verilen ve literatürde yer alan bazı çalışmalarda iş yerlerinden kaynaklı olası kirleticiler üzerinde araştırmalar yapılmıştır ve halen de yapılmaya devam edilmektedir.

Bu tez çalışması kapsamında, farklı iş yerlerinde iç ortam hava kalitesinin değerlendirilmesi amacıyla, bazı inorganik bileşikler (NO_2 , SO_2 , O_3), UOB'ler ve $\text{PM}_{2.5}$ ölçüm çalışmaları gerçekleştirilmiştir. İnorganik bileşikler ve UOB'lerin belirlenmesi için pasif örnekleyiciler, $\text{PM}_{2.5}$ ölçümü için ise PM ölçüm cihazları kullanılmıştır. Örneklemeye yöntemleri ve kullanılan cihazlarla ilgili detaylı bilgiler aşağıda detaylı olarak verilmiştir.

Seçilen 7 farklı iş yerinde (fırın, fotokopi merkezi, restoran, kuaför, kuru temizleme, market ve otel) çalışma öncesinde iş yeri ve çalışan bilgileri anket uygulanarak not edilmiş ve gerekli bilgilendirmeler yapılmıştır. Bu tez çalışmasında, iş yeri iç ortam kirliliği üzerinde durulsa da dış ortam hava kirlleticilerinin iç ortam üzerinde önemli etkisi olmasından dolayı gerçekleştirilen bütün örneklemeye kampanyaları iç ve dış ortamda eş zamanlı olarak uygulanmıştır. Ayrıca, ilgili iş yerlerinde çalışan insanların maruziyeti üzerine dikkat çekmek istenildiğinden, gaz kirleticiler için iç ve dış ortam örneklemeleriyle eş zamanlı olarak kişisel örneklemeler de gerçekleştirilmiş ve maruziyet konsantrasyonları tespit edilmiştir. Çalışma esnasında uygulanan temel aşamalar Şekil 5.1'de bir şematik olarak gösterilmiştir. Detaylı açıklamalar ise alt başlıklarda yer almaktadır.

İş Yeri Seçimi

- Örnekleme yapılacak iş yerleri ve kişisel örnekleme yapılacak çalışanların belirlenmesi ve bilgilendirilmesi
- Tüm iş yerlerinde kullanılacak pasif örnekleme sayıları ve konumlarının belirlenmesi

Saha Çalışması Öncesi Hazırlıklar

- Pasif örnekleme cihazlarının laboratuvar ortamında hazırlanması
- PM ölçüm cihazlarının performans karşılaştırması için ön örnekleme yapılması ve gerekli temizliklerinin gerçekleştirilmesi
- Sahada ihtiyaç duyulacak ekipmanların hazır hale getirilmesi

Saha Çalışması

- 7 farklı iş yerinde (fırın, fotokopi merkezi, restoran, kuaför, kuru temizleme, market, ve otel) örnekleme çalışmalarının belirlenen zaman ve periyotlarda gerçekleştirilmesi

Analizler ve Sonuçların Değerlendirilmesi

- Pasif örnekleme cihazlarının laboratuvar ortamında analizlerinin gerçekleştirilmesi
- PM ölçüm verilerinin bilgisayara aktarılması ve düzenlenmesi
- Sonuçların değerlendirilmesi

Şekil 5.1. Tez çalışması süresince gerçekleştirilen çalışma aşamalarının şematik gösterimi

alışmalarının gerçekleştirileceği çalışanlar hakkında detaylı soruların yer aldığı, ankaya ve diğ., 2018’de gerçekleştirdiği çalışmada kullanılan anket modifiye edilerek uygulanmıştır (ankaya ve diğ., 2018). Uygulanan ankette genel soruların yanında her iş yerine özel olarak hazırlanan sorular da yer almaktadır. Söz konusu anketler Ek-1-7’de verilmiştir.



şekil 5.3. Seçilen iş yerlerinin konumu

5.2. Örnekleme Programı

İnorganik Gaz Kirleticiler ve UOB’ler:

Örnekleme periyotlarına saha çalışmasından önce gerçekleştirilen literatür taraması sonucu karar verilmiştir. Daha sonra her bir iş yeri ziyaret edilerek örnekleycilerin yerleştirileceği noktalar belirlenmiş ve kullanılacak örnekleyci sayılarına karar verilmiştir. Tablo 5.1’de her bir örnekleme periyodunda (yaz-hafta içi, yaz-hafta sonu, kış-hafta içi, kış-hafta sonu) iş yerlerine yerleştirilen pasif örnekleycilerin sayısı yer almaktadır. Söz konusu tabloda kr örnekleycilerin sayısı yer almamakla birlikte, kr örnekleyciler ile ilgili detaylı bilgilere Bölüm 5.6.1 ve Bölüm 5.6.2’de yer verilmiştir. rnekleyci yerleştirilecek noktalara karar verme aşamasında iş yerindeki aktiviteler dikkate alınmış ve buna bağlı olarak da kullanılacak örnekleyci sayısına karar verilmiştir. Kirletici kaynağı olarak tahmin edilen bazı özellikli noktalara yakın konumlarda ikişer

örnekleyici konulması uygun görülmüştür. Bu nedenle yoğun kaynak içerdiği düşünülen iş yerlerine daha fazla örnekleyici yerleştirilmiştir.

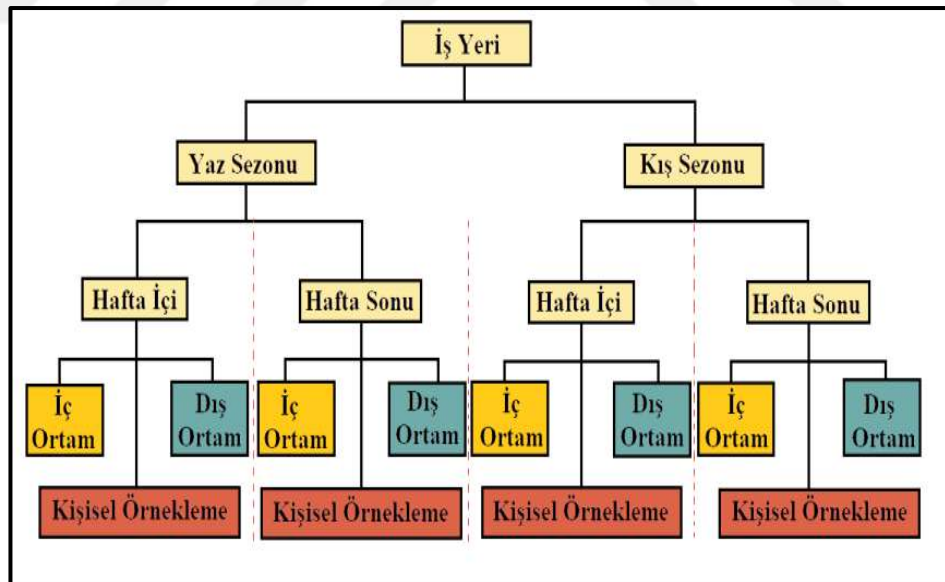
Tablo 5.1. Her bir örnekleme kampanyasında kullanılan pasif örnekleyici sayıları

İş Yeri	Örnekleyici sayısı									Toplam Örnekleyici sayısı
	İç Ortam			Dış Ortam			Kişisel			
	NO ₂ -SO ₂	O ₃	UOB	NO ₂ -SO ₂	O ₃	UOB	NO ₂ -SO ₂	O ₃	UOB	
Fırın	2	2	2	1	1	1	1	1	1	12
Fotokopi Merkezi	3	3	3	1	1	1	1	1	1	15
Restoran	2	2	2	2	2	2	1	1	1	15
Kuaför	2	2	2	1	1	1	1	1	1	12
Kuru Temizleme	3	3	3	1	1	1	1	1	1	15
Market	3	3	3	1	1	1	1	1	1	15
Otel	3	3	3	2	2	2	3	3	3	24

Seçilen her bir iş yerinden iş yeri açılış - kapanış saati ve ayrıca kişisel örnekleme için seçilen gönüllü çalışanın mesai bilgileri alınmıştır. Bunlara dayalı olarak; her iş yerinde planlanan örnekleme çalışması o iş yerinin açılış saatinde başlamış ve kapanış saatinde tüm örnekler uygun şekilde toplanıp ertesi güne kadar UOB örnekleyicileri -18 °C’de, inorganik örnekleyiciler ise +4 °C’de muhafaza edilmiştir. Aynı işlem bir sonraki gün de gerçekleştirilmiştir. Böylece bir örnekleme kampanyası arka arkaya 2 gün mesai saatlerinde gerçekleştirilmiştir. Örnekleyiciler, üzerindeki spesifik etiketler sayesinde her iki gün de aynı noktaya yerleştirilmiştir. Bununla birlikte, kişisel örnekleme çalışması da gönüllü çalışanın mesai başlangıcında başlatılıp, mesai bitiminde toplanıp ertesi güne kadar diğer örnekleyiciler gibi uygun şartlarda muhafaza edilmiştir. Ertesi gün için de aynı işlemler uygulanmıştır. Kişisel örnekleme için örnekleyicilerin kişinin solunum bölgesine yakın olması önemli olduğundan, örnekleyicilerin kişilere takılmasında kişisel maruziyet çalışmaları için tasarlanan bir kolluk kullanılmıştır.

İki günlük bir örnekleme periyoduna karar verilmesinin nedeni, pasif örnekleme yöntemi ile yeterli miktarda kirlenici toplanmasını sağlamaktır. Seçilen iş yerlerinin

özellikleri ve yapılan işler dikkate alındığında, tüm hafta boyunca benzer yoğunluklarda olmadıkları gözlenmiştir. Birçok iş yerinin hafta sonu daha yoğun müşteri ve iş kapasitesine sahip olmasından dolayı hafta içi ve hafta sonu iş yoğunluğu farkının iç ortam kirletici seviyelerine etkisini incelemek amacıyla tüm iş yerlerinde örnekleme çalışmaları hafta içi ve hafta sonu olmak üzere iki ayrı periyotta gerçekleştirilmiştir. Dış ortam havası önemli bir iç ortam kaynağı oluşturduğundan, her bir iş yerinde iç ortam örnekleme çalışmaları ile eş zamanlı olarak dış ortam örneklemeleri de yapılmıştır. Ayrıca, özellikle dış ortamlarda hava kirletici seviyelerinin etkilendiği bir diğer önemli faktör ise meteorolojik koşullardır. Hava sıcaklığı, rüzgar ve nem gibi faktörler kirleticilerin oluşmasında, taşınması ve dağılımında oldukça büyük etkiye sahiptir. Dolayısıyla daha doğru yorumlar yapabilmek ve karşılaştırmalarda bulunabilmek adına, örnekleme çalışmaları yaz ve kış olmak üzere iki farklı mevsimde gerçekleştirilmiştir. Böylece mevsimsel koşullardaki değişikliğin kirletici konsantrasyonları üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Pasif örnekleme çalışmaları ile ilgili tüm detaylar Şekil 5.4’te verilmiştir.

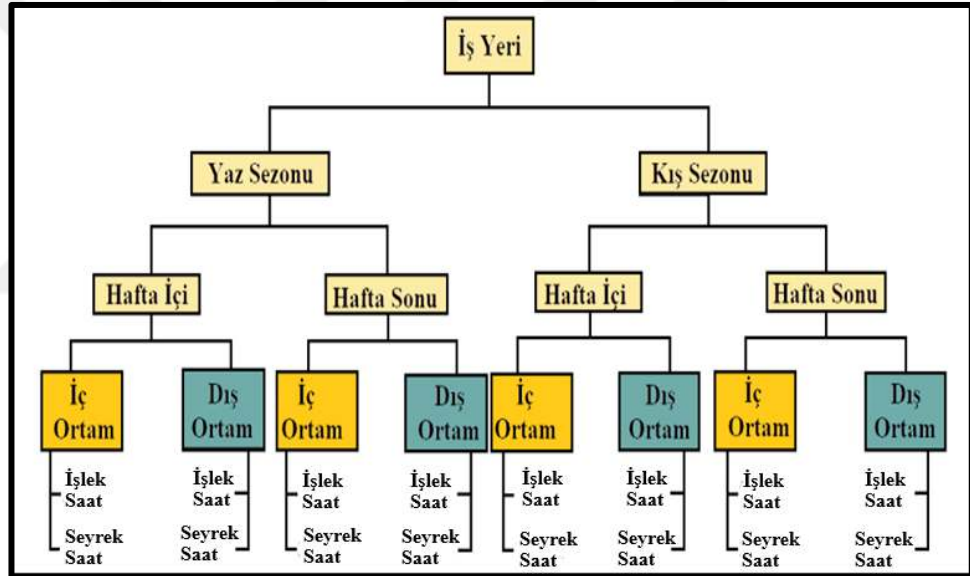


Şekil 5.4. Çalışma süresince gerçekleştirilen pasif örnekleme kampanyaları

PM_{2.5} ölçüm çalışmaları:

Gerçekleştirilen tez çalışması kapsamında inorganik gaz kirleticiler ve UOB’lerin yanı sıra PM_{2.5} ölçümleri de gerçekleştirilmiştir. PM_{2.5} ölçümlerinde 2 adet (iç ortam ve

dış ortam için) DustTrak II 8530 aerosol ölçüm cihazları kullanılmıştır ve eş zamanlı iç ve dış ortam ölçümleri yapılmıştır. Bir saatlik gerçekleştirilen ölçümlerde dakikalık veri kaydı alınmıştır. İş yerlerinin gün içerisindeki yoğunluk farkının etkisini tespit etmek için, ölçüm yapılan her bir günde iş yerinin yoğun ve daha az yoğun olduğu periyotlarda ölçümler gerçekleştirilmiştir. Söz konusu periyotlara ait bilgiler çalışma öncesinde uygulanan anket yoluyla edinilmiştir. Bu sayede PM_{2.5} kirletici seviyelerinin gün içerisindeki aktivitelere bağlı olarak değişimi tespit edilmiştir. Pasif örneklemede gerçekleştirilen hafta içi-hafta sonu ve yaz-kış kampanyaları yukarıda bahsedilen periyotlar dahilinde PM_{2.5} kirleticisi için de gerçekleştirilmiştir. PM_{2.5} için gerçekleştirilen kampanyalar Şekil 5.5'te gösterilmiştir.



Şekil 5.5. Çalışma süresince gerçekleştirilen PM_{2.5} ölçüm çalışmaları

5.3. Pasif Örnekleyicilerin Hazırlanması

Bu tez çalışması kapsamında, inorganik gaz kirleticiler ve UOB'ler için pasif örnekleme yöntemi kullanılarak örnekleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. İnorganik pasif örnekleyiciler (teflon ve delrin örnekleyicileri) Eskişehir Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Hava Kalitesi Araştırma Grubu tarafından geliştirilmiş, tasarlanmış ve sonrasında üniversite bünyesindeki atölyelerde üretimi sağlanmıştır.

İnorganik pasif örnekleyiciler:

Teflon malzemeden üretilen pasif örnekleyiciler NO_2 ve SO_2 kirleticileri için, delrinden üretilen pasif örnekleyiciler ise O_3 kirleticisinin örneklenmesi için kullanılmıştır. NO_2 ve SO_2 kirleticileri tek bir pasif örnekleyicide aynı tutma ortamında toplanabilmektedir. Dolayısıyla, tek bir örnekleyici ile eş zamanlı iki kirletici örnekleme yapılabilir. Ozon örnekleme için ise ayrı bir pasif örnekleyici kullanılmaktadır. Bu örnekleyiciler 2,5 cm uzunluk ve 2 cm iç çapa sahiptir (Şekil 5.6). Örnekleyicilerin validasyon çalışmaları Özden (2005) tarafından gerçekleştirilen yüksek lisans tezi kapsamında gerçekleştirilmiş olup, örnekleyici hazırlama, ekstraksiyon ve analiz işlemleri gibi tüm prosedürler söz konusu tez çalışması dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Detaylı tüm açıklamalar ilgili tez çalışmasında yer almaktadır (Özden, 2005). Her bir saha çalışması öncesinde, inorganik pasif örnekleyiciler Şekil 5.7’de verilen aşamalarda örneklemeye hazır hale getirilmiştir.



Şekil 5.6. İnorganik pasif örnekleyiciler (teflon ve delrin) ve kısımları

- NO₂ ve SO₂ için hazırlanan örnekleyicilerde kaplama çözeltisi olarak %20 Trietanolamin (TEA) sulu çözeltisi kullanılmıştır. Laboratuvar ortamında hazırlanan kaplama çözeltisi için, TEA'dan 5 mL alınarak 25 mL'ye ultra saf su (Milli-Q) ile tamamlanmıştır.

- O₃ için hazırlanacak örnekleyicilerde kaplama çözeltisi olarak %1 NaNO₂, %2 Na₂CO₃ ve %2 gliserol sulu çözeltisi kullanılmıştır. Bu çözelti için 1g NaNO₂, 2g Na₂CO₃ ve 2g gliserol ultra saf su (Milli-Q) ile 100 mL'ye tamamlanmıştır

Hazırlanan bu kaplama çözeltisi ile örnekleyicinin iç çapı boyutunda kesilen Whatman GF/A fiber glass filtre kağıtları kaplanmış ve cam saati üzerine yerleştirilmiştir

Kaplama çözeltisi ile kaplanan filtre kağıtları kurutulmuştur

Kurutulan filtre kağıtları örnekleyici tabanına sabitleyici yüzük kullanılarak sabitlenmiştir. Kapalı kapakları takılan örnekleyiciler örneklemeye hazır hale getirilmiştir

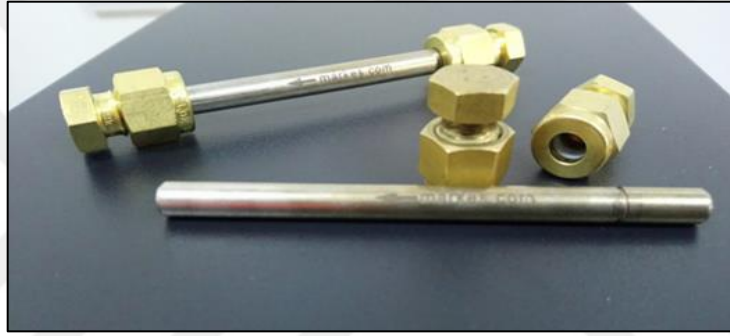
Saha çalışması esnasında farklı noktalara çok sayıda örnekleyici yerleştirildiği için, örnekleyicilerin karıştırılmaması oldukça önemlidir. Bu durumu ortadan kaldırmak amacıyla, her örnekleyici için kodlamalar kullanılarak örnekleyici üzerlerine etiketler yapıştırılmıştır.

Örnekleme başlayana kadar örnekleyicilerde oluşabilecek herhangi bir kontaminasyonu engellemek için örnekleyiciler +4 °C'de muhafaza edilmiştir. Örnekleme sonrasında da, ağızları kapalı bir şekilde laboratuvara getirilerek analize kadar +4 °C'de bekletilmiştir.

Şekil 5.7. İnorganik pasif örnekleyicilerin hazırlık aşamaları

UOB'ler için kullanılan pasif örnekleyiciler:

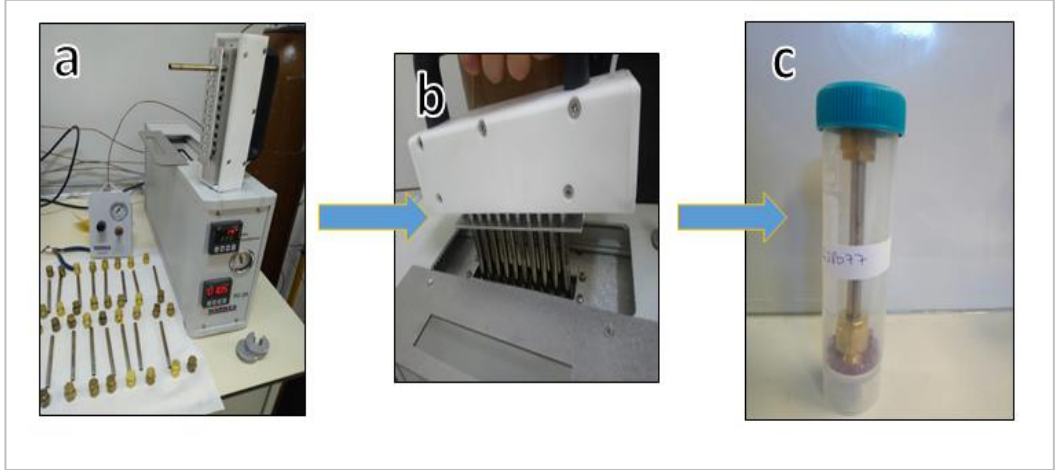
UOB'lerin örneklenmesi amacıyla sorbent özelliklerine göre (aktif karbon, silika jel, Tenax, XAD-2, kromosorbs (chromosorbs) vb.) piyasada farklı örnekleyiciler bulunmaktadır. Bu tez çalışması kapsamında kullanılan UOB örnekleyicileri, Markes marka paslanmaz çelik tüplerdir (Şekil 5.8). Bu tüplerin boyutları; iç çapı 5 mm ve difüzyon yolu uzunluğu 15 mm'dir. Tutma ortamı olarak bu çelik tüp içerisinde Tenax®TA sorbenti yer almaktadır. İçerisinde bulunan sorbentten dolayı bu tüplere Tenax tüpleri de denmektedir. Bu sorbent hidrofobik yapıdadır ve termal desorpsiyon işlemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.



Şekil 5.8. Tez kapsamında kullanılan Tenax TA çelik tüpü

Her bir saha çalışmasından önce Tenax tüpleri bir TC-20 (Markes) şartlandırma cihazı kullanılarak azot gazı ile 315 °C'de 105 dakika süreyle şartlandırılmış ve bu süreç UOB'lerin temizlendiğinden emin olmak adına ikişer defa gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.9 a-b). Bu şartlandırma işlemiyle tüplerin içerisinde bulunan sorbent temizlenerek örneklemeye hazır hale getirilmiştir.

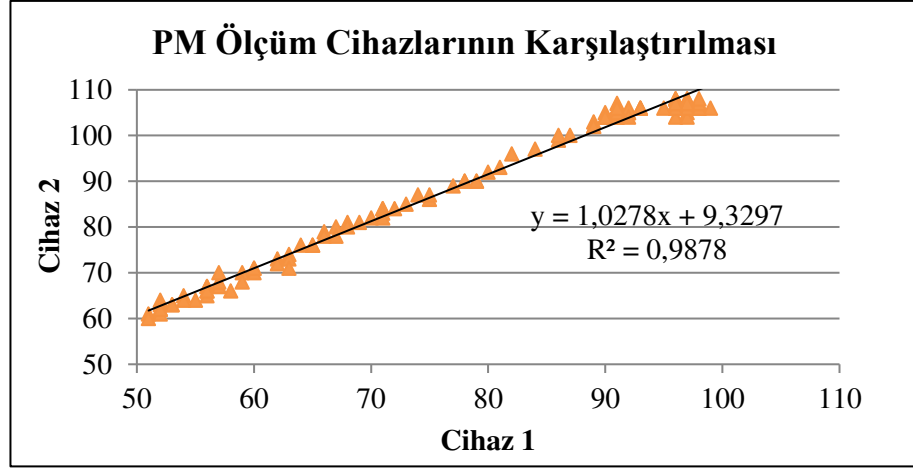
Şartlandırılan tüplerin ağızları sıkıca kapatılıp, içerisine nemi engellemek için silika jel ve dış ortamdan oluşabilecek kontaminasyonu önlemek için aktif karbon konulan ve malzemesi polipropilen olan falkon tüplere yerleştirilmiştir (Şekil 5.9 c). İnorganik pasif örnekleyicilerde olduğu gibi, Tenax tüplerinde de karışıklık olmaması açısından falkon tüplerin üzerine spesifik kodlamalar kullanılarak etiketler yapıştırılmış ve aynı zamanda örnekleyici kodları, konumları, süreleri gibi bilgilerin analog olarak yazıldığı bir çizelge kullanılmıştır.



Şekil 5.9. Tenax tüplerinin hazırlık aşamaları

5.4. PM Ölçüm Cihazının Hazırlanması

Tez çalışmasında $PM_{2.5}$ ölçümleri, aerosollerin kütle konsantrasyonunu gerçek zamanlı olarak ölçebilen 2 adet Dusttrak™ II 8530 Aerosol Monitörü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Saha çalışması öncesinde, kullanılacak $2.5 \mu m$ başlıkları cihaz prosedüründe belirtilen işlemler doğrultusunda laboratuvarda temizlenmiştir. İç ve dış ortamda aynı anda ölçüm gerçekleştirildiği için, kullanılan iki PM ölçüm cihazı da laboratuvar ortamında paralel çalıştırılmış ve ölçüm sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu işlem sonucunda cihazların birbirleriyle uyumlu ölçümler yaptığı tespit edilmiş ve bu sayede PM cihazlarının saha ölçümleri için kullanılabilir olduğu doğrulanmıştır. Söz konusu karşılaştırmanın R^2 değeri 0,9878 olup Şekil 5.10'da gösterilmiştir.

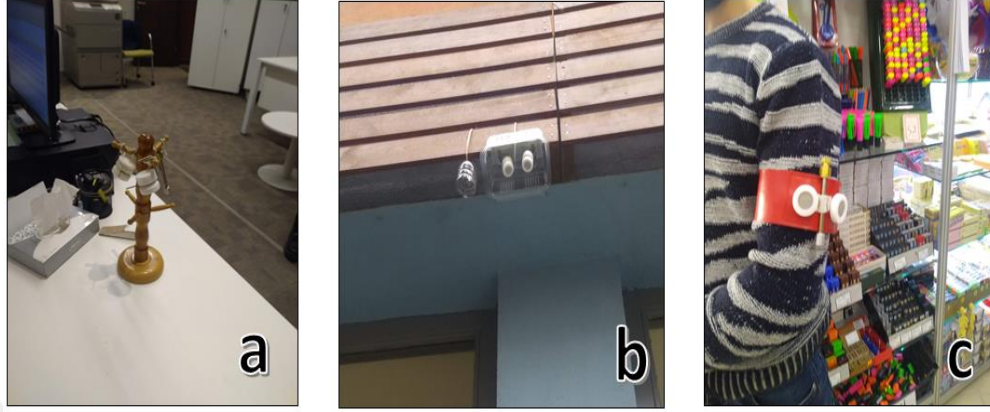


Şekil 5.10. Çalışmada kullanılan iki PM ölçüm cihazına ait sonuçların karşılaştırılması

5.5. Saha Çalışmaları

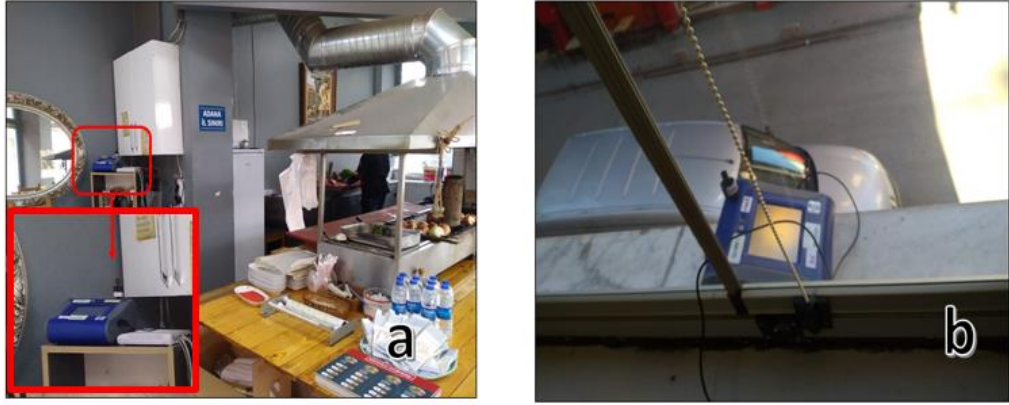
Saha çalışmalarına başlamadan önce, tüm iş yerlerine örneklemelerin başlayacağı tarih bilgileri verilmiştir. Pasif örnekleme çalışmaları daha önce belirtildiği üzere, hafta içi ve hafta sonu olmak üzere iki ayrı periyotta ve 2 gün olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Her bir periyotta, örnekleme çalışmasının gerçekleştirileceği iş yerlerinin açılış saatinde orada bulunulmuştur. Pasif örnekleycilerin kapalı kapakları çıkarılıp difüzyon başlıkları (açık kapak) takılmıştır. Daha sonra, askılık olarak kullanılan ekipmana örnekleyciler asılmış ve önceden karar verilen iç ve dış ortam noktalarına yerleştirilmiştir (Şekil 5.11 a-b). Kişisel örnekleme için kullanılan kolluklara örnekleyciler takıldıktan sonra gönüllü çalışanların kollarına takılmış (Şekil 5.11 c) ve dikkat etmeleri gereken önemli hususlar vurgulanmıştır. Dış ortam örnekleycileri ise olası kötü hava koşullarından korumak için bir koruma aparatı içerisine yerleştirilmiştir. Her bir iş yerinin kapanış saatinden 10 dakika önce tekrar gidilmiş ve örnekleyciler toplanmıştır. Ertesi sabaha kadar inorganik pasif örnekleyciler +4 °C’de, Tenax tüpleri ise -18 °C’de muhafaza edilmiştir. Aynı işlemler ertesi gün tekrar uygulanmıştır. Bu esnada, hazırlanan saha çizelgesine örnekleyci kodları, yerleştirildiği noktalar, örneklemenin başlama ve bitiş saatlerinin yanı sıra işletmenin iç ortam sıcaklığı bir termometre yardımıyla ölçülerek, dış ortam atmosfer sıcaklığı ise Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün resmi web sayfasından edinilen bilgilere göre not edilmiştir. Bunun yanı sıra, örnekleme esnasında gerçekleşen olağandışı herhangi bir durum meydana gelmişse

bu bilgiler de çizelgeye not edilmiştir. Örneklemeye süresi biten örnekleyiciler laboratuvara getirilmiş ve analiz zamanına kadar Bölüm 5.3’te belirtilen koşullarda saklanmıştır.



Şekil 5.11. Örneklemeye esnasında pasif örnekleyicilerin konumları (a: iç ortam, b: dış ortam, c: kişisel)

PM_{2.5} ölçümleri ise, her bir iş yerinden edinilen bilgiler doğrultusunda, en yoğun saat ve en az iş yoğunluğunun olduğu seyrek saatlerde gerçekleştirilmiştir. Ölçüm cihazı ile dakikalık veriler elde edilmiş ve her bir periyotta 1 saatlik ölçümler yapılmıştır. Dusttrak ölçüm cihazları çalıştırılmadan önce yerden en az 50 cm yukarıda olacak şekilde iş yerinin iç ve dış ortamında uygun noktalara yerleştirilmiştir (Şekil 5.12 a-b). Sıfır kalibrasyon adı verilen işlem gerçekleştirildikten sonra ölçümler başlatılmıştır. Ayrıca, her ölçümden önce ve sonra 2-polipropilen ile çarpma plakaları ve plakanın yerleştirildiği başlıklar temizlenmiştir. Tüm bu işlemler her iş yeri için her örneklemeye periyodunda uygulanmıştır.



Şekil 5.12. PM ölçüm çalışmalarına ait örnek fotoğraflar (a: iç ortam (Restoran), b: dış ortam (Kuafor))

5.6. Örneklerin Ekstraksiyon ve Analizi

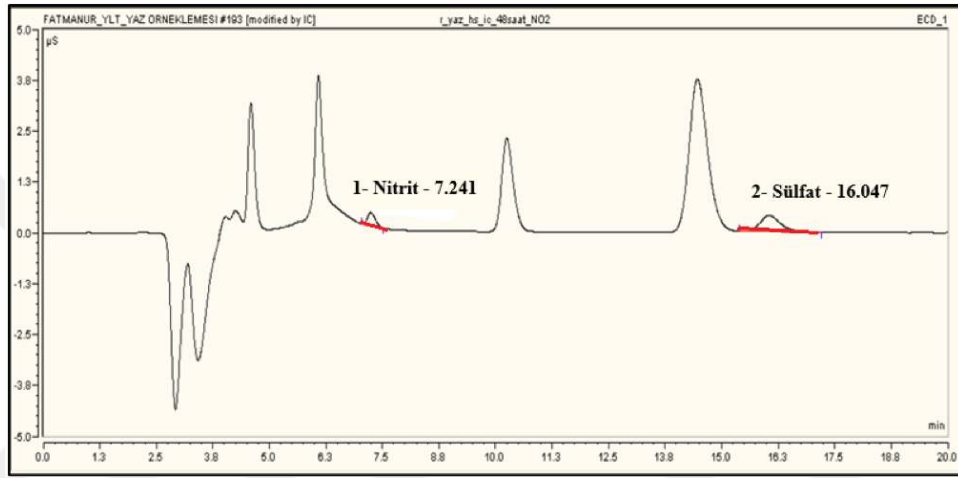
Örnekleme çalışmaları sonrasında örnekleyciler kapalı kapakları takılarak uygun şartlarda laboratuvara getirilmiştir. İnorganik bileşikler için laboratuvarda gerçekleştirilen ekstraksiyon işlemlerinden sonra analizler iyon kromatografik yöntemle gerçekleştirilmiştir. Tenax tüplerinde toplanan UOB'lerin analizi ise TD-GC-FID cihazında yapılmıştır. Aşağıda örneklerin ekstraksiyon ve analizlerine yönelik detaylı bilgiler yer almaktadır.

5.6.1. İnorganik bileşiklerin ekstraksiyon ve analizi

$NO_2 - SO_2$ pasif örneklerin ekstraksiyon ve analizleri:

Kalibrasyon işlemlerinden sonra örneklerin ekstraksiyon işlemlerine başlanmıştır. Laboratuvara getirilen örnekleycilerin içlerinden filtre kağıtları çıkarılarak 10 mL ultra saf su içeren polipropilen vialler içerisinde 10 dakika bekletilmiştir. Bu bekleme sürecinde aralıklarla çalkalama işlemi manuel olarak yapılmıştır. 10 dakika sonunda 20 µL % 35'lik H_2O_2 (Hidrojen peroksit) eklenmiş, karıştırılmış ve 5 dakika daha beklenmiştir. Ekstraksiyon işlemi sonrasında iyon kromatografi cihazı otomatik örnekleycisine örnekler yerleştirilmiş, örnek isimleri IC yazılımında yazılmış ve kaydedilmiştir.

NO_2 – SO_2 pasif örnekleyicilerinde tutma ortamındaki kaplama çözeltisi, örnekleme süresi boyunca örneklenen ortamdaki NO_2 ile reaksiyona girerek NO_2^- iyonlarına, SO_2 ile reaksiyona girerek SO_4^{2-} iyonlarına dönüşür. Şekil 5.13'te gösterildiği üzere, 16.047 dak. geliş süresine sahip SO_4^{2-} pikinden dolayı bir örnek için analiz süresi 20 dakika olarak ayarlanmıştır. Şekil 5.13'te, analiz edilen bir NO_2 - SO_2 örneğine ait, NO_2^- ve SO_4^{2-} piklerinin yer aldığı kromatogram örneği yer almaktadır. Elde edilen piklerin integrasyon işlemi manuel olarak yapıldıktan sonra, pik alanları ile orantılı olarak iyonların konsantrasyonları ppm olarak elde edilmektedir.



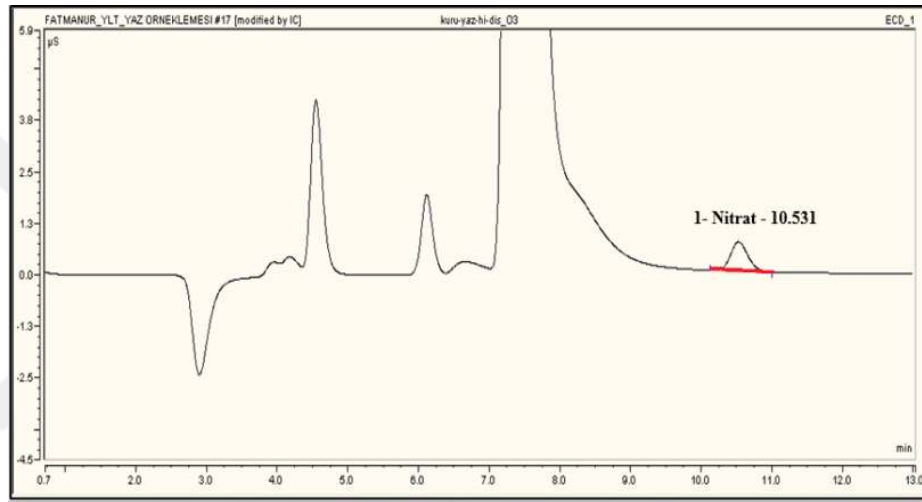
Şekil 5.13. NO_2 - SO_2 örneğinin analizi sonucunda elde edilen örnek bir kromatogram

İyon kromatografisi analizi ile elde edilen NO_2^- ve SO_4^{2-} konsantrasyonları ($\mu\text{g/mL}$) ekstraksiyon hacmi (10 mL) ile çarpılarak örnekleme süresince tutulan NO_2^- ve SO_4^{2-} miktarları μg olarak elde edilmiştir. Daha sonra Bölüm 3.1'de verilen 3.1 numaralı denklem kullanılarak, örneklenen NO_2 ve SO_2 konsantrasyonları hesaplanmıştır. Ancak SO_4^{2-} ve SO_2 'nin molekül ağırlıkları farklı olduğu için hesaplanan SO_4^{2-} konsantrasyonundan SO_2 konsantrasyonunu hesaplamak amacıyla, kullanılan denklem bileşenlerin molekül ağırlıklarının oranı ile çarpılmıştır (64/96).

O_3 pasif örneklerinin ekstraksiyon ve analizleri:

Ozon pasif örnekleyicilerindeki O_3 kaplama çözeltisindeki NO_2^- iyonları örnekleme süresi boyunca O_3 ile reaksiyona girer ve NO_3^- iyonlarına dönüşür. Ozon pasif örnekleyicilerinin ekstraksiyon işlemlerinde ise filtreler çıkarıldıktan sonra polipropilen

viallere tek tek konulmuş ve üzerlerine 10 mL ultra saf su eklenmiştir. 15 dakika beklendikten sonra örnekler IC oto örnekleyici viallerine aktararak oto örnekleyiciye yerleştirilmiş ve cihaza örnekleyici kodları yazılmıştır. Şekil 5.14'te gösterildiği üzere 10.531 dak. sürede gelen NO_3^- iyonundan dolayı O_3 örnekleri için analiz süresi 13 dakika olarak ayarlanmıştır. Analiz sonucunda filtre kağıtlarında toplanan NO_3^- iyonlarının konsantrasyonları elde edilmiştir. Şekil 5.14'te ozon örneklerinin analizlerinde elde edilen örnek bir kromatogram gösterilmektedir. . Elde edilen piklerin integrasyon işlemi manuel olarak yapıldıktan sonra, arak pik alanları ile orantılı olarak iyonların konsantrasyonları ppm cinsinden hesaplanmaktadır.



Şekil 5.14. O_3 örneğinin analizi sonucunda elde edilen örnek bir kromatogram

İyon kromatografisi ile elde edilen NO_3^- konsantrasyonları ($\mu\text{g/mL}$) ekstraksiyon hacmi (10 mL) ile çarpılarak örnekleme süresince tutulan NO_3^- miktarları μg olarak elde edilmiştir. Daha sonra Bölüm 3.1'de verilen 3.1 numaralı denklem kullanılarak, örnekleme esnasında toplanan O_3 konsantrasyonları hesaplanmıştır. NO_3^- ve O_3 'ün molekül ağırlıkları farklı olduğu için, 3.1 nolu denklem bileşenlerin molekül ağırlıklarının oranı ile çarpılmıştır (48/62). Böylece örnekleme süresi boyunca toplanan O_3 konsantrasyonları hesaplanmıştır. Konsantrasyonların hesaplanması esnasında gerekli örnekleme süresi, iç ve dış ortam sıcaklıkları gibi parametreler, kullanılan saha çizelgesinden elde edilmiştir.

Bölüm 3.1'deki 3.1 numaralı denklemde yer alan difüzyon katsayısı sıcaklık faktörüne bağlı değişkenlik göstermesinden dolayı, örnekleme sıcaklıklarına ait difüzyon

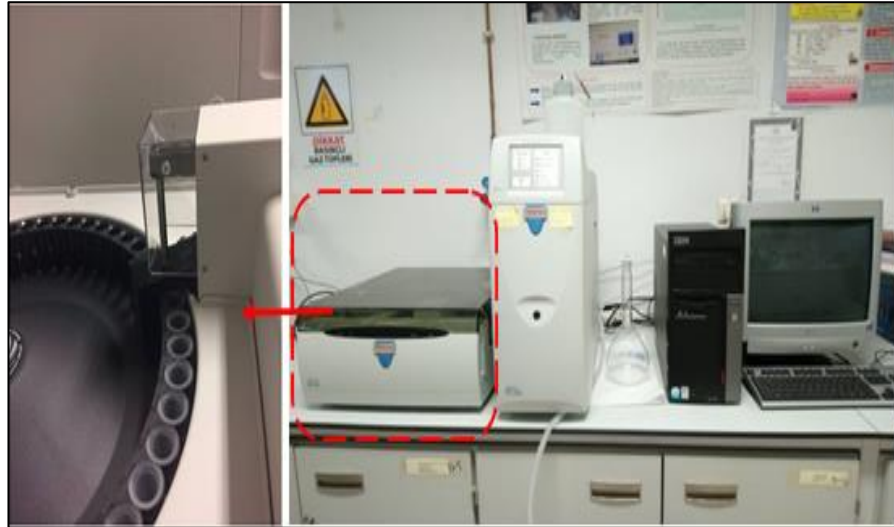
katsayılarını hesaplamak için 5.1 numaralı eşitlik kullanılmıştır. Her iş yerinde farklı günlerde örnekleme gerçekleştirildiğinden dolayı, difüzyon katsayısı her iş yerinin iç ve dış ortam hesaplamaları için ayrı ayrı belirlenmiştir.

$$D_T = D_{298} \times (T)^{1,75} \times (298,15)^{-1,75} \quad (5.1)$$

Eşitlikte difüzyon katsayısı hesaplamasında kullanılan sıcaklık değerleri örnekleme süresi boyunca gün içerisinde elde edilen sıcaklık değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Bu denkleme göre NO₂ için D₂₉₈ değeri 0,154 cm²/sn, SO₂ için D₂₉₈ değeri 0,127 cm²/sn ve O₃ için D₂₉₈ değeri 0,155 cm²/sn olarak alınmıştır.

Kalibrasyon çalışmaları:

İnorganik bileşiklerin (NO₂, SO₂ ve O₃) analizleri Dionex ICS-1100 (ThermoFisher Scientific, USA) iyon kromatografi cihazı (IC) ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.15). Kullanılan IC cihazının 50 örnek kapasiteli oto örnekleyicisi (Thermo Scientific™ Dionex™ AS-DV) bulunmaktadır. Eluent olarak 0,5 M konsantrasyonda NaCO₃ çözeltisinden 10 mL alınarak 1000 mL'ye tamamlanmıştır.

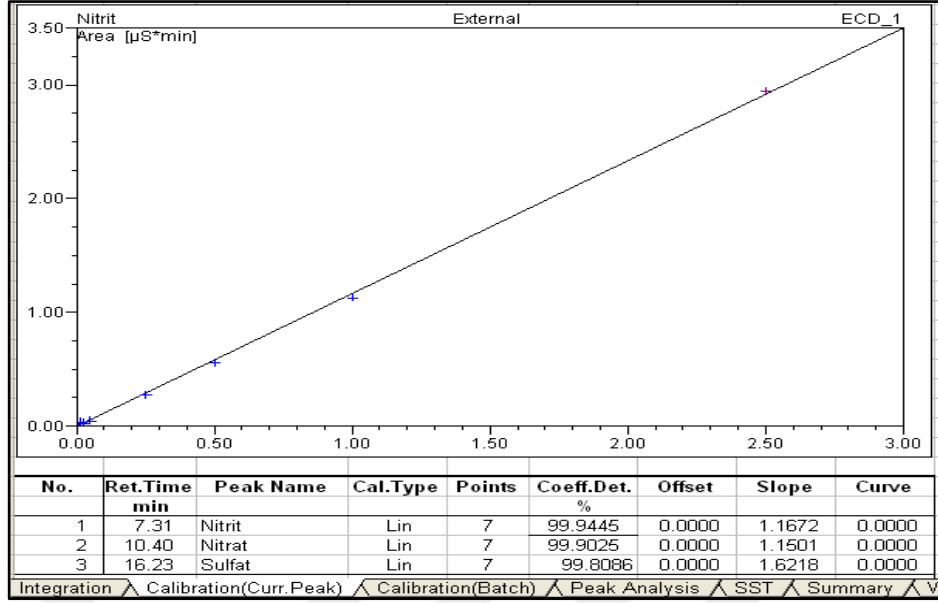


Şekil 5.15. İnorganik kirletici analizlerinde kullanılan iyon kromatografi cihazı ve oto örnekleyicisi

Örneklerin ekstraksiyon ve analizlerinden önce cihazın kalibrasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Farklı derişimlerde kalibrasyon çözeltilerini hazırlamadan önce derişik stok çözeltili hazırlanmıştır. 500 mL stok standart çözeltilisi için, 1,875 gr NaNO_2 , 3,425 gr NaNO_3 ve 7,395 gr NaSO_4 kimyasalları hassas terazide tartılarak 500 mL'lik bir balon jojeye aktarılmış ve üzeri ultra saf su (Milli Q) ile tamamlanmıştır. Hazırlanan stok standart çözeltilisinden farklı hacimlerde alınarak 7 farklı konsantrasyona sahip yeni kalibrasyon çözeltileri hazırlanmıştır. Kalibrasyon çözeltilerinin hazırlanması aşağıda belirtildiği sırada yapılmıştır.

1. Hazırlanan stok standart çözeltilisinden 5 mL alınıp üzeri 50 mL ultra saf su ile tamamlanarak ara standart çözeltilisi hazırlanmıştır.
2. Ara standart çözeltilisinden 1 mL alınarak üzeri 100 mL'ye tamamlanmış ve 1. kalibrasyon çözeltilisi hazırlanmıştır.
3. Hazırlanan 1. kalibrasyon çözeltilisinden 20 mL alınarak 50 mL'ye tamamlanmış ve 2. kalibrasyon çözeltilisi hazırlanmıştır.
4. 1. kalibrasyon çözeltilisinden 10 mL alınmış ve 50 mL'ye tamamlanarak 3. kalibrasyon çözeltilisi hazır hale gelmiştir.
5. 1. kalibrasyon çözeltilisinden 5 mL alınıp 50 mL'ye tamamlanmış ve 4. kalibrasyon çözeltilisi hazırlanmıştır.
6. 3. kalibrasyon çözeltilisinden 5 mL alınıp 50 mL'ye tamamlanarak 5. kalibrasyon çözeltilisi hazırlanmıştır.
7. 6. kalibrasyon çözeltilisi için 3. kalibrasyon çözeltilisinden 2,5 mL alınarak 50 mL'ye tamamlanmıştır.
8. 7. kalibrasyon çözeltilisi için 3. kalibrasyon çözeltilisinden 1,25 mL alınarak 50 mL'ye tamamlanmıştır.

Yedi farklı konsantrasyona sahip kalibrasyon çözeltilisinin IC cihazında analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen örnek bir kalibrasyon eğrisi Şekil 5.16'da gösterilmiştir. Kalibrasyon katsayılarının 1'e yakınlığı ile cihazın analiz doğruluğu test edilmiş ve her bir bileşeni temsil eden piklerin geliş süreleri tespit edilmiştir.



Şekil 5.16. Nitrit iyonu için hazırlanan örnek bir kalibrasyon eğrisi

5.6.2. UOB'lerin ekstraksiyon ve analizi

Tez çalışması kapsamında UOB'lerin analizleri Bölüm 3.3.2'de bahsedilen TD (Markes 9068 N Unity)-GC (Agilent, 6890)-FID cihazında yapılmıştır (Şekil 5.17). UOB'lerin adsorplandığı Tenax®TA sorbenti, TD ünitesi içerisine yerleştirilerek tutulan UOB'lerin termal olarak desorpsiyonu gerçekleştirilmiştir.



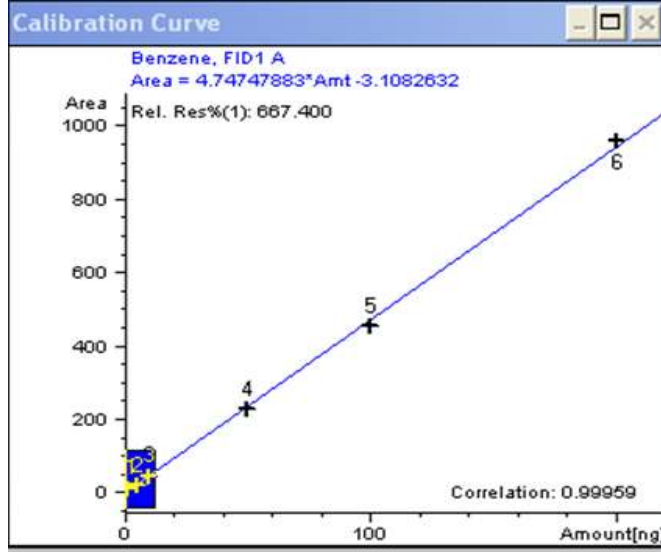
Şekil 5.17. UOB'lerin analizinde kullanılan TD-GC-FID cihazı

Termal desorpsiyon işleminde, sorbent üzerindeki bileşikler 315 °C'ye kadar ısıtılıp buharlaşması sağlandıktan sonra -10 °C'ye kadar soğuk tuzak adı verilen kısımda soğutulur. Ardından soğuk tuzağın sıcaklığı 315 °C'ye kadar tekrar artarak bileşiklerin GC kolonlarına gönderilme işlemi gerçekleştirilir. TD'daki bu işlem toplamda 15 dakika sürmekte olup detaylı bilgi Bölüm 3.3.2'de yer almaktadır. Kullanılan GC-FID cihazı, "Dean's switch" olarak bilinen 2 kolon ve 2 dedektörden oluşan bir sistemden oluşmaktadır. Bu sistem hafif ve ağır olan UOB'lerin aynı cihazda belirlenebilmesine olanak sağlamaktadır. DB-1 kapiler kolon (50 m, 0,25 mm, 0,25 µm) (Agilent Tech., Paolo Alto, USA) $\geq$ C7 bileşiklerinin, Alumina Plot (HP-AL/S) kapiler kolon (50 m, 0,32 mm, 8 µm) (Agilent Tech., Paolo Alto, USA) ise C4-C7 bileşiklerinin analizinde kullanılmıştır. DB-1 (apolar) kolonda tutulmayan bileşikler ilk 6,5 dakika süresince Alumina Plot kolona (polar) yönlendirilerek bileşiklerin ayrılma işlemi gerçekleştirilir. GC-TD-FID sisteminde UOB'lerin analiz edildiği kolon, geliş zamanları ise Tablo 5.2'de verilmiştir. Bileşiklerin kolon içerisinde taşınması için % 99 saflıktaki helyum gazı kullanılmıştır.

Sahadan getirilen tüpler analiz süresine kadar -18 °C'de dondurucuda bekletilmiştir. Örnek analizlerine başlamadan önce cihaz kalibrasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir. Tez çalışması kapsamında 43 adet UOB örneklenmiştir. Örneklenen 43 UOB'i içeren *High Purity Standards* marka sertifikalı 200 ppm konsantrasyonundaki kalibrasyon standardı kullanılarak çeşitli konsantrasyonlarda örnekler hazırlanmış, analiz edilmiş ve kalibrasyon eğrisi hazırlanmıştır. Kalibrasyon eğrisi 1, 5, 10, 50, 100 ve 200 ng konsantrasyonlardaki standart çözeltilerin analiz edilmesi sonucunda elde edilmiştir. Benzen bileşiğine ait örnek bir kalibrasyon eğrisi ve R^2 değeri Şekil 5.18'de verilmiştir.

Tablo 5.2. GC-TD-FID sisteminde UOB'lerin analiz edildiği kolon, geliş zamanları

BİLEŞİKLER	Geliş Zamanı(dak.)	BİLEŞİKLER	Geliş Zamanı(dak.)
DB-1 KOLON		HP-PLOT KOLON	
<i>n-Heptan</i>	6,745	<i>İzopentan</i>	16,481
<i>Metilsikloheksan</i>	7,215	<i>1-Penten</i>	16,840
<i>2,3,4-Trimetilpentan</i>	7,861	<i>n-Penten</i>	17,551
<i>Toluen</i>	7,975	<i>İzopren</i>	20,198
<i>2-Metilheptan</i>	8,243	<i>Trans-2-Penten</i>	21,091
<i>3-Metilheptan</i>	8,431	<i>Cis-2-Penten</i>	21,592
<i>n-Oktan</i>	9,087	<i>2,2-Dimetilbütan</i>	22,371
<i>Etilbenzen</i>	10,386	<i>Sikloheksan</i>	22,727
<i>m+p Ksilen</i>	10,658	<i>Siklopentan</i>	23,007
<i>Stiren</i>	11,097	<i>2-Metilpentan</i>	23,128
<i>o-Ksilen</i>	11,242	<i>3-Metilpentan</i>	23,302
<i>n-Nonan</i>	11,760	<i>n-Hekzan</i>	24,027
<i>İzopropilbenzen</i>	12,120	<i>2,3-Dimetilbütan</i>	24,733
<i>n-Propilbenzen</i>	12,909	<i>Metilsiklopentan</i>	26,880
<i>o-Etiltoluen</i>	13,127	<i>2,4-Dimetilpentan</i>	27,920
<i>p-Etiltoluen</i>	13,187	<i>2-Metilheksan</i>	28,605
<i>1,3,5-Trimetilbenzen</i>	13,338	<i>2,3-Dimetilpentan</i>	28,834
<i>1,2,3-Trimetilbenzen</i>	13,603	<i>3-Metilheksan</i>	29,159
<i>1,2,4-Trimetilbenzen</i>	14,022	<i>Benzen</i>	31,919
<i>n-Dekan</i>	14,521		
<i>m-Dietilbenzen</i>	15,649		
<i>p-Dietilbenzen</i>	15,864		
<i>n-Undekan</i>	17,648		
<i>n-Dodekan</i>	20,741		



Şekil 5.18. Benzen bileşiğine ait örnek bir kalibrasyon eğrisi

Kalibrasyon çalışmalarından sonra örneklerin analizlerine başlanmıştır. Yaklaşık olarak bir örneğin GC cihazındaki analiz süresi 1 saat olduğundan dolayı bir günde analiz edilebilecek tüp sayısı sınırlı olmaktadır. Her yeni analiz gününde cihaz kalibrasyonunu test etmek amacıyla 50 ng'lık standart çözeltinin analizi gerçekleştirilmiştir. Örneklenen bileşiklerin uçucu özellikleri dikkate alınarak hiçbir UOB tüpü -18 °C'de bir aydan fazla bekletilmeden analizi gerçekleştirilmiştir. Bölüm 5.6.1'de yer alan 5.1'deki eşitlik uygulanarak UOB'ler için de farklı sıcaklıklara ait difüzyon katsayıları hesaplanmıştır. Bu difüzyon katsayıları her iş yerine özel olup iç ve dış ortam için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Saha çalışmasında aktif olarak kullanılan saha çizelgesindeki sıcaklık ve örnekleme süreleri gibi not edilen bilgilerden faydalanılarak UOB'lerin konsantrasyonları hesaplanmıştır.

5.7. Kalite Kontrolü ve Güvenilirlik Çalışmaları

5.7.1. Kör örnekleri

Tez çalışması kapsamında tüm örnekleme periyotlarında her bir iş yeri için NO₂-SO₂ ve O₃ saha kör örnekleyicileri hazırlanmıştır. Kör örnekleyiciler her iş yeri için aynı aşamalara tabii tutulmuştur. Sahaya götürülen kör örnekleyiciler, diğer örnekleyicilerin

örnekleme noktalarına yerleştirilmesi süresince ağızları kapalı bir şekilde tutulmuş ve sonrasında laboratuvara getirilerek +4 °C’de analize kadar bekletilmiştir. Kör örnekleyciler, sahaya giderken ve dönerken örnekleycilerin herhangi bir kontaminasyona uğrayıp uğramadığını test etmek amacıyla kullanılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen kör örnek konsantrasyonları tüm örnek konsantrasyonlarından çıkarılmış ve böylece örnekleycilerin sadece iş yerlerinde mevcut olan konsantrasyonları hesaplanmıştır.

Tez çalışması süresince gerçekleştirilen örnekleme periyotlarında UOB’ler için ise her bir iş yerindeki örnekleme çalışmasında 2 adet Tenax tüpü kör olarak kullanılmıştır. Ayrıca UOB’lerin hassasiyetini göz önünde bulundurarak, laboratuvarda örneklerin hazırlanması aşamasında herhangi bir kontaminasyon gerçekleşip gerçekleşmediğini görmek amacıyla ayrıca laboratuvar körler örnekleycileri de hazırlanmış ve analizleri yapılmıştır. Laboratuvar kör örneklerinin analiz sonuçlarına göre, tüplerin laboratuvar koşullarından kaynaklı herhangi bir kontaminasyona uğramadığı tespit edilmiştir. Elde edilen laboratuvar körler değerleri < 3.70 ng bulunmuştur (Tablo 5.3).

Elde edilen kör değerleri her bir iş yeri için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Kış ve yaz döneminde iş yerleri için hesaplanmış olan örnek/kör örnek değerleri her bir iş yeri için Tablo 5.4-5.10’da verilmiştir. Tablolarda yer alan kör değerleri her iş yerinde kullanılan saha körü örneklerinden elde edilmiştir. Ayrıca, aşağıda yer alan tablolarda UOB körlerine ait değerler ng olarak verilirken, inorganik kör örnek değerleri µg olarak verilmiştir.

Tablo 5.3. UOB'lere ait laboratuvar kör örnek değerleri (ng)

LABORATUVAR KÖR ÖRNEKLERİ														
UOB (ng)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
İzopentan	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,97	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1-Penten	nd	nd	nd	nd	nd	nd	2,13	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
n-Penten	nd	1,26	nd	1,28	nd	1,33	1,48	1,24	nd	nd	nd	nd	nd	nd
İzopren	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Trans-2-Penten	nd	nd	3,53	3,60	3,58	nd	3,69	3,52	nd	3,55	3,53	3,57	3,57	3,54
Cis-2-Penten	nd	nd	nd	2,80	2,70	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2,2-Dimetilbütan	nd	1,68	nd	nd	nd	nd	1,87	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Sikloheksan	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Siklopentan	nd	0,62	nd	nd	nd	nd	3,25	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2-Metilpentan	nd	3,18	nd	nd	nd	nd	1,86	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
3-Metilpentan	nd	1,33	nd	nd	nd	nd	1,71	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
n-Hekzan	0,24	1,76	nd	nd	nd	2,55	2,45	nd	nd	nd	0,04	0,56	nd	0,23
2,3-Dimetilbütan	nd	3,07	2,95	2,96	2,95	nd	3,06	3,08	2,95	2,99	nd	nd	2,96	nd
Metilsiklopentan	2,13	1,67	1,69	1,80	1,71	1,73	2,01	1,78	1,66	nd	1,67	1,66	1,67	nd
2,4-Dimetilpentan	2,55	2,18	2,16	2,20	2,22	2,12	2,14	2,18	2,05	2,24	2,10	2,10	2,15	2,11
2-Metilheksan	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2,3-Dimetilpentan	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
3-Metilheksan	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Benzen	1,37	1,54	1,28	1,39	1,33	1,22	1,69	1,20	1,17	1,28	1,23	1,40	1,38	1,26
n-Heptan	nd	1,75	nd	1,49	1,58	nd	1,66	nd	1,51	1,58	1,63	1,89	1,57	1,59
Metilsikloheksan	2,39	2,15	1,69	1,90	2,35	1,81	1,74	1,82	1,86	1,79	1,94	2,84	1,87	1,74

nd: belirlenememiştir

Tablo 5.2. (Devam) UOB'lere ait laboratuvar kör örnek değerleri (ng)

LABORATUVAR KÖR ÖRNEKLERİ														
UOB (ng)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2,3,4-Trimetilpentan	nd	2,32	nd	nd	nd	nd	nd	2,27	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Toluen	1,33	1,37	1,21	1,20	1,35	1,24	1,55	1,26	1,25	1,27	1,32	1,90	1,30	1,24
2-Metilheptan	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
3-Metilheptan	nd	1,84	1,79	1,84	1,82	1,79	2,00	1,79	1,80	1,77	1,81	2,01	1,81	1,79
n-Oktan	nd	1,32	1,21	1,32	1,28	nd	1,69	1,27	1,24	1,25	1,24	1,34	1,28	1,22
Etilbenzen	1,15	1,18	0,95	1,04	1,09	0,97	0,98	0,94	0,96	0,96	nd	1,17	0,96	nd
m+p Ksilen	1,27	1,30	0,84	0,93	1,22	0,91	0,87	0,83	0,83	0,83	nd	1,99	0,83	nd
Stiren	2,41	3,65	1,07	2,50	4,22	2,12	1,18	0,84	0,90	0,82	1,11	2,65	0,99	nd
o-Ksilen	1,02	1,29	0,61	0,82	nd	0,49	0,53	0,56	0,59	0,51	0,57	0,81	0,57	nd
n-Nonan	1,14	0,78	0,64	0,73	1,15	0,88	0,95	0,80	0,64	1,16	1,31	1,73	1,04	0,83
İzopropilbenzen	0,69	0,67	0,64	0,71	0,62	0,64	nd	0,67	0,64	0,66	0,66	0,68	0,70	nd
n-Propilbenzen	1,65	1,03	0,81	1,16	0,84	1,01	1,01	1,17	1,11	0,84	0,85	1,07	0,90	0,85
o-Etiltoluen	1,84	0,95	0,52	1,17	1,03	0,99	1,02	1,13	1,14	0,98	0,92	1,02	0,98	0,93
p-Etiltoluen	0,70	0,46	0,89	0,60	0,49	0,44	0,48	0,59	0,48	0,41	0,42	0,50	0,41	0,41
1,3,5-Trimetilbenzen	5,01	3,18	0,84	3,13	3,66	0,49	1,15	0,54	0,53	0,51	1,41	6,63	1,46	0,49
1,2,3-Trimetilbenzen	0,70	0,30	0,96	1,19	0,24	0,18	0,73	0,73	0,98	1,26	1,30	0,35	1,12	0,65
1,2,4-Trimetilbenzen	2,42	1,32	0,87	1,21	1,25	0,79	0,64	0,86	1,06	1,27	1,25	2,08	0,97	0,90
n-Dekan	0,82	nd	nd	nd	nd	nd	0,27	nd	nd	nd	nd	0,14	nd	nd
m-Dietilbenzen	0,94	0,14	0,06	0,18	0,13	0,05	0,11	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
p-Dietilbenzen	1,26	0,68	0,81	0,86	0,82	0,76	0,81	0,76	0,78	0,76	0,91	0,93	0,72	0,63
n-Undekan	2,78	nd	nd	0,94	0,68	0,90	nd	0,45	nd	0,67	nd	nd	nd	nd
n-Dodekan	0,94	1,05	0,51	0,93	1,29	0,77	0,47	nd	0,52	0,44	0,43	0,88	0,43	0,40

nd: belirlenememiştir

Tablo 5.4. *Fırın örnek/kör örnek değerleri*

İnorganik Bileşikler (µg)	KIŞ MEVSİMİ		YAZ MEVSİMİ	
	Kör Ortalama	Örnek/Kör Örnek	Kör Ortalama	Örnek/Kör Örnek
SO ₂	0,02	18,25	0,03	19,77
NO ₂	nd	-	nd	-
O ₃	0,062	14,23	0,02	23,74
UOB'ler (ng)				
İzopentan	0,56	7,87	2,00	5,74
1-Penten	nd	-	1,70	20,32
n-Penten	0,31	45,51	1,74	3,63
İzopren	nd	-	nd	-
Trans-2-Penten	3,54	1,13	3,52	1,13
Cis-2-Penten	nd	-	nd	-
2,2-Dimetilbütan	nd	-	nd	-
Sikloheksan	nd	-	nd	-
Siklopentan	nd	-	nd	-
2-Metilpentan	nd	-	0,32	5,86
3-Metilpentan	0,33	6,49	0,35	4,71
n-Hekzan	nd	-	0,14	9,14
2,3-Dimetilbütan	2,23	3,71	2,96	2,27
Metilsiklopentan	0,42	5,47	0,85	2,38
2,4-Dimetilpentan	1,66	1,41	2,09	1,15
2-Metilheksan	0,49	4,01	nd	-
2,3-Dimetilpentan	nd	-	nd	-
3-Metilheksan	nd	-	nd	-
Benzen	1,28	4,20	1,24	1,91
n-Heptan	1,53	2,43	1,53	2,02
Metilsikloheksan	1,95	7,30	1,85	5,04
2,3,4-Trimetilpentan	nd	-	nd	-
Toluen	1,28	5,58	1,30	2,87
2-Metilheptan	nd	-	nd	-
3-Metilheptan	1,35	10,51	1,41	6,75
n-Oktan	0,92	3,84	0,95	2,16
Etilbenzen	0,96	1,80	1,01	1,32
m+p Ksilen	0,84	2,33	1,02	1,58
Stiren	0,29	4,81	nd	-
o-Ksilen	0,55	2,65	0,55	2,11
n-Nonan	1,07	0,91	0,91	1,52
İzopropilbenzen	0,66	0,94	0,64	0,94
n-Propilbenzen	0,87	1,13	0,81	1,14
o-Etiltoluen	0,95	1,21	1,06	1,01
p-Etiltoluen	0,42	1,63	0,49	1,19
1,3,5-Trimetilbenzen	0,87	1,86	1,44	2,19
1,2,3-Trimetilbenzen	0,90	0,63	0,94	0,63
1,2,4-Trimetilbenzen	1,08	0,95	1,03	1,31
n-Dekan	nd	-	nd	-
m-Dietilbenzen	0,06	0,26	0,25	0,47
p-Dietilbenzen	0,73	11,09	0,59	26,35
n-Undekan	0,08	2,24	0,03	0,11
n-Dodekan	0,54	0,95	0,77	1,83

nd: Belirlenememiştir

Tablo 5.5. Fotokopi merkezi örnek/kör örnek değerleri

İnorganik Bileşikler (µg)	KIŞ MEVSİMİ		YAZ MEVSİMİ	
	Kör Ortalama	Örnek/Kör Örnek	Kör Ortalama	Örnek/Kör Örnek
SO ₂	0,01	21,78	0,05	25,41
NO ₂	nd	-	nd	-
O ₃	0,08	34,2	0,02	30,61
UOB'ler (ng)				
İzopentan	1,61	2,25	1,79	2,09
1-Penten	1,65	31,84	1,92	20,52
n-Penten	0,94	11,97	0,82	7,39
İzopren	nd	-	nd	-
Trans-2-Penten	3,53	1,08	2,66	1,39
Cis-2-Penten	nd	-	nd	-
2,2-Dimetilbütan	0,42	12,94	nd	-
Sikloheksan	nd	-	nd	-
Siklopentan	nd	-	nd	-
2-Metilpentan	0,17	44,50	0,40	16,18
3-Metilpentan	nd	-	0,33	17,54
n-Hekzan	0,12	38,04	nd	-
2,3-Dimetilbütan	0,74	7,52	2,99	1,37
Metilsiklopentan	0,43	4,44	1,73	1,08
2,4-Dimetilpentan	1,64	1,54	2,13	1,19
2-Metilheksan	0,93	2,21	nd	-
2,3-Dimetilpentan	0,23	6,01	nd	-
3-Metilheksan	0,11	11,11	nd	-
Benzen	1,32	4,05	1,18	2,08
n-Heptan	1,55	2,84	1,54	1,88
Metilsikloheksan	1,78	1,99	1,78	1,45
2,3,4-Trimetilpentan	nd	-	nd	-
Toluen	1,45	12,26	1,26	6,83
2-Metilheptan	0,42	4,73	nd	-
3-Metilheptan	1,37	2,32	1,35	3,16
n-Oktan	1,24	1,89	1,35	1,53
Etilbenzen	0,96	2,51	0,96	1,73
m+p Ksilen	0,83	4,55	0,82	2,67
Stiren	0,67	5,78	1,06	2,07
o-Ksilen	0,57	5,67	0,44	3,94
n-Nonan	0,81	6,02	0,98	1,46
İzopropilbenzen	0,49	1,33	0,65	0,94
n-Propilbenzen	0,86	2,62	0,85	1,02
o-Etiltoluen	0,96	1,26	0,37	2,88
p-Etiltoluen	0,33	2,14	0,33	1,62
1,3,5-Trimetilbenzen	0,40	4,16	0,95	1,82
1,2,3-Trimetilbenzen	0,75	2,90	0,88	0,70
1,2,4-Trimetilbenzen	0,91	2,16	1,06	1,49
n-Dekan	nd	-	nd	-
m-Dietilbenzen	0,02	1,18	0,01	0,41
p-Dietilbenzen	0,72	17,77	0,74	-
n-Undekan	0,05	2,11	nd	0,09
n-Dodekan	0,45	-	0,50	-

nd: Belirlenememiştir

Tablo 5.6. Restoran örnek/kör örnek değerleri

İnorganik Bileşikler (µg)	KIŞ MEVSİMİ		YAZ MEVSİMİ	
	Kör Ortalama	Örnek/Kör Örnek	Kör Ortalama	Örnek/Kör Örnek
SO ₂	0,05	36,65	0,03	28,76
NO ₂	nd	-	nd	-
O ₃	0,088	20,91	0,03	28,76
UOB'ler (ng)				
İzopentan	1,33	3,43	2,50	4,43
l-Penten	1,15	32,83	3,71	9,69
n-Penten	0,33	26,39	1,76	5,58
İzopren	nd	-	nd	-
Trans-2-Penten	2,64	2,26	3,80	2,99
Cis-2-Penten	nd	-	nd	-
2,2-Dimetilbütan	0,42	8,85	nd	-
Sikloheksan	nd	-	nd	-
Siklopentan	nd	-	nd	-
2-Metilpentan	0,19	25,96	0,50	4,98
3-Metilpentan	nd	-	0,69	2,56
n-Hekzan	nd	-	0,49	16,35
2,3-Dimetilbütan	1,57	6,24	3,04	1,64
Metilsiklopentan	1,96	2,13	1,86	5,88
2,4-Dimetilpentan	1,33	2,00	2,25	1,03
2-Metilheksan	nd	-	nd	-
2,3-Dimetilpentan	0,32	2,97	nd	-
3-Metilheksan	nd	-	nd	-
Benzen	1,28	7,70	1,31	14,33
n-Heptan	1,53	2,22	2,55	2,46
Metilsikloheksan	1,79	1,25	2,42	1,40
2,3,4-Trimetilpentan	nd	-	nd	-
Toluen	1,28	7,29	1,45	6,31
2-Metilheptan	nd	-	nd	-
3-Metilheptan	0,90	3,49	1,83	1,74
n-Oktan	1,24	1,65	1,38	3,40
Etilbenzen	0,95	2,22	1,29	2,28
m+p Ksilen	0,80	3,23	1,26	1,78
Stiren	0,22	7,91	1,47	2,47
o-Ksilen	0,14	15,77	0,98	2,93
n-Nonan	0,96	0,98	0,97	2,03
İzopropilbenzen	0,51	1,37	0,86	1,15
n-Propilbenzen	0,87	1,13	0,91	1,40
o-Etiltoluen	0,95	1,17	0,96	1,47
p-Etiltoluen	0,42	1,47	0,64	1,62
1,3,5-Trimetilbenzen	0,78	1,54	0,57	8,59
1,2,3-Trimetilbenzen	1,01	0,89	0,76	2,00
1,2,4-Trimetilbenzen	1,03	1,73	1,06	1,67
n-Dekan	nd	-	nd	-
m-Dietilbenzen	0,01	9,25	0,07	6,78
p-Dietilbenzen	0,71	1,09	0,86	1,47
n-Undekan	0,19	7,23	0,12	7,88
n-Dodekan	0,43	1,12	0,63	2,34

nd: Belirlenememiştir

Tablo 5.7. Kuaför örnek/kör örnek değerleri

İnorganik Bileşikler (µg)	KIŞ MEVSİMİ		YAZ MEVSİMİ	
	Kör Ortalama	Örnek/Kör Örnek	Kör Ortalama	Örnek/Kör Örnek
SO ₂	0,04	22,59	0,03	19,79
NO ₂	0,05	23,69	nd	-
O ₃	0,06	15,32	0,03	24,65
UOB'ler (ng)				
İzopentan	1,09	4,22	1,08	2,67
1-Penten	1,11	137,55	2,49	20,66
n-Penten	nd	-	0,71	8,93
İzopren	nd	-	nd	-
Trans-2-Penten	3,58	1,20	2,68	1,41
Cis-2-Penten	nd	-	nd	-
2,2-Dimetilbütan	0,46	10,28	nd	-
Sikloheksan	nd	-	nd	-
Siklopentan	nd	-	nd	-
2-Metilpentan	nd	-	nd	-
3-Metilpentan	nd	-	0,35	5,24
n-Hekzan	nd	-	0,07	10,49
2,3-Dimetilbütan	nd	-	1,53	3,86
Metilsiklopentan	1,31	1,79	1,45	1,30
2,4-Dimetilpentan	2,10	1,22	1,56	1,42
2-Metilheksan	nd	-	nd	-
2,3-Dimetilpentan	,00	-	nd	-
3-Metilheksan	nd	-	nd	-
Benzen	1,26	4,76	1,20	2,20
n-Heptan	1,60	2,37	1,53	1,95
Metilsikloheksan	1,93	2,36	1,82	1,27
2,3,4-Trimetilpentan	nd	-	nd	-
Toluen	1,42	11,54	1,29	3,86
2-Metilheptan	nd	-	nd	-
3-Metilheptan	0,94	4,11	1,82	1,43
n-Oktan	1,27	45,01	1,01	32,29
Etilbenzen	0,97	2,97	0,96	1,58
m+p Ksilen	0,90	4,97	0,88	2,16
Stiren	1,09	1,79	1,76	0,76
o-Ksilen	0,58	5,58	0,62	2,19
n-Nonan	0,88	1,06	1,15	1,46
İzopropilbenzen	0,65	1,06	0,63	0,99
n-Propilbenzen	0,76	1,70	0,89	0,96
o-Etiltoluen	0,96	1,47	0,47	2,29
p-Etiltoluen	0,43	1,72	0,57	0,90
1,3,5-Trimetilbenzen	0,86	1,63	1,85	1,27
1,2,3-Trimetilbenzen	1,08	1,11	1,20	0,42
1,2,4-Trimetilbenzen	0,83	4,31	1,18	1,30
n-Dekan	nd	-	0,06	2,61
m-Dietilbenzen	nd	-	0,02	5,23
p-Dietilbenzen	0,72	1,08	0,73	1,07
n-Undekan	nd	-	0,15	1,09
n-Dodekan	0,48	1,82	0,64	1,58

nd: Belirlenememiştir

Tablo 5.8. Kuru temizleme örnek/kör örnek değerleri

İnorganik Bileşikler (µg)	KIŞ MEVSİMİ		YAZ MEVSİMİ	
	Kör Ortalama	Örnek/Kör Örnek	Kör Ortalama	Örnek/Kör Örnek
SO ₂	0,03	22,74	0,02	31,92
NO ₂	0,05	14,21	nd	-
O ₃	0,06	19,14	0,03	22,43
UOB'ler (ng)				
İzopentan	2,28	1,94	2,09	8,27
1-Penten	2,49	13,51	1,85	32,58
n-Penten	0,98	6,32	1,00	5,91
İzopren	nd	-	nd	-
Trans-2-Penten	2,65	1,44	2,69	1,44
Cis-2-Penten	nd	-	nd	-
2,2-Dimetilbütan	0,41	8,41	nd	-
Sikloheksan	nd	-	nd	-
Siklopentan	nd	-	nd	-
2-Metilpentan	0,39	11,66	0,60	6,88
3-Metilpentan	nd	-	0,16	11,52
n-Hekzan	0,51	4,15	0,24	9,25
2,3-Dimetilbütan	nd	-	2,30	2,14
Metilsiklopentan	1,39	1,41	1,35	1,56
2,4-Dimetilpentan	nd	-	2,13	0,92
2-Metilheksan	nd	-	nd	-
2,3-Dimetilpentan	nd	-	nd	-
3-Metilheksan	nd	-	0,23	2,73
Benzen	1,22	3,32	1,24	1,89
n-Heptan	1,65	1,52	0,86	3,22
Metilsikloheksan	2,01	1,06	2,11	1,18
2,3,4-Trimetilpentan	nd	-	nd	-
Toluen	1,38	105,44	1,35	127,60
2-Metilheptan	0,41	1,15	nd	-
3-Metilheptan	0,47	4,80	1,87	2,00
n-Oktan	1,29	62,32	1,38	90,88
Etilbenzen	0,75	5,67	0,99	4,22
m+p Ksilen	0,85	5,12	1,00	3,31
Stiren	0,30	4,43	1,00	1,85
o-Ksilen	0,55	2,95	0,72	1,62
n-Nonan	1,24	0,81	0,97	1,60
İzopropilbenzen	0,65	1,03	0,63	0,98
n-Propilbenzen	0,79	1,14	0,82	1,04
o-Etiltoluen	0,82	1,41	0,77	1,44
p-Etiltoluen	0,54	1,17	0,35	1,67
1,3,5-Trimetilbenzen	0,71	1,99	1,98	1,63
1,2,3-Trimetilbenzen	1,33	0,76	0,48	1,53
1,2,4-Trimetilbenzen	0,92	1,91	0,89	1,47
n-Dekan	0,07	1,00	nd	-
m-Dietilbenzen	0,07	1,40	0,48	0,58
p-Dietilbenzen	0,76	1,03	0,39	1,91
n-Undekan	0,11	1,06	nd	-
n-Dodekan	0,56	1,16	0,72	1,56

nd: Belirlenememiştir

Tablo 5.9. Market örnek/kör örnek değerleri

İnorganik Bileşikler (µg)	KIŞ MEVSİMİ		YAZ MEVSİMİ	
	Kör Ortalama	Örnek/Kör Örnek	Kör Ortalama	Örnek/Kör Örnek
SO ₂	0,02	33,96	0,06	18,13
NO ₂	nd	-	nd	-
O ₃	0,05	19,3	0,03	18,4
UOB'ler (ng)				
İzopentan	0,67	6,84	2,70	8,97
1-Penten	0,66	40,65	1,82	36,91
n-Penten	0,33	15,78	1,37	4,06
İzopren	nd	-	nd	-
Trans-2-Penten	2,66	1,41	3,55	1,06
Cis-2-Penten	nd	-	nd	-
2,2-Dimetilbütan	nd	-	nd	-
Sikloheksan	nd	-	nd	-
Siklopentan	nd	-	nd	-
2-Metilpentan	nd	-	nd	-
3-Metilpentan	nd	-	0,67	2,68
n-Hekzan	0,01	133,30	0,13	21,43
2,3-Dimetilbütan	nd	-	2,25	2,13
Metilsiklopentan	0,85	2,76	0,85	2,24
2,4-Dimetilpentan	nd	-	1,06	1,94
2-Metilheksan	nd	-	nd	-
2,3-Dimetilpentan	nd	-	nd	-
3-Metilheksan	nd	-	nd	-
Benzen	1,14	3,01	1,32	1,75
n-Heptan	1,19	2,27	1,66	1,70
Metilsikloheksan	2,81	1,22	2,76	1,09
2,3,4-Trimetilpentan	nd	-	nd	-
Toluen	1,71	3,20	1,20	6,93
2-Metilheptan	nd	-	nd	-
3-Metilheptan	1,50	1,55	0,89	4,13
n-Oktan	0,84	2,41	0,98	2,70
Etilbenzen	1,03	1,54	1,19	1,45
m+p Ksilen	1,14	2,02	0,81	3,01
Stiren	0,90	3,50	0,61	3,27
o-Ksilen	nd	-	0,30	6,33
n-Nonan	1,24	0,66	1,13	1,49
İzopropilbenzen	0,62	0,99	1,13	0,90
n-Propilbenzen	0,75	1,10	0,83	1,18
o-Etiltoluen	1,00	1,02	1,21	1,05
p-Etiltoluen	0,45	1,13	0,58	1,24
1,3,5-Trimetilbenzen	0,70	8,70	0,48	9,53
1,2,3-Trimetilbenzen	0,31	1,50	0,49	2,05
1,2,4-Trimetilbenzen	1,15	1,38	1,03	2,12
n-Dekan	0,01	18,27	0,03	62,92
m-Dietilbenzen	nd	-	0,02	10,02
p-Dietilbenzen	0,78	1,02	0,68	1,19
n-Undekan	nd	-	0,49	1,75
n-Dodekan	0,94	1,04	0,45	7,52

nd: Belirlenememiştir

Tablo 5.10. Otel örnek/kör örnek değerleri

İnorganik Bileşikler (µg)	KIŞ MEVSİMİ		YAZ MEVSİMİ	
	Kör Ortalama	Örnek/Kör Örnek	Kör Ortalama	Örnek/Kör Örnek
SO ₂	0,02	29,13	0,03	33,25
NO ₂	0,06	19,20	nd	-
O ₃	0,05	27,61	0,025	25,33
UOB'ler (ng)				
İzopentan	1,71	1,88	4,02	4,42
1-Penten	1,56	12,42	3,71	11,06
n-Penten	0,95	5,73	1,53	3,44
İzopren	nd	-	nd	-
Trans-2-Penten	3,54	1,04	2,68	1,40
Cis-2-Penten	nd	-	nd	-
2,2-Dimetilbütan	nd	-	nd	-
Sikloheksan	nd	-	nd	-
Siklopentan	nd	-	nd	-
2-Metilpentan	nd	-	0,18	17,40
3-Metilpentan	nd	-	0,67	2,89
n-Hekzan	0,18	4,90	0,18	81,56
2,3-Dimetilbütan	nd	-	2,25	2,06
Metilsiklopentan	0,43	4,04	0,87	2,14
2,4-Dimetilpentan	nd	-	2,19	1,04
2-Metilheksan	nd	-	nd	-
2,3-Dimetilpentan	nd	-	nd	-
3-Metilheksan	nd	-	nd	-
Benzen	1,27	2,96	1,30	1,56
n-Heptan	1,59	1,48	1,97	1,24
Metilsikloheksan	1,81	1,14	1,87	1,39
2,3,4-Trimetilpentan	nd	-	nd	-
Toluen	1,32	8,16	1,30	3,95
2-Metilheptan	nd	-	nd	-
3-Metilheptan	1,80	1,52	1,89	1,81
n-Oktan	1,43	1,64	1,31	1,93
Etilbenzen	0,71	5,31	0,96	1,83
m+p Ksilen	0,65	8,48	0,89	2,67
Stiren	nd	-	0,90	2,29
o-Ksilen	0,14	24,30	0,65	2,40
n-Nonan	0,99	0,98	0,91	1,43
İzopropilbenzen	0,65	0,97	0,65	0,98
n-Propilbenzen	0,80	1,09	0,90	1,10
o-Etiltoluen	0,57	1,95	0,99	1,26
p-Etiltoluen	0,76	0,68	0,35	2,22
1,3,5-Trimetilbenzen	0,77	1,41	1,26	1,90
1,2,3-Trimetilbenzen	0,80	0,85	0,95	0,67
1,2,4-Trimetilbenzen	1,01	1,97	0,96	2,31
n-Dekan	nd	-	0,01	89,76
m-Dietilbenzen	0,02	11,17	0,03	8,60
p-Dietilbenzen	0,68	1,15	0,76	1,06
n-Undekan	0,16	2,81	nd	-
n-Dodekan	0,42	1,93	0,58	1,80

nd: Belirlenememiştir

5.7.2. Metot dedeksiyon limiti

İnorganik bileşikler için elde edilen kör değerlerinin standart sapmasının 3 katı hesaplanarak pasif örnekleyiciler için dedeksiyon limit değerleri (DL) belirlenmiştir. Bu değerler, SO₂ için 0,69 µg, NO₂ için 0,07 µg, O₃ için ise 0,58 µg olarak bulunmuştur. UOB'ler için hesaplanan dedeksiyon limit değerleri ise Tablo 5.11'de verilmiştir. Bunun yanı sıra, UOB'ler için analiz metodu dedeksiyon limiti ise daha önce Küçükaçıl (2016) tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda belirlenmiştir. Bu kapsamda, en düşük kalibrasyon standardının 7 tekrarlı analizi yapılarak elde edilen sonuçların standart sapmasının 3 katı alınmıştır. UOB'ler için cihaz dedeksiyon limit değerleri 0,110- 0,988 ng arasında elde edilmiştir (K. Artun et al., 2017; Küçükaçıl, 2016). İnorganik kirleticiler için analiz metodu dedeksiyon limiti de daha önce Polat (2016) tarafından yapılan yüksek lisans tez çalışması kapsamında nitrit (NO₂⁻) için 0.80 µg, nitrat (NO₃⁻) için 0.67 µg ve sülfat (SO₄⁻²) için 0.90 µg olarak belirlenmiştir (Polat, 2016).

Tablo 5.11. UOB'ler için pasif örnekleyici dedeksiyon limit değerleri (ng)

Bileşik	DL	Bileşik	DL	Bileşik	DL
İzopentan	2,723	2-Metilheksan	0,812	n-Nonan	0,397
1-Penten	3,089	2,3-Dimetilpentan	0,303	İzopropilbenzen	0,464
n-Penten	1,652	3-Metilheksan	0,198	n-Propilbenzen	0,156
İzopren	0	Benzen	0,162	o-Etiltoluen	0,713
Trans-2-Penten	1,437	n-Heptan	1,11	p-Etiltoluen	0,385
Cis-2-Penten	0	Metilsikloheksan	1,068	1,3,5-Trimetilbenzen	1,455
2,2-Dimetilbüten	0,604	2,3,4-Trimetilpentan	0	1,2,3-Trimetilbenzen	0,848
Sikloheksan	0	Toluen	0,375	1,2,4-Trimetilbenzen	0,295
Siklopentan	0	2-Metilheptan	0,454	n-Dekan	0,067
2-Metilpentan	0,636	3-Metilheptan	1,339	m-Dietilbenzen	0,999
3-Metilpentan	0,816	n-Oktan	0,599	p-Dietilbenzen	1,013
n-Hekzan	0,493	Etilbenzen	0,429	n-Undekan	0,776
2,3-Dimetilbüten	3,584	m+p Ksilen	0,462	n-Dodekan	0,615
Metilsiklopentan	1,586	Stiren	1,599		
2,4-Dimetilpentan	2,569	o-Ksilen	0,784		

5.8. Sağlık Riski Hesaplamaları

Sağlık riski değerlendirmesi, kişinin kirleticilere maruz kalmasına bağlı sağlık üzerinde oluşan yaşam boyu etkilerini ortaya koymaktadır. Risk değerlendirme yöntemi dört aşamaya ayrılmıştır: tehlike tanımlama, doz-cevap değerlendirmesi, maruz kalma değerlendirmesi ve risk değerlendirmesi. Kirleticilerin ortaya çıkardığı sağlık riskinin

değerlendirilmesi, kanserojen/kanserojen olmayan sağlık riski değerlendirmesi şeklinde ayrılabilir (National Research Council, 1983).

Tehlike tanımlaması, ilgili kimyasalların ve potansiyel olumsuz sağlık etkilerinin epidemiyolojik, klinik, toksikolojik ve çevresel araştırmaların sonuçlarına dayanarak tanımlanmasını ifade eder (Morawska ve diğ., 2013). Bir maddenin kansere veya diğer olumsuz sağlık etkilerine neden olup olmadığı sorusu teorik olarak evet-hayır sorusu olsa da insanlar üzerinde yapılan araştırmalara bağlı kesin sonuçların elde edildiği bazı kimyasallar da vardır (National Research Council, 1983).

Doz-tepki (yanıt) değerlendirmesi, uygulanan veya alınan bir kimyasal dozu ile maruz kalan kişi veya kişilerde ortaya çıkan olumsuz sağlık etkisi arasındaki ilişkiyi karakterize etmeye dayanır. Maruz kalma yoğunluğu, maruziyet süresi, cinsiyet, yaşam tarzı ve diğer değiştirici faktörler gibi yanıtı etkileyebilecek değişkenleri dikkate alır.

Maruz kalma değerlendirmesi, çevrede halihazırda mevcut olan bir kimyasala insan maruziyetlerinin yoğunluğunu, sıklığını ve süresini ölçme veya tahmin etme veya yeni kimyasalların çevreye yayılmasından kaynaklanabilecek riskleri tahmin etme işlemidir.

Risk karakterizasyonu, doz-yanıt ve maruz kalma değerlendirmelerinden elde edilen sonuçları birleştirir. Kanserojen ve kanserojen olmayan kirleticiler için risk tahmin yöntemleri farklıdır.

Tez çalışması kapsamında analizi gerçekleştirilen UOB'lerden EPA tarafından (IRIS, 2020) kanserojen olarak sınıflandırılan benzen, etilbenzen ve stiren için yaşam boyu kanser riski (LTCR) ve kanserojen olmayan sınıflandırılmasında bulunan bileşikler için de tehlike indeksi (HQ) hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda Entegre Risk Bilgi Sistemi (IRIS) tarafından kanserojen olmayan bileşikler için belirlenen referans konsantrasyon (RfC) değeri, kanserojen olan bileşikler için de inhalasyon birim risk faktörü (IUR) kullanılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan toksisite değerlendirme parametreleri Tablo 5.12'de verilmiştir.

Tablo 5.12. Toksikite değerlendirme parametreleri

Bileşik	Sınıflandırma	IUR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	RfC (mg/m^3)	Kaynak
Benzen	Kanserojen	$7,8 \times 10^{-6}$	3×10^{-2}	(Arı, 2020; IRIS, 2020)
Etilbenzen	Kanserojen	$2,5 \times 10^{-6}$	1	(Arı, 2020; Arı ve diğ., 2020; IRIS, 2020)
Stiren	Kanserojen	$1,6 \times 10^{-7}$	1	(Arı ve diğ., 2020; IRIS, 2020)
Toluen	Kanserojen olmayan	-	5	(Arı, 2020; Arı ve diğ., 2020; IRIS, 2020)
m+p-Ksilen	Kanserojen olmayan	-	1×10^{-1}	(Arı, 2020; IRIS, 2020)
o-Ksilen	Kanserojen olmayan	-	1×10^{-1}	(Arı, 2020; IRIS, 2020)
Sikloheksan	Kanserojen olmayan	-	6	(IRIS, 2020)
n-Hekzan	Kanserojen olmayan	-	7×10^{-1}	(IRIS, 2020)
1,3,5- Trimetilbenzen	Kanserojen olmayan	-	6×10^{-2}	(Arı, 2020; IRIS, 2020)
1,2,4-Trimetilbenzen	Kanserojen olmayan	-	6×10^{-2}	(IRIS, 2020)
1,2,3-Trimetilbenzen	Kanserojen olmayan	-	6×10^{-2}	(IRIS, 2020)
n-Undekan	Kanserojen olmayan	-	$8,36 \times 10^{-1}$	(Azuma ve diğ., 2016)

Maruziyet değerlendirmesi, örnekleminin gerçekleştiği ortamlarda kirleticilere maruz kalan çalışanların bu kirleticilere maruziyetinin neden olduğu hava yoluyla kronik günlük alım (CDI) değerlerinin belirlenmesini içerir. Tez çalışması kapsamında, ABD EPA (Çevre Koruma Ajansı) tarafından önerilen ve CDİca ($\mu\text{g}/\text{kg}.\text{gün}$) (kanserojenik kronik günlük alım) ve CDİnc ($\text{mg}/\text{kg}.\text{gün}$) (kanserojen olmayan kronik günlük alım) hesaplamak için kullanılan bir metodoloji uygulanmıştır (USEPA, 1989, 2009). Hesaplamalarda kullanılan diğer parametreler ise Tablo 5.13'te verilmiştir.

Tablo 5.13. Risk değerlendirme hesaplamalarında hava kirleticilere günlük maruz kalma dozunun belirlenmesinde kullanılan parametreler ve değerleri

Parametre	Tanım	Değer	Kaynak
C	Kirletici konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
ED	Maruziyet süresi (yıl)	30	(USEPA, 1989)
ET	Maruziyet süresi (saat/gün)	8-12 ^a	Bu çalışma
EF	Maruziyet frekansı (gün/yıl)	Her iş yeri için özel hesaplanmıştır	Bu çalışma
BW	Vücut ağırlığı (kg)	70	(USEPA, 1997)
AT	Ortalama maruziyet süresi (gün)	25550 (kanserojenik)	(USEPA, 1997)
		10950 (kanserojenik olmayan)	(USEPA, 1997)
IR	İnhalasyon oranı ($\text{m}^3/\text{gün}$)	20	(USEPA, 2009)

a: Günlük çalışma saatleri her çalışan için ayrı olarak hesaplanmıştır.

Maruz kalınan ve kanserojen olan UOB'leri için CDI_{ca} değerleri 5.2 no'lu eşitlik (Chalvatzaki et al., 2019) kullanılarak bulunmuştur:

$$CDI_{ca}(\mu\text{g}/\text{kg}. \text{gün}) = \frac{C \times IR \times EF \times ET \times ED \times \frac{1}{24 \text{ gün}}}{AT \times BW} \quad (5.2)$$

Risk hesaplamalarında maruz kalınan ve kanserojen olmayan UOB'ler için CDI_{nc} değeri 5.3'te yer alan eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır:

$$CDI_{nc}(\text{mg}/\text{kg}. \text{gün}) = \frac{C \times IR \times EF \times ET \times ED \times \frac{1}{24 \text{ gün}}}{AT \times BW \times 1000 \mu\text{g}/\text{mg}} \quad (5.3)$$

Eşitliklerde;

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

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

Son aşama olan risk karakterizasyonunda, maruziyet değerlendirmesi ve doz-yanıt eğrilerinden elde edilen bulgular birleştirilerek kanserojen maddeler için yaşam boyu kanser riski (LTCR) risk değerleri hesaplanır. Bu hesaplamada kullanılan SF birimleri belirli bir zaman içinde bir kirleticinin birim dozundan bir sağlık etkisinin (kansere) artan

olasılığının tahminleridir. Böylece, LTCR için birimsiz bir değer (Eşitlik 5.4) haline gelir (USEPA, 1989, 2009).

$$LTCR = CDI_{ca} \times SF \quad (5.4)$$

Eşitlikte;

LTCR = Kanserojen maddeler için hayat boyu kanser riski

SF = Eğim faktörü ($\mu\text{g}/\text{kg}.\text{gün}$)⁻¹

Toplam risk = Σ Kirleticilerin bireysel kanser riskleri

Kanserojen olmayan bileşikler için risk değerlendirmesi tehlike indeksi (HQ) ile ifade edilir ve Eşitlik 5.5 ile hesaplanır:

$$HQ = \frac{CDI}{RfD} \quad (5.5)$$

Eşitlikte;

HQ = Kanserojen olmayan maddeler için tehlike indeksi

RfD = Referans doz ($\text{mg}/\text{kg}.\text{gün}$)

Toplam risk = Σ Kirleticilerin bireysel tehlike indeksleri

Tez çalışmasında, kanserojen ve kanserojen olmayan UOB'ler dikkate alınarak bir risk değerlendirmesi çalışması yapılmıştır. Bu kapsamda, 7 farklı iş yerinde 9 farklı alanda çalışan ve kişisel örnekleme için gönüllü olan kişilerin (fırın, fotokopi merkezi, restoran, kuaför, kuru temizleme, otel (resepsiyonist), otel (aşçı) ve otel (temizlik personeli) çalışanları) kirleticilere kişisel maruziyetleri dikkate alınarak risk hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen risk hesaplamaları sonuçlarının değerlendirilmesinde USEPA tarafından önerilen değerler kullanılmıştır. Bu referans değerler kanserojen maddeler için 1×10^{-6} ($1,0\text{E}-06$) olarak belirlenmiştir (USEPA, 2009). Kanserojen olmayan maddeler için ise, hesaplanan HQ değerinin 1'e eşit veya büyük olması halinde riskin olduğu; 1'den küçük olması halinde ise riskin olmadığı kabul edilmiştir.

6. BULGULAR

Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen örnekleme ve ölçüm çalışmalarına ait tüm sonuçlar detaylı bir şekilde alt başlıklar halinde aşağıda yer almaktadır.

6.1. İnorganik ve Uçucu Organik Bileşik Örnekleme Sonuçları

Bu tez kapsamında gerçekleştirilen inorganik ve UOB örnekleme sonuçları aşağıdaki alt başlıklarda verilmiştir. Şekil ve tablolarda belirtilen bazı kısaltmalar; “‘Hİ’”: Hafta içi, ‘HS’: Hafta sonu, ‘dla’: dedeksiyon limitinin altında, ‘-’: örnekleme işlemi gerçekleştirilemedi” şeklindedir.

6.1.1. Fırın iş yeri ortamı örnekleme sonuçları

Örnekleme çalışmalarının gerçekleştirildiği iş yerlerinden biri olan fırında 2 adet iç ortam (1 adet ürünlerin satıldığı alanda, 1 adet üretimin gerçekleştiği mutfakta), 1 adet dış ortam ve 1 adet kişisel örnekleme kullanılmıştır. Fırında pişirme işlemi için doğal gaz kullanıldığı not edilmiştir. Elde edilen bilgiler arasında iş yerinin 24 saat çalıştığı da yer almaktadır, fakat tez çalışması kapsamında gündüz vardiyası dikkate alınmıştır. Bölüm 5.2’de Şekil 5.4’te gösterilen örnekleme kampanyaları uygulanmıştır.

Kış mevsimi örnekleme sonuçları:

Örneklerin analizleri sonucu elde edilen kış mevsimi sonuçları Tablo 6.1’de yer alırken, iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları ise Şekil 6.1’de gösterilmiştir. Kış mevsiminde hafta içi iç ortam SO₂ örnekleme sonuçları, mutfak alanında (21,24 µg/m³) satış alanından (12,21 µg/m³) daha yüksek elde edilmiştir (Şekil 6.1). Benzer durum NO₂ için de söz konusu olmuştur (mutfak: 43,64 µg/m³, satış alanı: 26,67 µg/m³). O₃ için ise satış alanında elde edilen konsantrasyon (11,69 µg/m³) mutfakta elde edilen değerden (6,67 µg/m³) yaklaşık 2 kat fazla bulunmuştur. Hafta içi kişisel örnekleme sonuçları iç ortam sonuçları ile karşılaştırıldığında O₃ için bir farklılık söz konusu değil iken, NO₂ ve SO₂ için elde edilen kişisel örnekleme sonuçlarının daha fazla olduğu görülmüştür. Bunun sebebi pişirmede kullanılan doğal gaz ile gönüllü çalışanın sigara kullanımı olduğu

düşünülmektedir. Dış ortam sonuçları incelendiğinde, O₃ seviyeleri mutfak alanındaki sonuçlardan daha yüksek iken, NO₂ ve SO₂ için ise iç ortam konsantrasyonlarından daha düşük elde edilmiştir. Hafta içi Σ UOB değerleri için en yüksek konsantrasyon (204,35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) kişisel örnekleme sonrası elde edilmiştir. Dış ortam sonuçları ise, kişisel örnekleme hariç diğer iç ortam örnekleme sonuçlarından daha yüksek bulunmuştur.



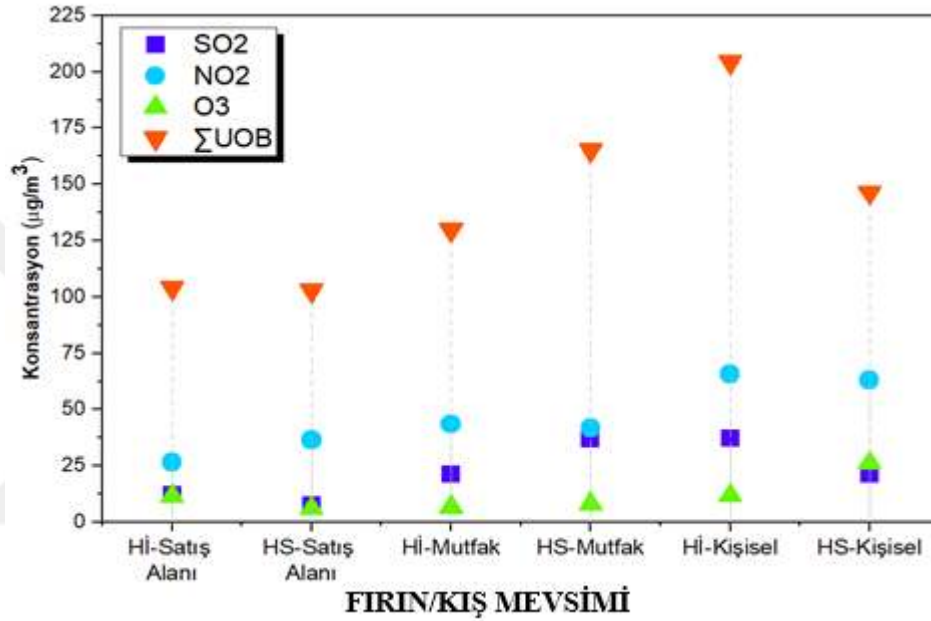
Tablo 6.1. Fırın kış mevsimi analiz sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

FİRİN / KIŞ MEVSİMİ									
Hafta İçi					Hafta Sonu				
Bileşikler		Fırın (Satış)	Fırın (Mutfak)	Kişisel	Dış	Fırın (satış)	Fırın (mutfak)	Kişisel	Dış
İnorganik Bileşikler									
	SO ₂	12,21	21,24	37,14	9,08	7,84	36,88	21,47	10,93
	NO ₂	26,67	43,64	65,79	35,27	36,49	41,85	63,08	48,40
	O ₃	11,69	6,67	11,74	14,39	6,11	8,10	26,21	14,25
UOB									
	İzopentan	2,87	2,81	7,37	4,14	1,97	2,11	2,89	7,51
	1-Penten	20,18	18,56	35,96	96,89	21,58	19,76	20,66	127,27
	n-Penten	8,15	10,12	15,07	29,49	7,84	10,53	10,08	35,27
	İzopren	2,03	2,06	3,43	2,16	2,29	2,31	2,23	2,30
	Trans-2-Penten	0,47	0,46	0,47	0,20	0,39	0,57	0,49	0,34
	Cis-2-Penten	2,63	2,67	4,30	0,00	2,89	2,87	2,83	3,11
	2,2-Dimetilbütan	2,90	2,80	4,47	4,59	3,12	3,08	2,99	4,99
	Sikloheksan	0,23	0,24	1,27	1,35	0,22	0,14	0,12	1,25
	Siklopentan	3,27	3,13	6,18	4,55	3,64	3,49	3,47	5,21
	2-Metilpentan	2,65	2,49	4,51	6,97	3,02	2,80	2,70	8,55
	3-Metilpentan	1,53	1,51	2,85	3,25	1,76	1,64	1,65	3,71
	n-Hekzan	0,76	0,79	1,37	3,39	1,44	0,81	0,66	4,40
	2,3-Dimetilbütan	4,28	6,08	9,68	2,14	5,01	8,78	8,49	2,77
	Metilsiklopentan	2,27	2,17	3,43	1,59	1,50	1,69	2,59	1,99
	2,4-Dimetilpentan	0,70	0,93	1,15	1,00	bla	0,66	1,73	1,78
	2-Metilheksan	1,65	1,67	2,87	1,98	1,84	1,80	1,86	2,25
	2,3-Dimetilpentan	1,14	1,16	1,99	1,48	1,28	1,28	0,77	1,02
	3-Metilheksan	0,65	0,72	1,20	1,11	0,68	0,67	1,29	1,61
	Benzen	3,47	3,63	5,87	4,15	2,57	3,49	2,84	4,58
	n-Heptan	1,80	2,70	3,78	1,79	1,57	1,25	3,35	2,75
	Metilsikloheksan	8,07	15,50	17,18	0,68	7,89	41,79	14,88	1,19

Tablo 6.1. (Devam) Fırın kış mevsimi analiz sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

FIRIN / KIŞ MEVSİMİ								
Bileşikler	Hafta İçi				Hafta Sonu			
	Fırın (Satış)	Fırın (Mutfak)	Kişisel	Dış	Fırın (satış)	Fırın (mutfak)	Kişisel	Dış
UOB								
2,3,4-Trimetilpentan	4,41	5,48	8,82	5,68	4,33	6,26	6,70	5,76
Toluen	5,05	3,99	6,08	3,81	3,35	3,54	7,54	4,54
2-Metilheptan	2,35	2,36	4,38	2,30	2,47	3,05	4,06	2,58
3-Metilheptan	12,88	24,42	30,27	2,11	10,84	27,05	25,42	5,09
n-Oktan	3,46	4,10	6,96	1,05	0,79	3,45	4,27	1,85
Etilbenzen	0,57	0,60	4,47	0,56	0,58	0,68	0,62	0,71
m+p Ksilen	1,08	1,08	1,87	1,09	1,17	1,29	1,13	1,36
Stiren	1,10	1,32	2,18	0,94	1,09	1,41	1,25	1,11
o-Ksilen	0,96	0,91	1,37	0,97	0,89	0,99	0,90	1,05
n-Nonan	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
İzopropilbenzen	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
n-Propilbenzen	dla	0,11	0,36	dla	dla	0,26	0,23	0,16
o-Etiltoluen	0,04	0,41	0,74	0,08	dla	0,45	0,31	0,13
p-Etiltoluen	0,30	0,48	0,74	0,01	0,65	0,56	0,10	0,06
1,3,5-Trimetilbenzen	dla	1,27	1,07	0,01	0,72	1,34	1,49	2,47
1,2,3-Trimetilbenzen	dla	0,17	dla	dla	dla	dla	dla	dla
1,2,4-Trimetilbenzen	dla	dla	dla	0,01	0,11	0,25	dla	dla
n-Dekan	0,00	0,04	0,08	0,00	0,53	0,07	0,09	0,12
m-Dietilbenzen	0,13	dla	0,21	0,14	0,02	0,18	0,14	0,61
p-Dietilbenzen	dla	0,44	0,11	dla	0,09	0,04	0,04	0,52
n-Undekan	dla	0,46	0,26	0,12	2,45	2,86	3,43	4,14
n-Dodekan	dla	0,02	dla	dla	dla	dla	dla	0,25
ΣUOB	104,04	129,86	204,35	191,8	102,86	165,27	146,3	256,38

Kış mevsimi hafta sonu sonuçlarına göre, inorganik bileşiklerin her üçü de mutfakta satış alanında daha yüksek seviyelerde bulunmuştur. SO₂ konsantrasyonlarında en yüksek değer mutfak alanında (36,88 µg/m³) elde edilirken, NO₂ ve O₃ için en yüksek konsantrasyonlar (NO₂: 63,08 µg/m³, O₃: 26,21 µg/m³) kişisel örnekleme sonucunda elde edilmiştir. Hafta sonu iç ortam Σ UOB konsantrasyonları ise hafta içi sonuçlarındaki ilişkiye paralellik göstermiştir. Fakat dış ortam konsantrasyonları iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçlarından daha yüksek elde edilmiştir.

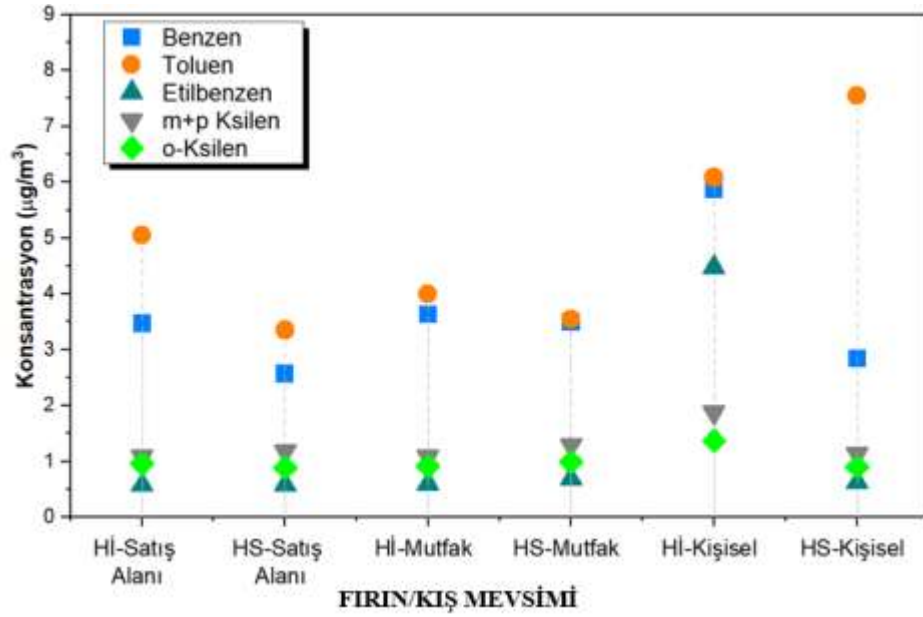


Şekil 6.1. Fırın kış mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları

Kış mevsimi fırın sonuçlarında satış alanında SO₂, NO₂, O₃ ve Σ UOB sonuçlarının hafta içi ve hafta sonu sonuçları arasında belirgin bir fark gözlenmezken, mutfak sonuçlarında hafta sonu SO₂ ve Σ UOB konsantrasyonları hafta içinden yüksek çıkmıştır. Fakat kişisel örnekleme sonuçlarına göre, hafta içi SO₂ ve Σ UOB konsantrasyonları hafta sonundan yüksek elde edilmiştir.

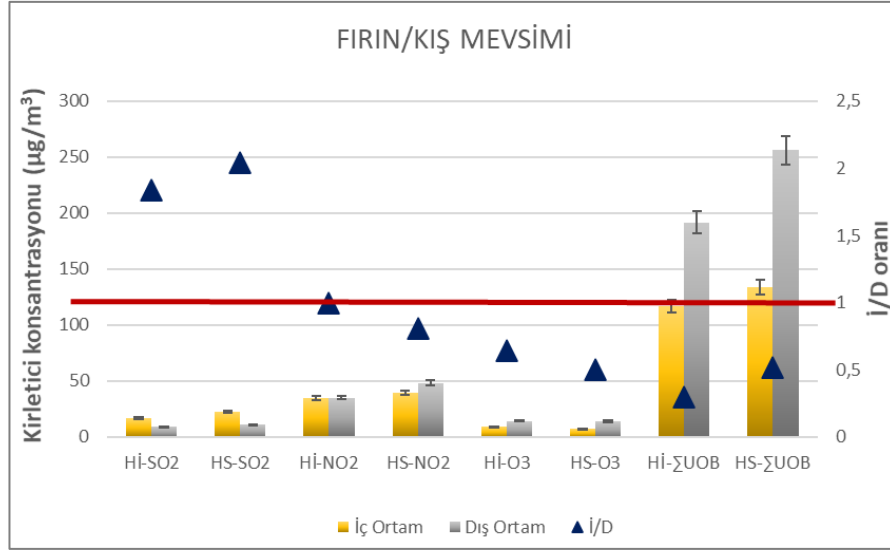
UOB'ler arasında yer alan BTEK bileşiklerinin sonuçları Şekil 6.2'de gösterilmiştir. Hafta içi sonuçlarına göre, toluen sonuçları hariç diğer bileşiklerin sonuçları satış alanı ile mutfakta birbirine benzer bulunmuştur. Fakat hafta içi kişisel örnekleme BTEK sonuçları iç ortamdaki sonuçlardan yüksek elde edilmiştir. Hafta sonu ise kişisel örnekleme sonuçlarından toluen hariç diğer bileşiklerin iç ortam ve kişisel sonuçları hemen hemen aynı seviyelerde ölçülmüştür. Kış mevsiminde BTEK

bileşiklerinde, en yüksek benzen konsantrasyonu hafta içi kişiselde 5,87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, toluen hafta sonu kişiselde 7,54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, etilbenzen 4,47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, m+p ksilen 1,87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve o-ksilen 1,37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile hafta içi kişisel örnekleme sonucu elde edilmiştir. Bunun yanı sıra en yüksek konsantrasyonlara sahip bileşikler arasında, 1-penten, n-penten, metilsikloheksan ve 3-metilheptan bulunmaktadır.



Şekil 6.2. Fırın kış mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme BTEK sonuçları

İç ortam/Dış ortam (İ/D) oranları Şekil 6.3'te yer almaktadır. Buna göre hem hafta içi hem hafta sonu SO_2 değerlerinin >1 olduğu gözlenmiştir. Diğer bileşiklerin İ/D oranları ≤ 1 bulunmuştur. İ/D oranının >1 olması iş yerinde elde edilen kirletici konsantrasyonunda iç ortam kaynaklarının daha baskın olduğunu göstermektedir.



Şekil 6.3. Fırın kış mevsimi İ/D oranları

Yaz mevsimi örnekleme sonuçları:

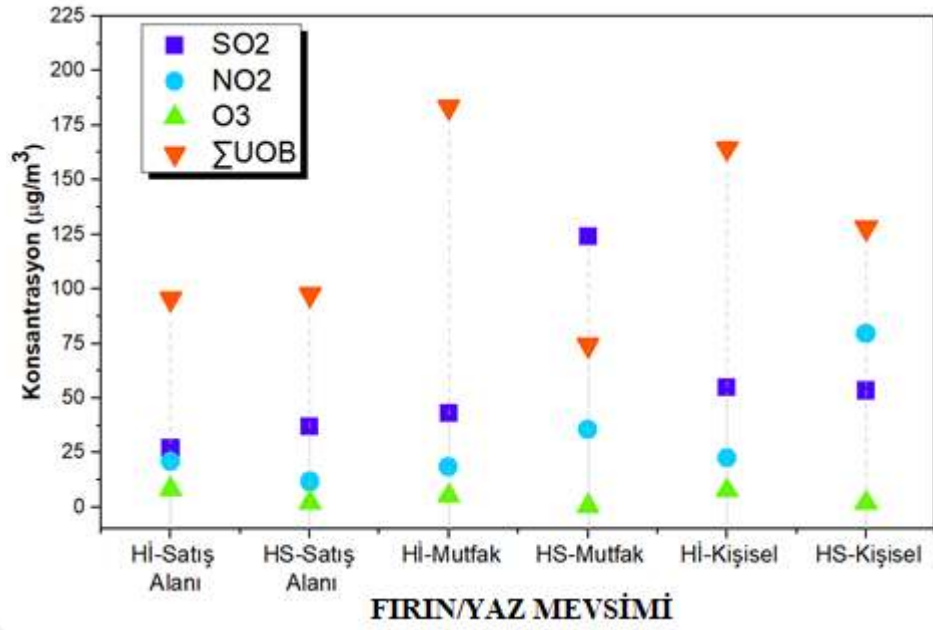
Fırında yaz mevsiminde elde edilen konsantrasyon değerleri Tablo 6.2’de verilmiştir. Yaz mevsimine ait hafta içi ve hafta sonu iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları ise Şekil 6.4’te gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre, hafta içi iç ortam SO₂ konsantrasyonları mutfak kısmında, satış alanından daha yüksek seviyelerde ölçülmüştür (mutfak: 43,20 µg/m³, satış alanı: 27,38 µg/m³). NO₂ ve O₃ konsantrasyonları ise her iki örnekleme noktasında birbirine çok yakın elde edilmiştir (NO₂: 20,78-18,55 µg/m³, O₃: 8,18-5,17 µg/m³). Hafta içi en yüksek SO₂ konsantrasyonu (54,76 µg/m³) kişisel örnekleme sonucu elde edilmiştir. NO₂ ve O₃ kişisel örnekleme sonuçları ise iç ortam örnekleme sonuçları ile benzerlik göstermektedir. O₃ dış ortam konsantrasyonu (18,15 µg/m³) ise iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçlarından daha yüksek ölçülmüştür. ΣUOB hafta içi örnekleme sonuçlarına göre, en yüksek konsantrasyon 183,29 µg/m³ olarak mutfakta elde edilmiş ve elde edilen bu değer satış alanı ve dış ortam konsantrasyonlarının 2 katından daha fazla bulunmuştur.

Tablo 6.2. Fırın yaz mevsimi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

FIRIN / YAZ MEVSİMİ								
Bileşikler	Hafta İçi				Hafta Sonu			
	Fırın (Satış)	Fırın (Mutfak)	Kişisel	Dış	Fırın (Satış)	Fırın (Mutfak)	Kişisel	Dış
İnorganik Bileşikler								
<i>SO₂</i>	27,38	43,20	54,76	44,83	36,85	124,24	53,46	20,42
<i>NO₂</i>	20,78	18,55	22,42	22,86	11,79	35,70	79,54	11,51
<i>O₃</i>	8,18	5,17	7,66	18,15	2,04	0,55	1,91	21,13
UOB'ler								
<i>İzopentan</i>	0,26	34,45	18,13	0,85	2,50	1,90	17,23	2,78
<i>1-Penten</i>	11,52	89,45	41,91	20,65	15,02	15,88	45,30	19,30
<i>n-Penten</i>	4,96	5,19	6,17	2,63	4,94	3,32	5,08	2,08
<i>İzopren</i>	2,02	2,02	2,94	2,07	2,10	1,99	1,38	2,00
<i>Trans-2-Penten</i>	0,50	0,45	0,52	0,29	0,54	0,23	0,33	0,31
<i>Cis-2-Penten</i>	2,73	2,61	4,17	2,54	2,76	2,72	1,77	2,76
<i>2,2-Dimetilbütan</i>	2,43	2,91	3,57	2,83	2,41	2,53	2,09	2,67
<i>Sikloheksan</i>	dla	dla	dla	0,17	dla	dla	dla	dla
<i>Siklopentan</i>	2,93	3,08	4,41	3,24	2,98	2,99	2,24	3,12
<i>2-Metilpentan</i>	1,55	2,02	1,97	2,23	1,23	1,65	1,53	1,67
<i>3-Metilpentan</i>	1,35	1,44	2,01	1,56	1,19	1,39	1,03	1,39
<i>n-Hekzan</i>	0,81	2,95	2,39	0,47	0,49	1,12	1,65	0,41
<i>2,3-Dimetilbütan</i>	4,93	2,18	6,37	1,69	6,64	1,87	2,42	1,40
<i>Metilsiklopentan</i>	0,80	0,79	2,31	1,11	1,25	0,85	0,87	1,43
<i>2,4-Dimetilpentan</i>	dla	0,10	dla	0,21	dla	0,31	0,18	2,59
<i>2-Metilheksan</i>	2,03	2,10	3,31	2,23	0,00	0,00	1,60	2,33
<i>2,3-Dimetilpentan</i>	1,08	1,11	1,68	1,18	1,11	1,17	0,86	1,24
<i>3-Metilheksan</i>	0,55	0,64	0,89	0,68	0,56	0,59	0,62	0,65
<i>Benzen</i>	1,18	1,26	1,39	1,00	1,12	0,77	0,83	0,98
<i>n-Heptan</i>	0,91	1,87	2,35	1,62	1,60	1,00	2,24	2,24
<i>Metilsikloheksan</i>	8,02	2,79	8,85	0,63	7,34	8,30	20,61	0,76

Tablo 6.2. (Devam) Fırın yaz mevsimi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

FIRIN / YAZ MEVSİMİ								
Bileşikler	Hafta İçi				Hafta Sonu			
	Fırın (Satış)	Fırın (Mutfak)	Kişisel	Dış	Fırın (Satış)	Fırın (Mutfak)	Kişisel	Dış
UOB'ler								
2,3,4-Trimetilpentan	4,79	3,98	6,21	4,19	6,00	3,45	2,62	4,29
Toluen	2,95	1,99	2,36	1,74	2,59	2,24	3,02	2,34
2-Metilheptan	2,46	2,35	4,32	2,09	2,93	2,60	1,75	2,13
3-Metilheptan	26,08	6,78	23,44	1,43	17,59	4,19	3,04	1,08
n-Oktan	1,13	1,88	1,24	0,93	1,27	2,08	1,11	1,13
Etilbenzen	0,33	0,25	0,38	0,42	0,42	0,28	0,35	0,41
m+p Ksilen	0,57	0,47	0,65	0,63	0,81	0,52	0,71	0,74
Stiren	1,24	1,12	1,91	1,97	1,44	1,45	0,87	1,22
o-Ksilen	0,61	0,57	0,75	0,73	0,71	0,67	0,66	0,68
n-Nonan	0,08	0,85	0,16	0,84	0,47	0,95	0,62	1,06
İzopropilbenzen	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
n-Propilbenzen	0,10	0,06	0,12	0,11	0,48	dla	dla	0,02
o-Etiltoluen	0,09	0,05	0,12	dla	0,32	dla	dla	dla
p-Etiltoluen	0,18	0,08	0,14	dla	0,38	0,05	0,06	0,02
1,3,5-Trimetilbenzen	2,28	1,70	5,58	0,54	2,49	1,99	1,41	0,33
1,2,3-Trimetilbenzen	0,48	dla	0,31	dla	dla	dla	dla	dla
1,2,4-Trimetilbenzen	0,34	0,31	0,32	0,19	0,63	0,12	0,24	0,76
n-Dekan	0,06	0,00	0,21	0,03	1,70	1,34	0,97	1,84
m-Dietilbenzen	dla	dla	dla	dla	dla	1,33	dla	dla
p-Dietilbenzen	0,40	0,43	0,47	0,38	0,24	dla	0,08	0,13
n-Undekan	0,40	dla	0,09	0,54	dla	dla	dla	dla
n-Dodekan	0,30	0,94	0,49	0,20	1,26	0,48	0,43	dla
ΣUOB	95,52	183,29	164,31	66,84	97,51	74,30	127,89	70,26



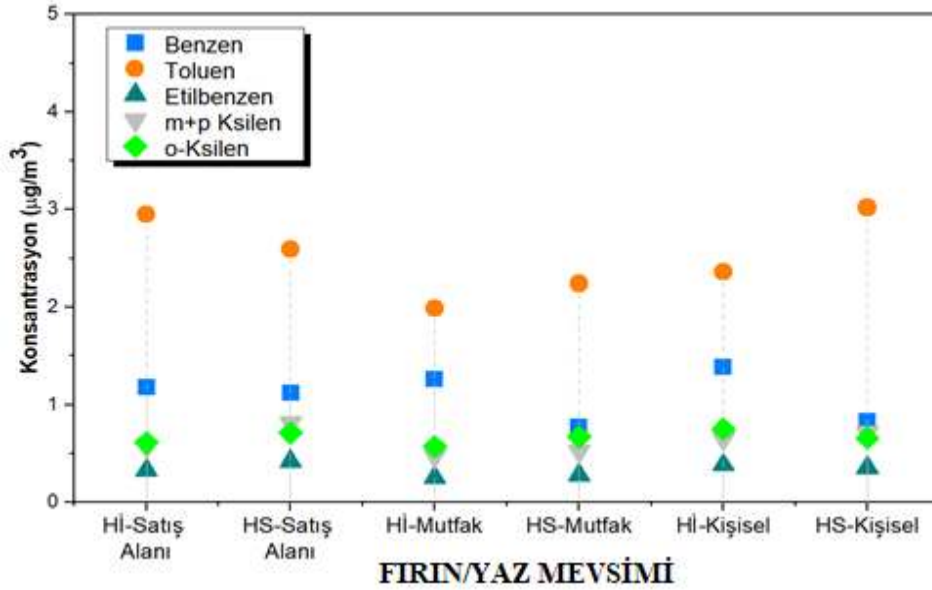
Şekil 6.4. Fırın yaz mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları

Yaz mevsimi hafta sonu örnekleme sonuçlarına göre, en yüksek SO₂ konsantrasyonu 124,24 µg/m³ olarak mutfak kısmında ölçülmüştür. Bu değer satış alanında elde edilen konsantrasyonun yaklaşık 3,5, kişisel örnekleme sonucunun ise yaklaşık 2,5 katı olarak gözlenmiştir. Hafta sonu tüm noktalarda en yüksek NO₂ konsantrasyonu kişisel örnekleme sonucu 79,54 µg/m³ olarak elde edilmiştir. Bunun yanı sıra, mutfaktaki NO₂ sonucunun (35,70 µg/m³) satış alanının 3 katı olduğu tespit edilmiştir. O₃ konsantrasyonları arasında 21,13 µg/m³ değeri ile en yüksek konsantrasyona sahip örnekleme noktası dış ortam olarak bulunurken, en düşük konsantrasyon ise 0,55 µg/m³ olarak mutfakta elde edilmiştir. Hafta sonu örnekleme sonuçlarında en yüksek ΣUOB konsantrasyonu 127,89 µg/m³ olarak bulunurken, bu değeri 97,51 µg/m³ ile satış alanı takip etmiştir. Dış ortam ΣUOB sonucu ise iç ortam mutfak ortamı ile benzerlik göstererek, 70,26 µg/m³ olarak bulunmuştur.

Yaz mevsiminde fırında elde edilen sonuçlara göre hafta içi-hafta sonu karşılaştırması yapıldığında, kış mevsimindeki gibi hafta içi ve hafta sonu SO₂, NO₂, O₃ ve ΣUOB sonuçları arasında belirgin bir fark gözlenmemiştir. Mutfakta ise hafta sonu SO₂ ve NO₂ konsantrasyonları hafta içinden daha yüksek gözlenirken, ΣUOB için ise tersi bir durum gözlenmiştir, yani hafta içi ΣUOB konsantrasyonları hafta sonundan daha yüksek elde edilmiştir. Kişisel örnekleme sonuçlarına göre, hafta sonu NO₂ konsantrasyonu ile hafta içi ΣUOB konsantrasyonu daha yüksek bulunmuştur. Fırındaki

tüm örnekleme noktalarından elde edilen hafta içi ve hafta sonu O₃ konsantrasyonları arasında dikkat çeken bir fark söz konusu olmamıştır.

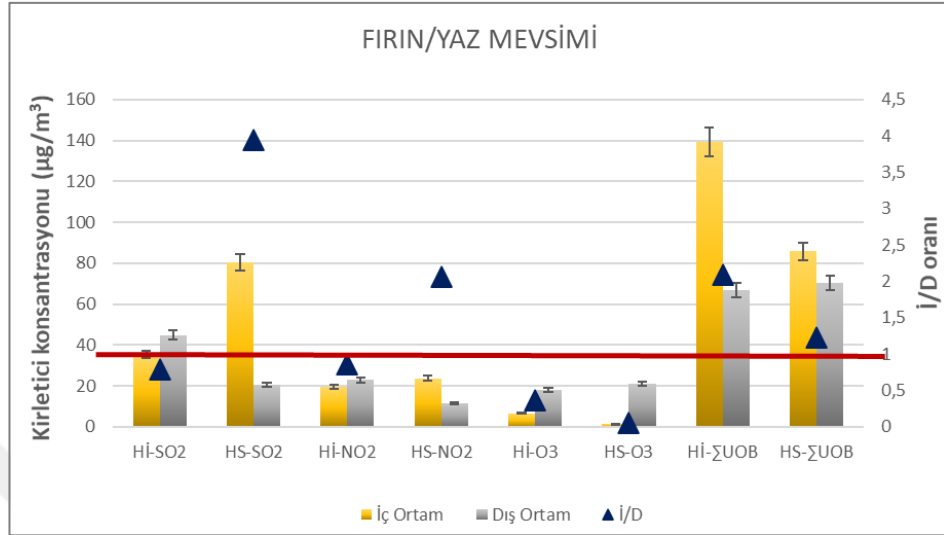
Yaz mevsiminde elde edilen BTEK örnekleme sonuçları Şekil 6.5'te verilmiştir. Etilbenzen ve ksilenler tüm örnekleme noktalarında her iki örnekleme periyodunda da 1'den düşük ölçülmüştür. Hafta içi sonuçlarında en yüksek toluen konsantrasyonu satış alanında 2,95 µg/m³ iken, benzen için iç ortamlarda ve kişisel örneklemede elde edilen konsantrasyonlar 0,91-2,35 µg/m³ arasında belirlenmiştir. Hafta sonunda ise en yüksek toluen konsantrasyonu 3,02 µg/m³ olarak kişisel örnekleme sonucu elde edilmiştir. Diğer bileşiklere ait elde edilen seviyelerde hafta sonunda noktasal olarak bir farklılık gözlenmemiştir. Ayrıca, BTEK bileşiklerinin yanı sıra 3-metilheptan ve 1-penten bileşikleri özellikle satış alanında elde edilen yüksek konsantrasyonları ile dikkat çekmiştir.



Şekil 6.5. Fırın yaz mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme BTEK sonuçları

Fırın iş yeri ortamı örnekleme sonucu elde edilen konsantrasyonların İ/D oranları Şekil 6.6'da verilmiştir. Buna göre, O₃ hariç hafta sonu SO₂, NO₂ ve ΣUOB İ/D oranları > 1 olarak bulunmuştur. Hafta içi sonuçlarında ise sadece ΣUOB İ/D oranları > 1 olarak elde edilmiştir. İnorganik bileşiklere ait hafta içi dış ortam konsantrasyonları iç ortam

değerlerinden daha yüksek olduğu için, üç bileşik için de İ/D oranı ≤ 1 olarak bulunmuştur.



Şekil 6.6. Fırın yaz mevsimi İ/D oranları

6.1.2. Fotokopi merkezi örnekleme sonuçları

Kış mevsimi örnekleme sonuçları:

Çalışmanın gerçekleştirildiği diğer bir iş yeri olan fotokopi merkezinden elde edilen kış mevsimi örnekleme sonuçları Tablo 6.3'te verilmiştir. Fotokopi merkezinde kırtasiye alanı, fotokopi makinelerinin yakını ve baskı (poster) makinesinin yanı olmak üzere 3 ayrı iç ortam örnekleme noktası olarak belirlenmiştir. Ayrıca, örnekleme tarihi için fotokopi merkezinin daha yoğun olarak çalıştığı üniversite sınav haftası seçilmiştir. Kış dönemine ait iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları ise Şekil 6.7'de gösterilmiştir. Şekil 6.7'de görüldüğü üzere, hafta içi elde edilen veriler incelendiğinde, örnekleme noktaları arasında seviye olarak en çok fark gözlenen bileşiğin O₃ olduğu görülmektedir. En yüksek O₃ konsantrasyonu, kişisel örnekleme çalışması sonucunda fotokopi ve baskı işlemlerini gerçekleştiren çalışana ait örnekte 298,10 µg/m³ olarak bulunurken, bu değerden 18 kat daha düşük olan en düşük konsantrasyon ise 16,62 µg/m³ ile kırtasiye alanında elde edilmiştir. Elde edilen yüksek O₃ konsantrasyonlarının sebebi olarak fotokopi merkezlerinde bulunan fotokopi cihazları, yazıcı ve poster ekipmanlarda kullanılan

kimyasalların olduğu bilinmektedir (Çankaya et al., 2018; Kiurski et al., 2016; C. W. Lee et al., 2006; Wolkoff et al., 1993). SO₂, NO₂ ve ΣUOB konsantrasyonları arasında ise nokta bazında dikkat çeken bir fark söz konusu bulunmamıştır. Bu kirleticiler için yüksek konsantrasyonlar sırasıyla, 8,02 µg/m³ (fotokopi alanı), 62,96 µg/m³ (kişisel örnekleme) ve 244,79 µg/m³ (kırtasiye alanı) olarak ölçülmüştür.



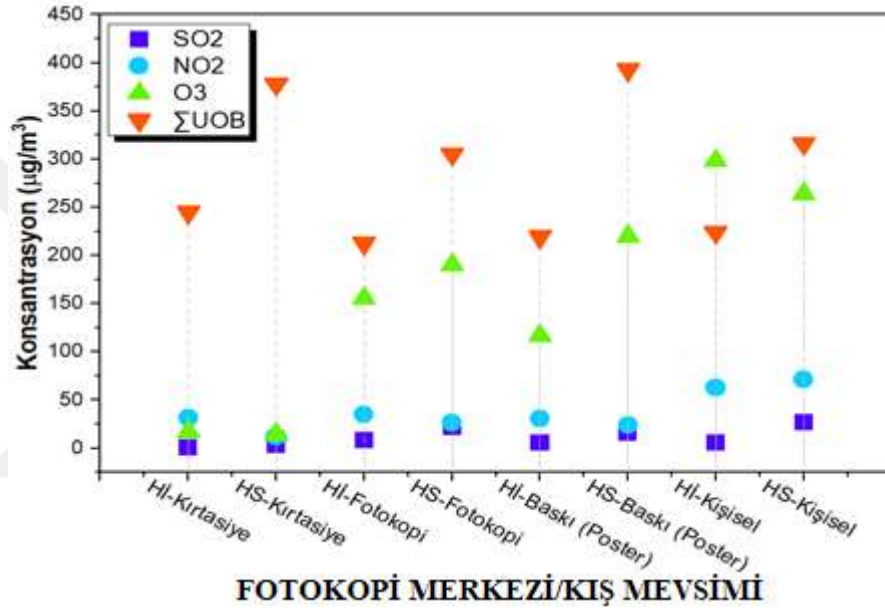
Tablo 6.3. Fotokopi merkezi kış mevsimi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

FOTOKOPİ MERKEZİ / KIŞ MEVSİMİ										
Bileşikler	Hafta İçi					Hafta Sonu				
	FM (Kırtasiye Alanı)	FM (Foto. Alanı)	FM (Baskı Alanı)	Kişisel	Dış	FM (Kırtasiye Alanı)	FM (Foto. Alanı)	FM (Baskı Alanı)	Kişisel	Dış
İnorganik Bileşikler										
<i>SO₂</i>	0,81	8,07	5,42	5,76	12,95	3,35	21,90	16,07	27,14	12,78
<i>NO₂</i>	31,18	34,71	30,38	62,96	71,63	12,25	26,21	23,85	71,41	64,51
<i>O₃</i>	16,62	155,53	116,69	298,10	60,22	14,19	190,06	219,99	263,78	66,51
UOB										
<i>İzopentan</i>	2,69	2,55	1,93	2,32	3,43	2,50	2,83	4,28	3,46	2,01
<i>1-Penten</i>	67,03	51,04	51,71	49,47	46,75	130,22	74,88	111,76	74,32	68,39
<i>n-Penten</i>	15,15	10,45	12,10	11,22	8,32	25,67	13,52	21,07	13,98	11,29
<i>İzopren</i>	2,28	2,28	2,20	2,33	2,40	4,26	4,32	4,52	4,40	4,55
<i>Trans-2-Penten</i>	0,31	0,27	0,26	0,30	0,39	0,26	0,49	0,78	0,47	0,48
<i>Cis-2-Penten</i>	2,90	2,85	2,96	2,89	3,07	5,54	5,57	5,77	5,52	6,01
<i>2,2-Dimetilbütan</i>	4,70	4,54	4,79	4,64	4,66	13,75	13,02	16,67	13,34	7,44
<i>Sikloheksan</i>	2,46	2,22	2,33	2,33	1,44	3,32	3,08	4,51	3,51	1,33
<i>Siklopentan</i>	5,18	5,20	5,35	5,22	5,36	10,88	10,70	16,03	10,80	8,70
<i>2-Metilpentan</i>	6,07	5,82	6,19	6,11	6,50	18,83	18,50	32,26	19,86	8,45
<i>3-Metilpentan</i>	3,06	2,87	3,10	3,03	2,94	12,72	12,04	15,10	12,29	4,67
<i>n-Hekzan</i>	1,76	1,54	1,66	1,85	1,11	13,64	12,86	35,18	17,39	0,98
<i>2,3-Dimetilbütan</i>	7,49	6,55	6,97	6,99	5,22	9,37	9,20	9,91	9,26	8,95
<i>Metilsiklopentan</i>	1,54	1,60	1,58	1,70	1,66	3,02	2,97	3,05	3,12	3,58
<i>2,4-Dimetilpentan</i>	0,97	0,93	0,98	0,98	0,87	3,07	2,91	3,66	2,88	1,64
<i>2-Metilheksan</i>	1,47	1,42	0,23	1,58	1,61	2,80	2,74	3,13	3,74	2,55
<i>2,3-Dimetilpentan</i>	1,53	1,46	3,29	1,44	1,30	1,59	1,55	2,71	2,79	2,16
<i>3-Metilheksan</i>	1,53	1,34	1,64	1,43	0,97	2,87	2,99	2,71	2,41	1,28
<i>Benzen</i>	4,15	3,98	4,84	4,53	5,88	4,93	4,56	6,43	5,70	6,88
<i>n-Heptan</i>	4,48	4,11	3,69	4,51	2,50	3,75	3,84	6,19	4,37	2,15
<i>Metilsikloheksan</i>	3,62	2,61	2,22	3,04	0,71	2,69	2,21	3,43	2,18	0,53

Tablo 6.3. (Devam) Fotokopi merkezi kış mevsimi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

FOTOKOPİ MERKEZİ / KIŞ MEVSİMİ										
Bileşikler	Hafta İçi					Hafta Sonu				
	FM (Kırtasiye Alanı)	FM (Foto. Alanı)	FM (Baskı Alanı)	Kişisel	Dış	FM (Kırtasiye Alanı)	FM (Foto. Alanı)	FM (Baskı Alanı)	Kişisel	Dış
UOB										
2,3,4-Trimetilpentan	4,16	3,75	4,00	3,90	7,59	17,24	12,54	7,25	13,81	11,17
Toluen	29,41	22,78	24,87	24,79	8,49	24,99	20,92	26,06	21,74	8,06
2-Metilheptan	2,39	2,24	2,22	2,24	2,10	4,03	4,51	3,66	4,23	3,76
3-Metilheptan	6,08	0,87	1,05	0,86	1,08	6,27	5,67	5,11	5,62	1,85
n-Oktan	2,39	2,29	2,34	2,24	0,47	2,05	2,40	1,67	1,87	0,64
Etilbenzen	2,11	2,06	2,16	2,16	1,40	2,38	2,53	2,74	2,34	1,83
m+p Ksilen	4,28	4,44	4,66	4,70	2,68	4,47	5,10	5,41	4,85	3,37
Stiren	5,76	5,14	5,33	5,59	0,78	5,64	4,89	4,24	4,59	1,46
o-Ksilen	3,95	4,00	4,09	4,29	1,82	4,15	5,07	4,97	4,39	2,87
n-Nonan	7,91	8,92	9,03	10,39	0,30	3,65	4,63	4,33	5,50	0,22
İzopropilbenzen	0,19	0,27	0,18	0,25	0,16	0,34	0,41	0,44	0,35	0,35
n-Propilbenzen	2,50	2,74	2,95	3,40	bla	1,42	1,67	0,86	1,59	bla
o-Etiltoluen	0,44	0,33	0,46	0,46	0,19	0,25	0,43	0,17	0,53	bla
p-Etiltoluen	0,62	0,57	0,65	0,74	0,26	0,43	0,71	0,67	0,71	0,30
1,3,5-Trimetilbenzen	2,50	1,94	2,37	4,01	1,16	0,96	1,09	0,64	1,02	2,23
1,2,3-Trimetilbenzen	2,55	2,93	3,06	3,62	bla	0,64	1,04	bla	1,35	bla
1,2,4-Trimetilbenzen	1,59	2,11	1,54	1,38	1,27	2,54	2,45	1,07	2,28	1,10
n-Dekan	20,41	21,89	23,21	26,31	bla	14,22	17,45	13,15	17,86	bla
m-Dietilbenzen	1,58	1,71	1,80	1,68	bla	1,68	1,75	0,13	1,82	0,16
p-Dietilbenzen	0,25	0,30	0,18	bla	0,22	0,45	0,54	bla	0,51	bla
n-Undekan	1,82	2,40	1,58	1,50	bla	2,70	3,01	bla	2,14	bla
n-Dodekan	1,53	2,92	1,50	1,64	0,64	1,55	1,47	0,55	1,32	0,29
ΣUOB	244,79	212,26	219,25	224,06	137,80	377,76	305,09	392,30	316,18	193,68

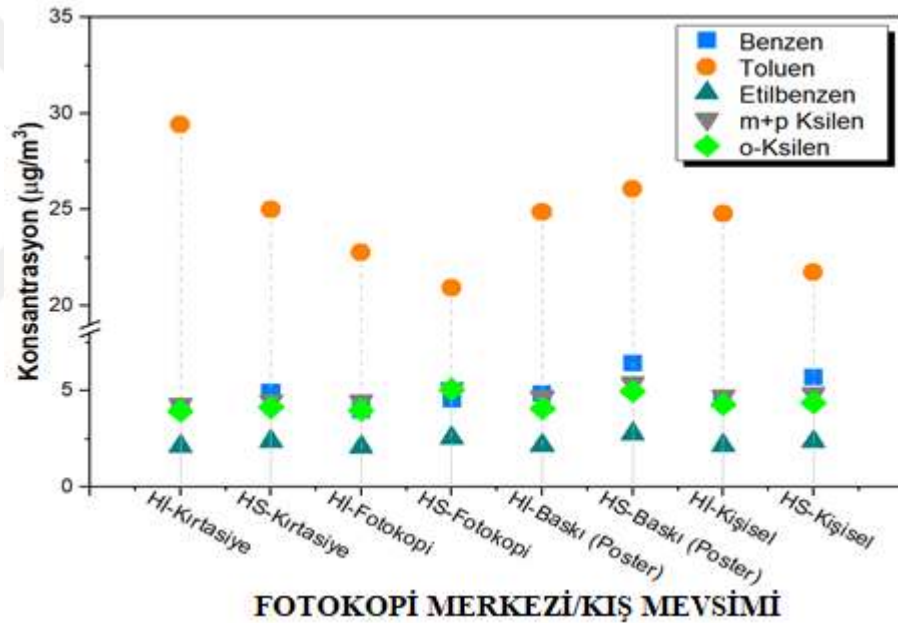
Kış mevsimine ait hafta sonu O₃ sonuçları ise hafta içi ile benzerlik göstermiş ve en yüksek konsantrasyon (263,78 µg/m³) kişisel örnekleme çalışması sonucunda elde edilmiştir. SO₂ ve NO₂ konsantrasyonları için örnekleme noktaları arasında herhangi bir farklılık gözlenmezken, ΣUOB konsantrasyonlarına ait sonuçlar dikkat çekmiştir. SO₂ ve NO₂ konsantrasyonlarında en yüksek değerler 12,78 µg/m³ (SO₂) ve 64,51 µg/m³ (NO₂) olarak kişisel örnekleme sonucu elde edilmiştir. Kırtasiye ve baskı alanındaki ΣUOB sonuçları en yüksek değerlere sahip olup sırasıyla 377,26 µg/m³ ve 392,30 µg/m³ olarak bulunmuştur.



Şekil 6.7. Fotokopi merkezi kış mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları

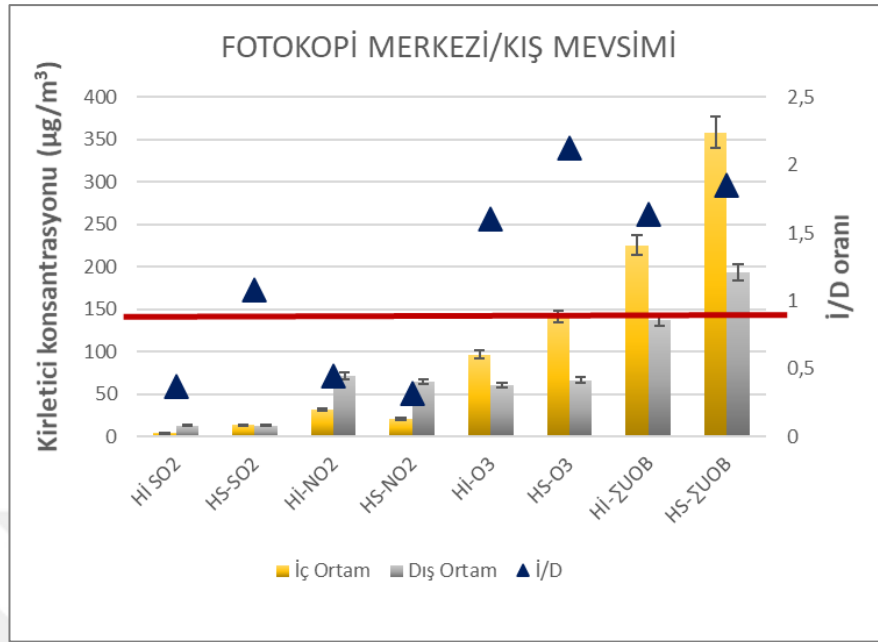
Kış dönemine ait hafta içi - hafta sonu sonuçlarının karşılaştırması yapıldığında, kırtasiye alanında inorganik bileşik sonuçları hemen hemen benzerlik gösterirken, hafta içi elde edilen ΣUOB sonucu (244,79 µg/m³) hafta sonu değerinden (377,76 µg/m³) daha düşük bulunmuştur. Fotokopi ve baskı alanındaki sonuçlar incelendiğinde, SO₂ ve NO₂ konsantrasyonlarında hafta içi ve hafta sonunda benzerlik söz konusu iken, O₃ ve ΣUOB sonuçları hafta sonu artış göstermiştir. Kişisel örnekleme sonuçlarında da SO₂ ve NO₂ seviyelerinin benzer olduğu gözlenmiştir, fakat O₃ ve ΣUOB örnekleme sonuçları iç ortam konsantrasyonlarının aksine hafta içinde daha yüksek seviyelerde elde edilmiştir.

Fotokopi merkezinde elde edilen Σ UOB sonuçları içinden BTEK bileşikleri incelendiğinde (Şekil 6.8), benzen, etilbenzen ve ksilenler için hem hafta içi hem de hafta sonu elde edilen değerlerin birbirine çok yakın olduğu gözlenmiştir. Bu değerler içerisinde de hem hafta içi hem de hafta sonunda en yüksek konsantrasyonlar baskı (poster) alanında ölçülmüştür. Hafta içi en yüksek değerler ($4,84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (benzen), $2,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (etilbenzen), $4,66 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (m+p ksilen) ve $4,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (o-ksilen)) baskı alanında ölçülürken, en yüksek toluen değeri ise ($29,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$) kırtasiye alanında ölçülmüştür. Hafta sonu ise en yüksek toluen değeri ($26,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$) baskı (poster) alanında elde edilmiştir. Ayrıca, BTEK'ler haricinde en yüksek konsantrasyonlara sahip diğer UOB'ler ise 1-penten, n-penten ve n-dekan olmuştur.



Şekil 6.8. Fotokopi merkezi kış mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme BTEK sonuçları

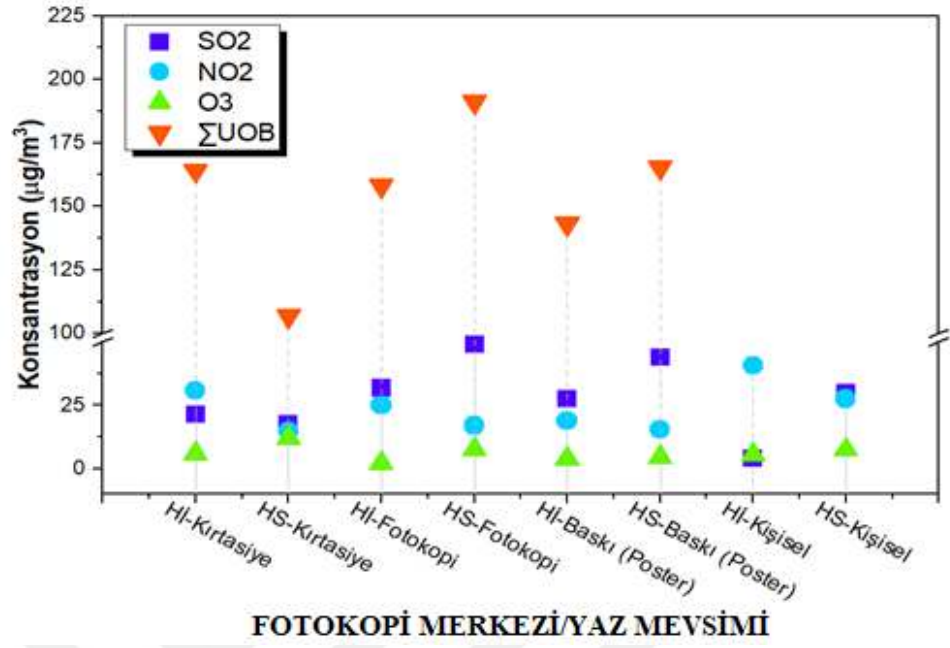
Fotokopi merkezinde kış dönemi için hesaplanan İ/D oranları Şekil 6.9'da gösterilmiştir. NO_2 sonuçlarında her iki örnekleme periyodunda (hafta içi ve hafta sonu) da dış ortam konsantrasyonunun iç ortamdan yüksek olduğu görülmüştür. SO_2 sonuçlarına bakıldığında, hafta içi dış ortam sonuçları yüksekken hafta sonu bu değerler birbirine çok yakın elde edilmiştir. Fakat O_3 ve Σ UOB sonuçlarında her örnekleme periyodunda da iç ortam ile dış ortam arasında oldukça büyük bir fark söz konusudur. O_3 ve Σ UOB'ler için > 1 İ/D oranları, SO_2 ve NO_2 için ise ≤ 1 İ/D oranları bulunmuştur.



Şekil 6.9. Fotokopi merkezi kış mevsimi İ/D oranları

Yaz mevsimi örnekleme sonuçları:

Fotokopi merkezinde yaz dönemi iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları Şekil 6.10'da verilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere, hafta içinde ölçülen en yüksek SO₂ konsantrasyonu 31,82 µg/m³ (fotokopi alanı), NO₂ konsantrasyonu 40,73 µg/m³ (kişisel), O₃ konsantrasyonu 5,89 µg/m³ ve ΣUOB konsantrasyonu 164,13 µg/m³ (kırtasiye alanı) olarak bulunmuştur. Hafta içi elde edilen iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları arasında büyük bir fark gözlenmemiştir. Hafta sonu elde edilen sonuçlara göre ise en yüksek SO₂ (48,99 µg/m³) ve ΣUOB (191,00 µg/m³) konsantrasyonları fotokopi alanında ölçülmüştür. En yüksek NO₂ konsantrasyonu (27,55 µg/m³) kişisel örnekleme sonucu, en yüksek O₃ konsantrasyonu (12,07 µg/m³) ise kırtasiye alanında elde edilmiştir. Fotokopi merkezinde yaz mevsiminde gerçekleştirilen örnekleme sonuçları Tablo 6.4'te yer almaktadır.



Şekil 6.10. Fotokopi merkezi yaz mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları

Tablo 6.4. Fotokopi merkezi yaz mevsimi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

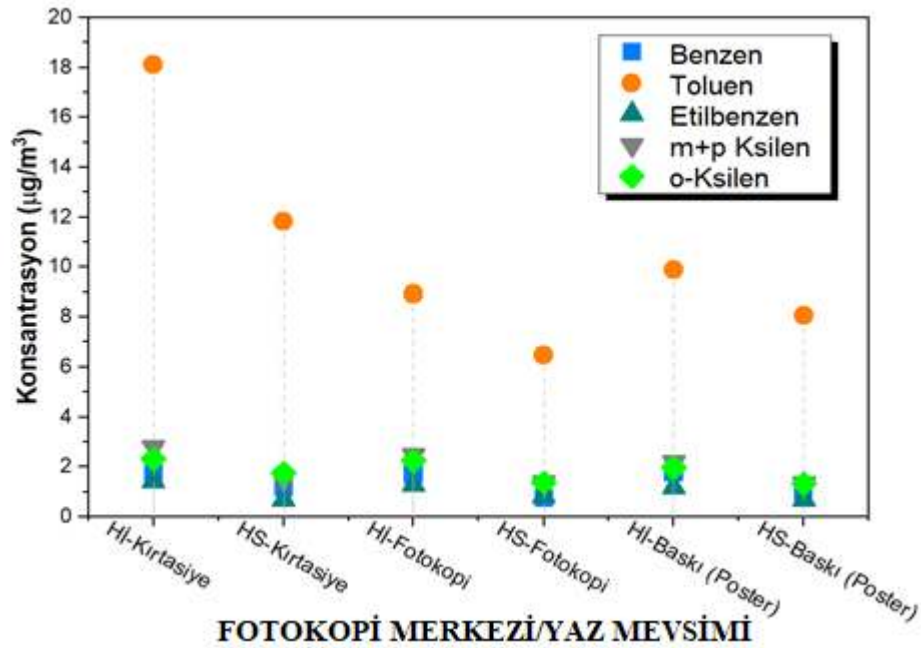
FOTOKOPİ MERKEZİ / YAZ MEVSİMİ										
Bileşikler	Hafta İçi					Hafta Sonu				
	FM (Kırtasiye Alanı)	FM (Foto. Alanı)	FM (Baskı)	KİŞİSEL	DIŞ	FM (Kırtasiye Alanı)	FM (Foto. Alanı)	FM (Baskı Alanı)	KİŞİSEL	DIŞ
İnorganik Bileşikler										
<i>SO₂</i>	21,55	31,82	27,69	4,21	9,32	17,57	48,99	43,86	29,82	11,46
<i>NO₂</i>	30,82	24,92	18,79	40,73	27,08	14,95	16,99	15,58	27,55	21,84
<i>O₃</i>	5,89	2,07	3,86	5,58	32,55	12,07	7,69	4,60	7,46	63,06
UOB'ler										
<i>İzopentan</i>	1,96	2,41	0,98	-	1,23	1,64	2,88	1,52	-	5,54
<i>1-Penten</i>	58,11	58,15	52,01	-	33,23	24,15	31,67	29,86	-	42,96
<i>n-Penten</i>	8,41	7,63	7,44	-	4,91	3,76	4,35	4,60	-	6,04
<i>İzopren</i>	2,15	2,16	2,17	-	2,27	0,00	2,52	0,00	-	2,54
<i>Trans-2-Penten</i>	1,27	1,23	1,19	-	1,11	1,08	1,04	1,17	-	1,26
<i>Cis-2-Penten</i>	2,91	3,16	2,91	-	2,84	3,35	3,26	3,29	-	3,37
<i>2,2-Dimetilbütan</i>	5,17	6,30	5,80	-	3,93	4,41	15,97	0,00	-	4,25
<i>Sikloheksan</i>	6,08	0,96	0,98	-	4,89	0,11	1,19	18,82	-	0,29
<i>Siklopentan</i>	0,63	5,61	5,43	-	1,70	4,40	9,17	6,63	-	4,66
<i>2-Metilpentan</i>	5,28	7,50	7,03	-	1,20	4,79	28,34	4,85	-	3,89
<i>3-Metilpentan</i>	2,61	4,59	4,15	-	1,61	3,64	20,04	18,99	-	2,22
<i>n-Heksan</i>	1,71	4,10	3,82	-	0,91	3,06	26,23	28,08	-	1,84
<i>2,3-Dimetilbütan</i>	1,06	1,91	1,54	-	1,13	1,06	1,69	1,69	-	0,98
<i>Metilsiklopentan</i>	0,32	0,16	dla	-	dla	dla	0,29	0,23	-	0,33
<i>2,4-Dimetilpentan</i>	0,15	0,45	0,30	-	0,30	0,29	3,09	3,20	-	dla
<i>2-Metilheksan</i>	0,69	1,31	1,30	-	0,66	1,42	1,54	1,79	-	1,38
<i>2,3-Dimetilpentan</i>	1,53	3,00	2,99	-	1,31	3,04	3,42	3,62	-	2,85
<i>3-Metilheksan</i>	3,00	1,10	1,01	-	2,66	0,88	1,25	1,71	-	0,80
<i>Benzen</i>	1,73	1,68	1,75	-	1,61	1,17	0,74	0,96	-	1,12
<i>n-Heptan</i>	3,66	1,61	1,96	-	2,21	1,09	0,99	0,78	-	1,44
<i>Metilsikloheksan</i>	1,52	1,48	1,30	-	0,71	1,18	0,81	0,70	-	0,38

Tablo 6.4. (Devam) Fotokopi merkezi kış mevsimi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

FOTOKOPİ MERKEZİ / YAZ MEVSİMİ										
Bileşikler	Hafta İçi					Hafta Sonu				
	FM (Kırtasiye Alanı)	FM (Foto. Alanı)	FM (Baskı)	Kişisel	Dış	FM (Kırtasiye Alanı)	FM (Foto. Alanı)	FM (Baskı Alanı)	Kişisel	Dış
<i>UOB'ler</i>										
2,3,4-Trimetilpentan	10,97	7,84	5,85	-	5,17	8,50	7,41	6,16	-	5,00
Toluen	18,12	8,92	9,88	-	3,99	11,82	6,48	8,05	-	2,87
2-Metilheptan	2,53	2,46	2,42	-	2,31	0,00	2,66	2,69	-	2,55
3-Metilheptan	5,44	5,26	4,87	-	1,68	4,51	5,45	5,45	-	1,61
n-Oktan	1,57	0,58	0,54	-	1,30	1,63	0,51	1,34	-	1,05
Etilbenzen	1,41	1,28	1,16	-	0,74	0,69	0,81	0,68	-	0,50
m+p Ksilen	2,79	2,47	2,17	-	1,41	1,51	1,37	1,34	-	1,02
Stiren	1,79	1,67	1,61	-	1,32	2,73	1,14	1,36	-	0,14
o-Ksilen	2,31	2,24	1,96	-	1,34	1,75	1,37	1,33	-	1,27
n-Nonan	0,84	0,64	0,61	-	0,68	0,70	0,27	0,66	-	1,29
İzopropilbenzen	dla	dla	dla	-	dla	dla	dla	dla	-	dla
n-Propilbenzen	0,19	0,15	0,09	-	dla	0,09	dla	dla	-	dla
o-Etiltoluen	1,02	1,02	1,05	-	0,92	1,04	0,88	0,95	-	0,91
p-Etiltoluen	0,26	0,32	0,40	-	0,18	0,39	0,25	0,24	-	0,25
1,3,5-Trimetilbenzen	1,09	1,99	dla	-	1,49	4,28	dla	dla	-	0,16
1,2,3-Trimetilbenzen	dla	dla	dla	-	0,61	dla	dla	dla	-	0,19
1,2,4-Trimetilbenzen	1,40	1,23	1,23	-	0,65	0,44	0,29	0,35	-	0,11
n-Dekan	1,64	1,63	1,57	-	0,50	0,30	0,29	0,23	-	0,14
m-Dietilbenzen	0,39	0,52	0,52	-	0,14	0,32	0,38	0,80	-	0,55
p-Dietilbenzen	0,04	0,04	0,03	-	0,07	0,26	0,10	0,07	-	0,20
n-Undekan	dla	dla	dla	-	0,56	dla	dla	dla	-	dla
n-Dodekan	0,37	1,48	1,22	-	4,32	1,27	0,83	1,19	-	1,86
ΣUOB	164,13	158,22	143,24	-	99,83	106,78	191,00	165,35	-	109,80

Yaz dönemindeki hafta içi ve hafta sonu örnekleme periyotlarında elde edilen sonuçlar her bileşik için farklılık göstermiştir. Kırtasiye alanında SO_2 , NO_2 ve ΣUOB konsantrasyonları hafta sonuna oranla daha yüksek ölçülürken, O_3 konsantrasyonları ise kırtasiye alanında hafta sonu daha yüksek ölçülmüştür. Fotokopi ve baskı alanlarında ve ayrıca kişisel örneklemeden elde edilen sonuçlara göre, NO_2 hariç diğer bileşikler hafta sonu daha yüksek gözlenmiştir.

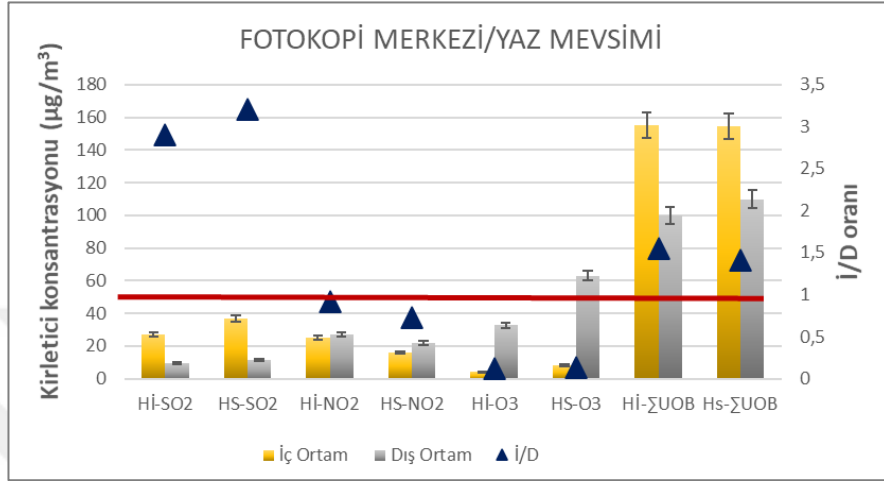
Hafta içine ait BTEK bileşiklerinin seviyeleri Şekil 6.11’de gösterilmiştir. Buna göre, benzen, etilbenzen ve ksilenler için elde edilen sonuçlar ($0,74\text{--}2,89 \mu\text{g}/\text{m}^3$) hem hafta içi hem de hafta sonu birbirine çok yakın seviyelerde bulunmuştur. Hafta içi ve hafta sonu en yüksek toluen konsantrasyonları ise kırtasiye alanında elde edilmiştir (hafta içi: $18,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$, hafta sonu: $11,82 \mu\text{g}/\text{m}^3$). BTEK bileşikleri haricinde yaz mevsimi örnekleme döneminde en yüksek konsantrasyonlara sahip bileşikler 1-penten, 3-metilpentan, n-hekzan ve 2,3,4-trimetilpentan olmuştur.



Şekil 6.11. Fotokopi merkezi yaz mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme BTEK sonuçları

Yaz dönemine ait ortalama iç ortam ve dış ortam konsantrasyonları ve İ/D oranları Şekil 6.12’de gösterilmiştir. Şekil 6.12’ye göre, SO_2 ve UOB konsantrasyonlarının iç ortam değerleri tüm yaz örneklemesinde dış ortamdan oldukça fazla bulunmuştur. O_3 ve

NO₂ bileşikleri için ise tersi bir durum elde edilmiştir ve dış ortamda daha yüksek konsantrasyonlar ölçülmüştür. Dolayısıyla, SO₂ ve UOB İ/D oranları > 1 iken, O₃ ve NO₂'ye ait İ/D oranları ≤ 1 olarak bulunmuştur.



Şekil 6.12. Fotokopi merkezi İ/D oranları

6.1.3. Restoran örnekleme sonuçları

Kış mevsimi örnekleme sonuçları:

Tez çalışmasında ele alınan iş yeri ortamlarından biri de restorandır. Restoran seçimi yapılırken özellikle ocakbaşı bir restoran olmasına özen gösterilmiştir. Bilindiği üzere, ocakbaşı restoranlarda pişirme işlemi müşterilerin bulunduğu salon kısmına açık bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle sadece pişirme işlemini yapan aşçının değil, müşterilerin de pişirme esnasında ortaya çıkan dumana maruz kalması söz konusudur. Dolayısıyla iç ortam örnekleme için biri ocakbaşı, diğeri ise salonun ocakbaşına en uzak konumunda olacak şekilde iki nokta seçilmiştir. Kişisel örnekleme çalışması ise ocakbaşında çalışan aşçıda gerçekleştirilmiştir. Restoranda gerçekleştirilen kış mevsimine ait örnekleme sonuçları Tablo 6.5'te verilirken, iç ortam (ocakbaşı ve salon) ve kişisel örnekleme (aşçı) sonuçları ise Şekil 6.13'te gösterilmiştir. Şekil 6.13'te hafta içi iç ortam konsantrasyonları incelendiğinde, inorganik bileşiklerin ocakbaşındaki noktada diğer noktadan daha yüksek elde edildiği görülmüştür. SO₂ konsantrasyonları salonda 14,58 µg/m³ iken, ocakbaşındaki konsantrasyon 39,04 µg/m³ olarak ölçülmüştür ve aralarında 2 kattan fazla fark söz konusudur. Hafta içi SO₂ kişisel örnekleme sonucu ise bu iki konsantrasyon arasında elde edilmiştir. NO₂ konsantrasyonlarında iki iç ortam arasında büyük bir fark bulunmamıştır (salon: 77,96 µg/m³, ocakbaşı: 93,70 µg/m³). Fakat hafta içi en yüksek NO₂ konsantrasyonu (175,59 µg/m³) kişisel örneklemeden elde edilmiştir. Bu konsantrasyon en yüksek iç ortam konsantrasyonunun yaklaşık 2 katıdır. Hafta içi O₃ konsantrasyonları ise yüksekten düşüğe doğru sırasıyla kişisel (65,72 µg/m³), ocakbaşı (58,71 µg/m³) ve salon (12,46 µg/m³) örnekleme sonuçlarına aittir. En yüksek ΣUOB konsantrasyonları ise restoran salonunda (236,37 µg/m³) bulunmuştur ve diğer iki örnekleme (iç ortam-ocakbaşı ve kişisel-aşçı) sonuçları ise birbirine oldukça yakındır (184,88-188,51 µg/m³). ΣUOB konsantrasyonlarına ait yüksek değerlerin sebebi olarak, hafta içi gerçekleştirilen örnekleme esnasında restoranda gerçekleştirilen boya-badana tadilatı olduğu tespit edilmiştir.

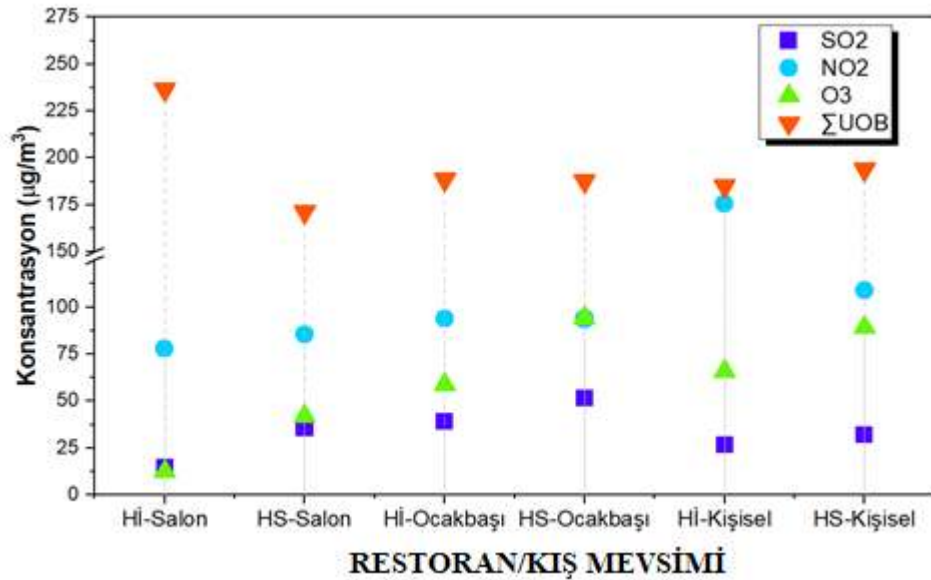
Tablo 6.5. Restoran kış mevsimi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

RESTORAN / KIŞ MEVSİMİ										
Bileşikler	Hafta İçi					Hafta Sonu				
	Restoran (Salon)	Restoran (Ocakbaşı)	Kişisel	Dış (Yol Cephesi)	Dış (Sokak Cephesi)	Restoran (Salon)	Restoran (Ocakbaşı)	Kişisel	Dış (Yol Cephesi)	Dış (Sokak Cephesi)
İnorganik Bileşikler										
<i>SO₂</i>	14,58	39,04	26,87	6,20	12,92	35,77	51,64	32,00	5,27	10,24
<i>NO₂</i>	77,96	93,70	175,59	44,06	36,92	85,47	93,62	109,00	45,07	40,31
<i>O₃</i>	12,46	58,71	65,72	86,86	21,02	41,78	94,23	89,19	38,08	14,36
UOB'ler										
<i>İzopentan</i>	6,32	3,04	3,02	3,74	4,12	2,43	2,39	1,80	7,47	1,90
<i>1-Penten</i>	49,06	46,30	46,54	58,14	37,35	35,44	43,88	40,46	73,58	37,21
<i>n-Penten</i>	13,79	12,27	11,93	9,76	7,32	8,91	12,23	12,65	11,01	7,64
<i>İzopren</i>	3,75	3,41	3,48	3,12	3,05	3,35	3,49	3,58	3,01	3,12
<i>Trans-2-Penten</i>	6,84	5,45	5,42	1,73	1,75	3,78	5,81	9,01	1,69	1,77
<i>Cis-2-Penten</i>	4,18	4,11	4,18	3,89	3,99	4,00	4,28	4,30	3,85	3,91
<i>2,2-Dimetilbütan</i>	5,08	5,17	5,12	5,45	4,38	4,29	4,84	4,82	6,03	4,34
<i>Sikloheksan</i>	1,21	1,36	1,41	1,54	0,90	0,97	1,07	1,10	1,53	0,69
<i>Siklopentan</i>	6,33	6,26	6,09	2,49	5,49	5,57	5,87	5,76	7,55	5,44
<i>2-Metilpentan</i>	7,39	7,12	6,78	14,32	4,80	5,04	6,29	5,87	9,00	4,96
<i>3-Metilpentan</i>	3,47	3,57	3,51	3,36	3,07	2,94	3,21	3,07	3,96	2,99
<i>n-Hekzan</i>	12,05	2,70	2,43	1,62	1,27	1,61	2,80	3,12	1,54	0,84
<i>2,3-Dimetilbütan</i>	29,92	15,48	14,90	4,01	3,27	19,70	12,30	10,84	3,98	3,13
<i>Metilsiklopentan</i>	5,10	3,83	3,45	0,15	1,09	3,49	4,37	7,27	bla	bla
<i>2,4-Dimetilpentan</i>	2,03	1,80	2,25	2,16	2,05	1,71	2,21	2,39	1,65	2,08
<i>2-Metilheksan</i>	3,52	3,15	3,25	3,99	3,74	3,49	3,16	3,67	3,70	3,24
<i>2,3-Dimetilpentan</i>	1,29	1,29	1,35	1,50	1,43	0,54	0,69	0,60	0,88	0,62
<i>3-Metilheksan</i>	1,18	1,16	1,19	1,42	1,32	1,82	1,81	1,98	2,12	1,80
<i>Benzen</i>	14,82	13,34	12,41	4,21	6,00	9,49	13,51	14,52	4,51	5,41
<i>n-Heptan</i>	3,54	2,98	2,64	3,23	1,77	2,73	2,83	4,08	2,72	1,55
<i>Metilsikloheksan</i>	1,23	0,75	0,60	0,36	0,21	0,70	0,62	0,97	0,37	0,29

Tablo 6.5. (Devam) Restoran kış mevsimi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Bileşikler	RESTORAN / KIŞ MEVSİMİ									
	Hafta İçi					Hafta Sonu				
	Restoran (Salon)	Restoran (Ocakbaşı)	Kişisel	Dış (Yol Cephesi)	Dış (Sokak Cephesi)	Restoran (Salon)	Restoran (Ocakbaşı)	Kişisel	Dış (Yol Cephesi)	Dış (Sokak Cephesi)
UOB'ler										
<i>2,3,4-Trimetilpentan</i>	4,84	4,29	4,27	6,85	6,38	7,16	8,32	8,79	7,96	7,70
<i>Toluen</i>	18,70	15,46	12,86	8,04	7,17	9,59	10,43	9,39	8,31	5,47
<i>2-Metilheptan</i>	3,40	3,21	3,32	3,33	3,19	3,38	3,27	3,23	3,32	3,20
<i>3-Metilheptan</i>	5,10	4,06	4,27	2,23	2,22	4,56	4,09	5,21	2,62	2,23
<i>n-Oktan</i>	1,95	1,16	1,14	0,67	0,90	1,25	1,91	2,03	1,12	0,98
<i>Etilbenzen</i>	2,51	2,01	2,07	1,25	1,08	1,76	1,80	1,94	1,38	0,90
<i>m+p Ksilen</i>	3,32	2,83	2,78	2,49	2,15	2,59	2,61	2,29	2,93	1,85
<i>Stiren</i>	3,17	2,11	2,36	1,52	1,50	2,84	2,68	2,81	1,48	1,56
<i>o-Ksilen</i>	3,56	3,17	3,38	2,79	2,34	2,59	3,58	2,95	3,11	2,34
<i>n-Nonan</i>	0,64	dla	dla	dla	dla	0,31	0,59	0,74	dla	0,14
<i>İzopropilbenzen</i>	0,32	0,40	0,33	0,41	0,20	0,33	0,37	0,38	0,26	0,29
<i>n-Propilbenzen</i>	0,27	dla	dla	dla	dla	0,81	0,08	0,25	0,19	0,11
<i>o-Etiltoluen</i>	0,55	0,41	0,36	dla	0,17	0,45	0,25	0,33	0,22	dla
<i>p-Etiltoluen</i>	0,37	1,21	0,27	dla	dla	0,28	0,21	0,32	dla	1,02
<i>1,3,5-Trimetilbenzen</i>	0,48	dla	0,38	0,86	0,39	2,25	0,23	1,44	0,10	0,22
<i>1,2,3-Trimetilbenzen</i>	0,87	0,13	0,45	dla	dla	1,56	0,52	0,65	dla	dla
<i>1,2,4-Trimetilbenzen</i>	2,30	1,61	1,67	dla	dla	0,33	1,75	1,60	0,38	dla
<i>n-Dekan</i>	dla	dla	0,24	dla	dla	0,67	0,20	0,12	dla	dla
<i>m-Dietilbenzen</i>	dla	dla	dla	0,25	0,66	dla	dla	dla	0,36	0,73
<i>p-Dietilbenzen</i>	0,88	0,92	1,16	dla	dla	1,14	1,15	1,30	dla	0,20
<i>n-Undekan</i>	dla	dla	0,63	0,56	0,56	4,18	4,71	5,26	3,74	4,07
<i>n-Dodekan</i>	1,05	0,97	0,97	dla	0,16	1,28	1,04	1,00	dla	dla
ΣUOB	236,37	188,51	184,88	161,43	127,46	171,31	187,48	193,91	187,67	125,67

Kış dönemi hafta sonu örnekleme sonuçlarına göre, en yüksek SO₂ konsantrasyonu (51,64 µg/m³) hafta içinde olduğu gibi ocakbaşında ölçülürken, diğer iki konumdaki (iç ortam-salon ve kişisel- aşçı) sonuçlar birbirine çok yakın bulunmuştur. NO₂ örnekleme sonuçları için hafta içi örnekleme noktaları arası elde edilen ilişkiye benzer sonuçlar bulunmuştur. En yüksek konsantrasyon (109,00 µg/m³) kişisel örnekleme sonucu bulunmuştur. Kişisel örnekleme sonucunun bu kadar yüksek olmasına restoranda pişirme için kullanılan kömürün yanmasının yanı sıra aşçının sigara kullanımının katkısının olduğu bilinmektedir (Özden ve diğ., 2008). İç ortamlarda ise birbirine yakın seviyeler ölçülmüştür. O₃ örnekleme sonuçlarına göre en yüksek değer ocakbaşında (94,23 µg/m³) elde edilirken, en düşük değer salonda (41,78 µg/m³) elde edilmiştir. Bunun nedeni olarak restoranda sürekli olarak kullanılan oda spreylerinin reaksiyona girerek ikincil kirleticilerin oluşumuna sebep olduğu Singer ve diğ. (2020)'nin yapmış olduğu çalışmada bildirilmiştir (Singer ve diğ., 2006). ΣUOB konsantrasyonları için ise iç ortamlar ve kişisel örneklemeden elde edilen değerler birbirine oldukça yakın bulunmuştur (kişisel: 193,91 µg/m³, salon: 171,31 µg/m³).

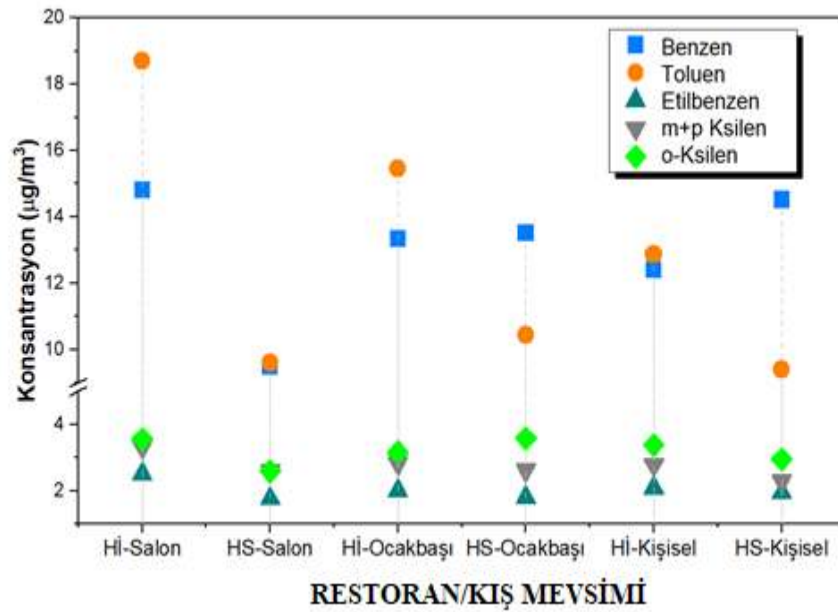


Şekil 6.13. Restoran kış mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları

Kış mevsimindeki hafta içi - hafta sonu sonuçları karşılaştırıldığında, inorganik bileşikler salonda hafta sonu daha yüksek elde edilirken, ΣUOB konsantrasyonu hafta

içinde daha yüksek bulunmuştur. Ocakbaşı sonuçlarına göre ise SO₂ ve O₃ seviyeleri hafta sonu daha yüksekken, NO₂ ve Σ UOB konsantrasyonları hafta içi ve hafta sonu yakın olarak bulunmuştur. Kişisel örnekleme sonuçlarına göre, NO₂ hariç diğer bileşiklere ait sonuçların hafta sonu daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

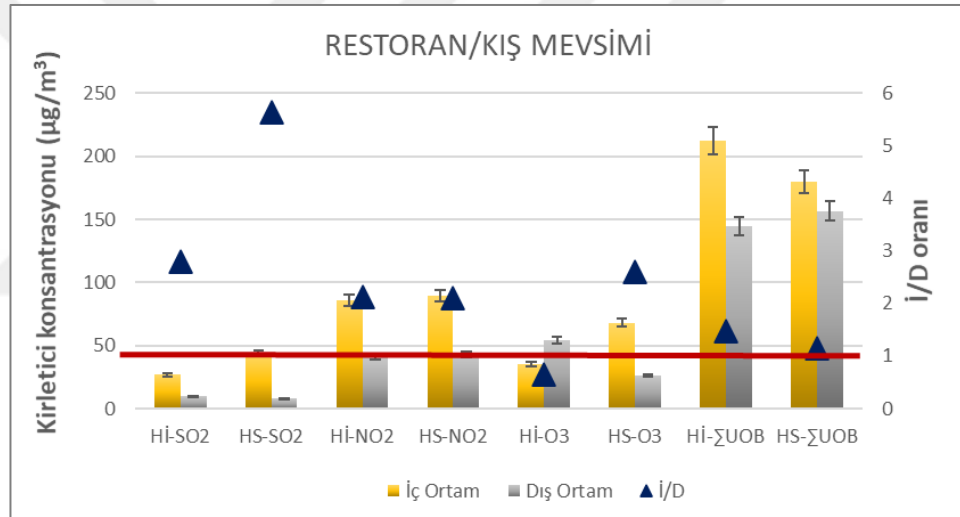
Kış dönemi BTEK bileşiklerinin örnekleme sonuçları ise Şekil 6.14'te gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre, hafta içi ve hafta sonu etilbenzen ve ksilen seviyeleri iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçlarında birbirlerine çok yakın bulunmuştur. En yüksek hafta içi benzen ve toluen konsantrasyonları salonda bulunmuştur (benzen: 14,82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, toluen: 18,70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Hafta sonu ise en yüksek benzen konsantrasyonu (14,52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) kişisel örnekleme sonucu, en yüksek toluen konsantrasyonu (10,43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ise ocakbaşında ölçülmüştür. İş yerinde gerçekleştirilen tadilatın benzen ve toluen konsantrasyonlarına da yansıdığı gözlenmiştir. Bu bileşiklerin yanı sıra, restoranda en yüksek gözlenen diğer UOB'ler ise 1-penten, n-penten 2,3-dimetilbütan ve 2,3,4-trimetilpentan olmuştur.



Şekil 6.14. Restoran kış mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme BTEK sonuçları

Restorandaki kış mevsimi iç ortam ve dış ortam örnekleme sonuçları arasındaki ilişki Şekil 6.15'te gösterilmiştir. Restoran konumu itibarıyla iki farklı cepheye sahip olduğundan dolayı, yol üzeri (trafiğin yoğun olduğu) ve ara sokak cephesi olarak 2 adet

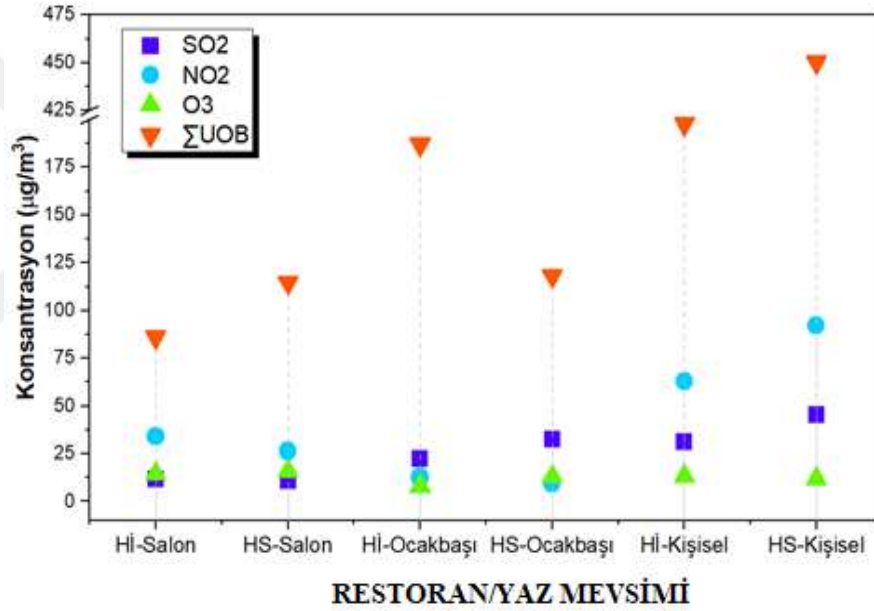
dış ortam örnekleme noktası seçilmiştir. Dış ortam örnekleme sonuçları incelendiğinde, yol cephesinde ölçülen O_3 ve ΣUOB konsantrasyonlarının ara sokak örneklerinden daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Diğer bileşiklerde ise sonuçlar iki noktada da birbirlerine oldukça yakındır. Şekil 6.15'te görüldüğü üzere, O_3 hariç diğer bileşiklerde hafta sonu ölçülen iç ortam değerleri dış ortam konsantrasyonlarından çok daha yüksek elde edilmiştir. Dolayısıyla, İ/D oranı sadece hafta sonu O_3 bileşeni için ≤ 1 olarak elde edilmiştir. Bu durum, ocakbaşı restoranda kullanılan kömürün özellikle yanma işleminden dolayı ortaya çıkan SO_2 ve NO_2 bileşiklerinin iç ortam konsantrasyonlarının daha yüksek seviyelerde bulunması ile açıklanabilir (Arı ve diğ., 2020; Guo ve diğ., 2003; S. Lee ve diğ., 2002; Zhao ve diğ., 2015).



Şekil 6.15. Restoran kış mevsimi İ/D oranları

Yaz mevsimi örnekleme sonuçları:

İç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları Şekil 6.16’da gösterildiği gibidir. Bu sonuçlara göre, hafta içi O₃ ve SO₂ konsantrasyonlarının iç ortamdaki iki farklı noktada birbirine yakın olduğu gözlenmiştir. Restoranın salon kısmında ölçülen NO₂ konsantrasyonları ise ocakbaşındaki konsantrasyondan daha yüksek elde edilmiştir (salon: 34,22 µg/m³, ocakbaşı: 12,68 µg/m³). ΣUOB konsantrasyonları ise ocakbaşında daha yüksek bulunmuştur (salon: 86,08 µg/m³, ocakbaşı: 186,96 µg/m³). Hafta içi örnekleme periyodunda en yüksek konsantrasyon O₃ hariç kişisel örnekleme sonucu bulunmuştur (SO₂: 31,09 µg/m³, NO₂: 62,97 µg/m³, ΣUOB: 197,50 µg/m³). Yaz mevsimi restoran örnekleme sonuçları Tablo 6.6’da verilmiştir.



Şekil 6.16. Restoran yaz mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları

Tablo 6.6. Restoran yaz mevsimi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

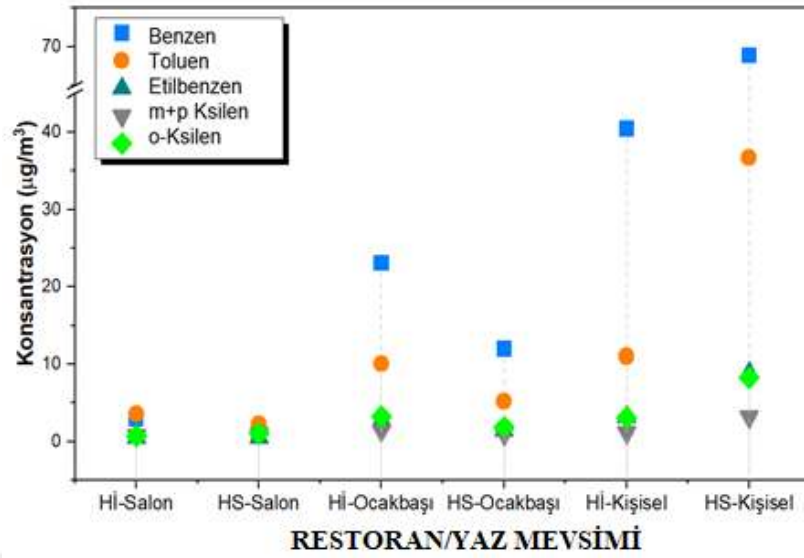
RESTORAN / YAZ MEVSİMİ											
Bileşikler	Hafta İçi					Hafta Sonu					
	Restoran (Salon)	Restoran (Ocakbaşı)	Kişisel	Dış (Yol Cephesi)	Dış (Sokak Cephesi)	Restoran (Salon)	Restoran (Ocakbaşı)	Kişisel	Dış (Yol Cephesi)	Dış (Sokak Cephesi)	
İnorganik Bileşikler											
<i>SO₂</i>	11,80	10,53	31,09	39,58	18,23	11,05	32,38	45,59	5,82	10,13	
<i>NO₂</i>	34,22	12,68	62,97	17,01	7,72	26,38	9,20	92,16	14,67	5,37	
<i>O₃</i>	14,69	8,04	13,31	53,56	65,97	15,83	13,01	11,96	46,83	72,19	
UOB'ler											
<i>İzopentan</i>	1,41	4,75	2,65	5,29	10,85	16,65	6,30	13,56	0,95	8,30	
<i>1-Penten</i>	24,78	32,11	23,56	37,82	48,32	41,69	15,40	17,56	12,51	26,15	
<i>n-Penten</i>	3,57	11,87	12,08	3,96	4,22	2,68	5,89	24,40	1,86	1,67	
<i>İzopren</i>	2,25	3,75	4,02	2,12	2,11	1,92	2,70	6,77	2,29	2,09	
<i>Trans-2-Penten</i>	0,83	10,75	13,79	0,29	dla	0,42	6,23	36,14	dla	dla	
<i>Cis-2-Penten</i>	3,03	3,52	3,99	2,75	2,71	2,44	3,07	5,55	2,86	2,64	
<i>2,2-Dimetilbütan</i>	3,11	3,46	3,52	3,53	3,34	2,25	2,31	3,47	2,71	2,40	
<i>Sikloheksan</i>	0,02	0,22	0,31	0,17	0,22	dla	dla	0,55	4,13	dla	
<i>Siklopentan</i>	3,51	3,57	3,54	3,74	4,19	2,73	2,99	3,24	0,00	3,02	
<i>2-Metilpentan</i>	2,33	2,56	2,08	2,74	4,53	1,14	1,00	2,02	1,59	1,16	
<i>3-Metilpentan</i>	1,28	1,29	1,26	1,31	1,62	0,80	0,94	1,16	1,05	0,97	
<i>n-Hekzan</i>	0,63	5,92	6,59	1,79	21,67	2,31	2,68	39,04	1,91	2,25	
<i>2,3-Dimetilbütan</i>	3,53	2,28	3,47	0,98	0,65	2,53	1,97	3,89	0,92	0,32	
<i>Metilsiklopentan</i>	dla	13,45	17,06	dla	dla	0,58	7,39	44,57	0,75	0,94	
<i>2,4-Dimetilpentan</i>	2,86	2,82	2,88	2,72	2,81	2,62	2,52	2,68	2,72	2,59	
<i>2-Metilheksan</i>	2,29	2,25	1,13	2,32	2,27	dla	dla	dla	1,16	1,11	
<i>2,3-Dimetilpentan</i>	1,22	1,22	2,39	1,21	1,22	1,06	1,09	dla	2,40	2,28	
<i>3-Metilheksan</i>	0,66	1,00	1,12	0,67	0,65	0,56	0,74	1,79	0,65	0,55	
<i>Benzen</i>	2,92	23,08	40,44	1,47	1,23	1,21	11,99	68,89	1,29	0,61	
<i>n-Heptan</i>	1,22	6,60	6,24	1,03	0,62	1,67	3,66	18,04	0,50	dla	
<i>Metilsikloheksan</i>	0,41	1,63	0,98	dla	0,38	1,01	1,02	5,03	0,58	0,49	

Tablo 6.6. (Devam) Restoran yaz mevsimi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

RESTORAN / YAZ MEVSİMİ										
Bileşikler	Hafta İçi					Hafta Sonu				
	Restoran (Salon)	Restoran (Ocakbaşı)	Kişisel	Dış (Yol Cephesi)	Dış (Sokak Cephesi)	Restoran (Salon)	Restoran (Ocakbaşı)	Kişisel	Dış (Yol Cephesi)	Dış (Sokak Cephesi)
UOB'ler										
2,3,4-Trimetilpentan	0,00	5,03	dla	3,90	3,74	3,68	5,19	6,43	3,75	3,92
Toluen	3,60	10,07	11,02	2,13	1,57	2,23	5,17	36,68	2,03	1,07
2-Metilheptan	2,23	2,40	2,59	2,13	2,12	2,01	2,11	6,76	2,12	2,12
3-Metilheptan	3,49	0,31	0,34	1,22	0,76	1,93	2,90	2,75	0,77	0,97
n-Oktan	2,07	5,05	7,28	2,02	0,56	1,27	4,05	17,65	0,74	dla
Etilbenzen	0,48	2,75	3,12	0,27	0,42	0,49	1,44	8,81	0,38	0,18
m+p Ksilen	0,79	1,41	1,18	0,69	1,00	0,99	0,96	3,15	1,03	0,59
Stiren	dla	2,66	2,96	0,73	1,17	2,47	2,30	9,59	2,11	1,55
o-Ksilen	0,71	3,26	3,16	0,78	0,76	1,07	1,91	8,24	1,22	0,63
n-Nonan	1,14	dla	dla	0,56	0,18	0,34	1,91	7,65	0,15	dla
İzopropilbenzen	dla	0,62	dla	dla	dla	0,36	0,40	1,91	dla	0,29
n-Propilbenzen	0,37	0,65	0,68	0,26	dla	0,03	0,17	2,82	0,11	dla
o-Etiltoluen	0,34	0,86	0,53	0,20	0,47	0,23	0,17	2,32	0,22	0,10
p-Etiltoluen	dla	0,53	0,32	dla	0,41	0,64	0,08	3,07	0,02	dla
1,3,5-Trimetilbenzen	5,00	5,36	3,43	4,71	9,18	8,42	5,76	9,07	5,72	5,09
1,2,3-Trimetilbenzen	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	9,77	dla	2,18
1,2,4-Trimetilbenzen	0,84	1,26	1,04	dla	0,26	0,49	0,91	2,55	0,67	0,26
n-Dekan	0,29	0,88	0,57	dla	0,13	0,23	0,11	2,19	dla	dla
m-Dietilbenzen	0,29	0,56	0,74	0,27	0,17	0,13	0,29	2,40	0,40	0,22
p-Dietilbenzen	0,13	0,67	0,80	dla	dla	dla	0,40	3,37	dla	0,15
n-Undekan	1,63	3,27	3,87	0,95	0,68	0,18	0,49	dla	0,44	dla
n-Dodekan	0,80	1,26	0,78	0,73	1,54	1,09	1,44	4,66	1,30	0,60
ΣUOB	86,08	186,96	197,50	97,48	138,73	114,57	118,08	450,16	66,01	79,51

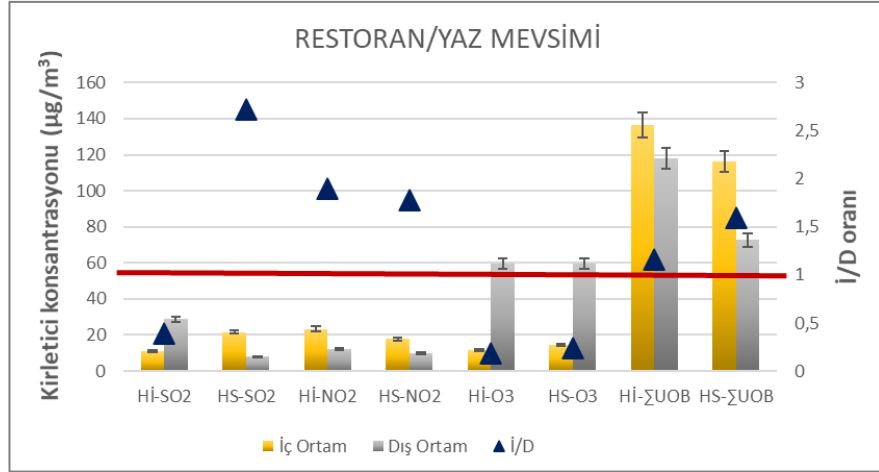
Hafta sonu örnekleme sonuçlarına bakıldığında, iç ortamlarda O_3 ve $\sum UOB$ sonuçlarının birbirine oldukça yakın olduğu gözlenmiştir. İki iç ortam noktasında ölçülen SO_2 konsantrasyonları karşılaştırıldığında, ocakbaşında daha yüksek seviyeler ölçülmüştür. NO_2 konsantrasyonu ise salon kısmında daha yüksek bulunmuştur. Kişisel örnekleme sonuçlarında ise hafta içindekine benzer bir ilişki söz konusudur. O_3 dışında en yüksek değerler kişisel örnekleme sonucu bulunmuştur (SO_2 : 45,59 $\mu g/m^3$, NO_2 : 92,16 $\mu g/m^3$, $\sum UOB$: 450,16 $\mu g/m^3$). Kişisel örnekleyiciyi taşıyan gönüllü çalışan ocakbaşında aşçı olduğundan dolayı ve çalışma süresi boyunca (12 saat) ocakbaşında bulunduğu için, kişisel örnekten elde edilen yüksek konsantrasyonların ana kaynağı olarak kömür yanması olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, elde edilen yüksek $\sum UOB$ konsantrasyonlarının kaynağı olarak da iş yerinde kullanılmaya başlanan otomatik oda spreyi olduğu düşünülmektedir. Bu oda spreyinin konumu ise iş yerindeki kasa ile ocak arasında kalan kısımda olduğu için kişisel örnekleme sonucunun daha yüksek çıkmasına sebep olduğu tahmin edilmektedir.

Hafta içi ve hafta sonu örnekleme sonuçları arasındaki fark ise en belirgin olarak NO_2 ve $\sum UOB$ sonuçlarında gözlenmiştir. Hafta sonu salon ve ocakbaşında ölçülen inorganik birleşikler hafta içindeki sonuçlara çok yakın bulunmuştur. Kişisel örneklemede ise O_3 dışındaki diğer birleşiklerde hafta sonu konsantrasyonları hafta içi konsantrasyonlarından daha yüksek elde edilmiştir. BTEK bileşikleri incelendiğinde, ocakbaşı ve özellikle kişisel örneklemeyle ait benzen ve toluen değerleri salon örneğinden elde edilen sonuçların daha fazla olduğu görülmüştür (Şekil 6.17). Hafta içi en yüksek benzen konsantrasyonu (40,44 $\mu g/m^3$) kişisel örnekleme sonucu elde edilmiştir. Bu değeri 23,08 $\mu g/m^3$ olarak ocakbaşında ölçülen sonuç izlemiştir. Hafta sonu sonuçlarında da benzer durum söz konusu olmuştur (kişisel: 68,89 $\mu g/m^3$, ocakbaşı: 12,10 $\mu g/m^3$ salon: 11,99 $\mu g/m^3$). Hafta içi ve hafta sonu toluen konsantrasyonlarının ölçüm noktasına göre değişimi de benzen konsantrasyonları ile benzerlik göstermektedir. En yüksek toluen konsantrasyonları kişisel örnekleme sonucu elde edilmiştir (hafta içi: 11,02 $\mu g/m^3$, hafta sonu: 36,68 $\mu g/m^3$). Bu bileşiklerin yanı sıra en yüksek konsantrasyonlara sahip UOB'ler, 1-penten, n-hekzan, metilsiklopentan ve n-oktan olmuştur.



Şekil 6.17. Restoran yaz mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme BTEK sonuçları

Restoranda yaz mevsimi ölçülen iç ortam ve dış ortam örnekleme sonuçları ve hesaplanan İ/D oranları Şekil 6.18’de gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre NO_2 ve ΣUOB ’ler için hem hafta içi hem de hafta sonu iç ortamda ölçülen konsantrasyonlar ve ayrıca hafta sonu ölçülen iç ortam SO_2 konsantrasyonu dış ortamdaki daha yüksek bulunmuştur. O_3 bileşeni için ise tersi durum gözlenmiştir ve hem hafta içi hem de hafta sonu çok daha yüksek (≈ 4 kat) dış ortam seviyeleri ölçülmüştür. Bu durumun sebebi, yaz aylarında hava sıcaklığındaki artışın O_3 oluşum tepkimelerine katkısı olarak görülmektedir. İ/D oranları incelendiğinde ise hafta sonu SO_2 oranının, hem hafta içi hem de hafta sonu NO_2 ve ΣUOB İ/D oranlarının > 1 olduğu tespit edilmiştir. Bu oran, elde edilen kirletici konsantrasyonunda iç ortamın mı yoksa dış ortamın mı daha baskın olduğunu tahmin etmek amacıyla kullanılmaktadır. Dolayısıyla, yaz dönemi restoran sonuçlarında şu söylenebilir ki, İ/D oranları > 1 olan kirleticilerin baskın kaynakları iç ortamda meydana gelen yanma işlemi, oda spreyi kullanımı ve temizlik gibi çeşitli aktivitelerdir.



Şekil 6.18. Restoran yaz mevsimi İ/D oranları

6.1.4. Kuaför örnekleme sonuçları

Kış mevsimi örnekleme sonuçları:

Çalışmada çalışılan iş yerleri arasında kuaförün seçilmesinin en büyük nedeni, kuaför ortamlarında gerçekleştirilen aktivitelerde çok fazla kimyasal maddelerin kullanılmasıdır. Kuaförde elde edilen sonuçlar Tablo 6.7’de verilmiştir. İç ortama yerleştirilen örnekleyicilerden biri kuaför salonunun ortasında, bir diğeri makyaj ve kişisel bakım aktivitelerinin gerçekleştirildiği üst katta örneklemeye maruz bırakılmıştır. Ayrıca, kişisel örnekleme çalışması için gönüllü olan kuaför çalışanı sigara kullanmakta ve kuaför salonun iç kısmında bulunan mutfak kısmında sigara içilmektedir. Kış dönemine ait iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları Şekil 6.19’da gösterilmiştir. Şekil 6.19’a göre, O₃ seviyeleri her noktada hem hafta içi hem de hafta sonu birbirlerine çok yakın bulunmuştur. Hafta içi en yüksek SO₂ konsantrasyonu (73,57 µg/m³) kişisel örnekleme sonucu elde edilirken, en düşük konsantrasyon ise salonda 41.18 µg/m³ olarak elde edilmiştir. Hafta içi en yüksek NO₂ konsantrasyonu (91,02 µg/m³) yine kişisel örnekleme sonucu bulunurken, en düşük konsantrasyon (60,45 µg/m³) ise makyaj alanında bulunmuştur. ΣUOB konsantrasyonlarında ise daha farklı bir durum gözlenmiştir. Hafta içi en yüksek konsantrasyon (341,18 µg/m³) makyaj alanında, en düşük konsantrasyon (281,343 µg/m³) ise salonda ölçülmüştür.

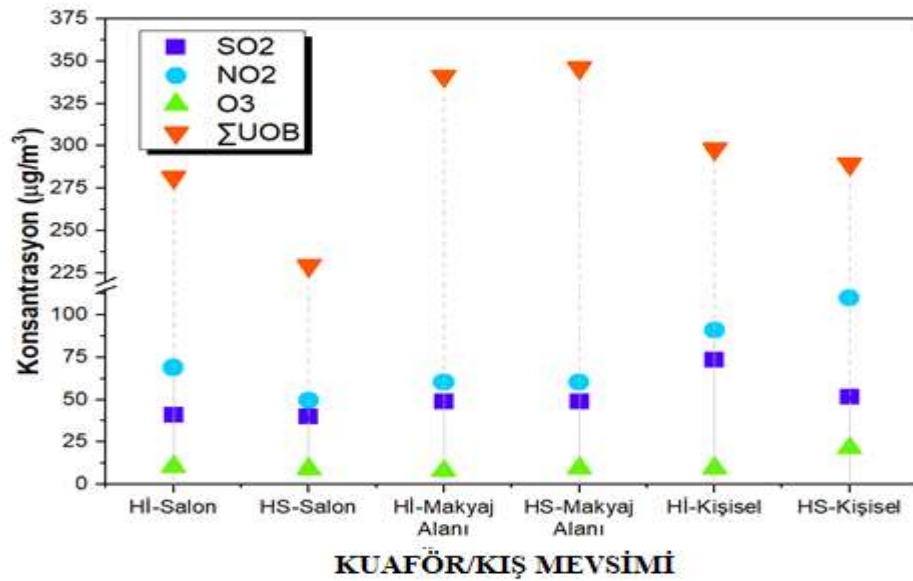
Tablo 6.7. Kuaför kış mevsimi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

KUAFÖR / KIŞ MEVSİMİ									
Bileşikler	Hafta İçi					Hafta Sonu			
	Kuaför (Salon)	Kuaför (Makyaj)	Kişisel	Dış	Kuaför (Salon)	Kuaför (Makyaj)	Kişisel	Dış	
İnorganik Bileşikler									
<i>SO₂</i>	41,18	48,86	73,57	35,97	40,01	48,88	51,74	24,85	
<i>NO₂</i>	68,87	60,45	91,02	108,5	49,50	60,46	110,16	56,08	
<i>O₃</i>	10,32	7,93	9,38	58,50	9,06	9,59	21,32	31,71	
UOB'ler									
<i>İzopentan</i>	5,03	3,23	2,61	3,40	2,38	3,08	3,96	2,60	
<i>1-Penten</i>	79,24	79,88	99,92	35,01	77,57	79,58	118,99	36,46	
<i>n-Penten</i>	20,81	20,99	15,99	7,20	18,60	16,54	14,07	7,04	
<i>İzopren</i>	2,64	2,78	2,75	2,60	2,83	2,74	2,97	2,64	
<i>Trans-2-Penten</i>	0,94	0,99	0,94	0,33	0,88	0,71	1,01	0,22	
<i>Cis-2-Penten</i>	3,53	3,95	3,60	3,36	3,45	3,54	3,51	3,45	
<i>2,2-Dimetilbütan</i>	4,40	4,58	4,03	3,30	3,84	4,21	3,91	3,73	
<i>Sikloheksan</i>	1,03	0,98	0,80	0,57	1,06	0,95	0,96	0,71	
<i>Siklopentan</i>	5,21	5,32	5,08	4,93	4,88	4,82	4,76	4,84	
<i>2-Metilpentan</i>	6,60	6,57	6,23	5,04	5,51	5,86	5,28	5,04	
<i>3-Metilpentan</i>	3,12	3,29	3,07	2,85	2,88	3,19	2,83	2,84	
<i>n-Hekzan</i>	6,64	2,75	1,71	3,25	1,40	2,41	1,51	1,09	
<i>2,3-Dimetilbütan</i>	33,88	41,90	36,56	5,74	28,89	35,05	34,56	5,68	
<i>Metilsiklopentan</i>	1,15	1,83	0,70	2,10	1,03	1,02	0,66	0,71	
<i>2,4-Dimetilpentan</i>	0,33	1,06	0,15	0,47	dla	0,68	1,17	1,01	
<i>2-Metilheksan</i>	2,81	2,83	3,59	2,90	2,80	2,80	2,84	2,94	
<i>2,3-Dimetilpentan</i>	1,58	1,14	1,49	1,20	1,56	1,61	1,56	1,60	
<i>3-Metilheksan</i>	1,19	1,70	1,81	1,81	0,86	1,01	1,05	0,95	
<i>Benzen</i>	5,38	6,35	6,18	2,63	4,16	4,81	4,75	2,71	
<i>n-Heptan</i>	2,42	2,92	2,09	1,45	1,83	1,58	1,48	1,09	
<i>Metilsikloheksan</i>	2,02	6,84	2,44	0,19	0,70	3,06	0,92	dla	

Tablo 6.7. (Devam) Kuaför kış mevsimi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Bileşikler	KUAFÖR / KIŞ MEVSİMİ							
	Hafta İçi				Hafta Sonu			
	Kuaför (Salon)	Kuaför (Makyaj)	Kişisel	Dış	Kuaför (Salon)	Kuaför (Makyaj)	Kişisel	Dış
UOB'ler								
2,3,4-Trimetilpentan	4,55	6,45	4,68	3,58	dla	4,45	3,84	4,95
Toluen	15,07	19,24	17,47	5,96	10,15	15,20	13,09	4,75
2-Metilheptan	2,78	2,93	3,14	2,73	2,84	2,72	3,12	2,72
3-Metilheptan	4,02	4,18	4,52	2,32	3,45	4,93	3,48	2,07
n-Oktan	45,05	83,14	45,76	8,31	34,91	125,15	39,51	10,63
Etilbenzen	2,45	2,73	2,60	0,86	1,28	1,71	1,70	0,72
m+p Ksilen	4,27	4,51	4,46	1,72	2,86	3,94	3,28	1,33
Stiren	1,43	1,52	1,70	dla	0,64	1,09	0,90	dla
o-Ksilen	3,22	2,83	3,19	1,53	1,85	2,89	2,56	1,14
n-Nonan	0,38	dla	0,20	0,33	dla	dla	dla	0,37
İzopropilbenzen	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
n-Propilbenzen	0,54	0,37	0,96	0,03	0,42	0,55	1,12	0,31
o-Etiltoluen	0,45	0,28	0,51	dla	0,39	0,62	0,63	0,16
p-Etiltoluen	dla	0,32	0,31	0,93	0,15	0,19	0,30	0,10
1,3,5-Trimetilbenzen	0,74	1,05	0,65	dla	dla	1,61	1,06	0,57
1,2,3-Trimetilbenzen	0,57	0,70	dla	dla	1,10	dla	0,50	dla
1,2,4-Trimetilbenzen	3,70	6,89	4,84	0,78	1,17	0,37	dla	0,45
n-Dekan	0,66	0,83	0,87	dla	0,26	0,66	0,40	dla
m-Dietilbenzen	0,21	dla	0,25	0,10	0,17	0,14	0,87	dla
p-Dietilbenzen	dla	0,55	dla	dla	dla	0,14	dla	dla
n-Undekan	dla	0,42	0,28	dla	dla	dla	dla	dla
n-Dodekan	1,26	0,33	0,12	0,26	0,48	0,55	0,22	dla
ΣUOB	281,34	341,18	298,27	119,6	229,32	346,16	289,32	117,3

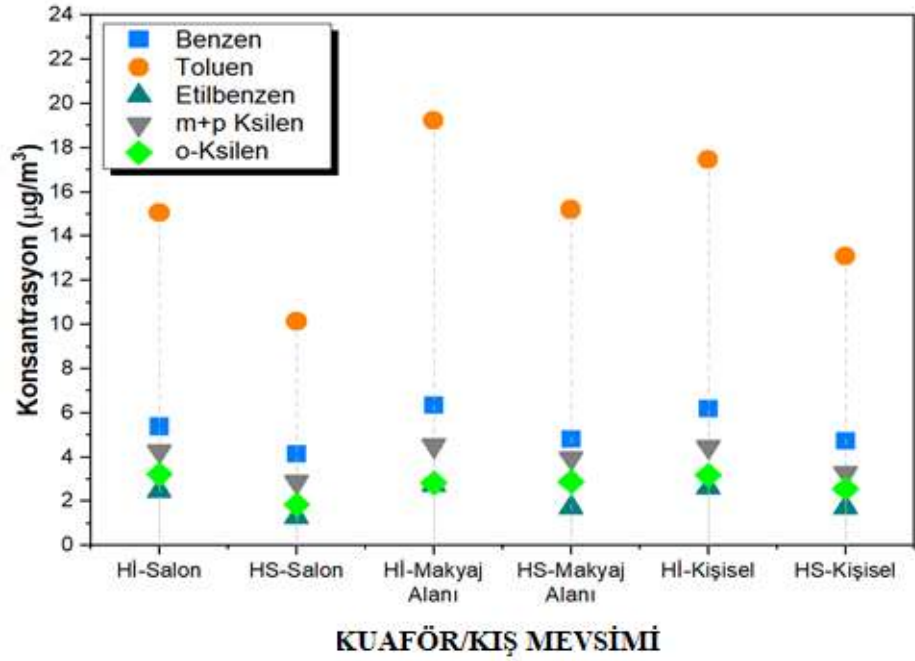
Hafta sonu elde edilen sonuçlarda ise tüm bileşikler için hafta içine benzer bir durum söz konusudur. En yüksek SO₂ konsantrasyonu (51,74 µg/m³) kişisel örnekleme sonucu, en düşük konsantrasyon ise (40,01 µg/m³) salon örnekleme sonucunda elde edilmiştir. NO₂ konsantrasyonlarında ise kişisel örnekleme sonucu elde edilen değer (110,16 µg/m³) göze çarpmaktadır. Hem hafta içi hem de hafta sonu NO₂ ve SO₂ konsantrasyonlarında özellikle kişisel örneklerde yüksek değerler elde edilmiştir. Bunun sebebi olarak çalışan kişinin sigara kullanımı ve kullanım sıklığının fazla olduğu düşünülmektedir. Ayrıca iç ortamlarda da bu iki bileşiğe ait değerler dikkat çekmiştir. Bunun sebebi ise iç ortamda müşteriler olmadığı zamanlarda gerçekleştirilen sigara tüketimi olduğu tahmin edilmektedir. Ölçülen Σ UOB konsantrasyonu ise en yüksek konsantrasyon değerinden en düşük değere doğru; makyaj alanı (346,16 µg/m³), kişisel örnek (289,32 µg/m³) ve salon (229,32 µg/m³) değerleri olmak üzere sıralandırılabilir. Kış dönemi her iki örnekleme periyodunda da Σ UOB konsantrasyonlarının makyaj ve kişisel bakımın gerçekleştirildiği alanda daha yüksek elde edilmesinde, bu alanda kullanılan parfüm, oje, temizleme kimyasalları vb. kozmetik ürünlerinin katkı payının büyük olduğu (De Gennaro ve diğ., 2014; Mendes ve diğ., 2011; D. E. Saraga ve diğ., 2014) bilinmektedir. Ayrıca, Şekil 6.19’da gösterilen yüksek Σ UOB konsantrasyonlarının sebebi olarak, kuaförde sıkça kullanılan saç spreylere, parfümler, saç boyama işlemleri, tırnak cilalama ve kullanılan diğer malzemeler olduğu düşünülmektedir.



Şekil 6.19. Kuaför kış mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları

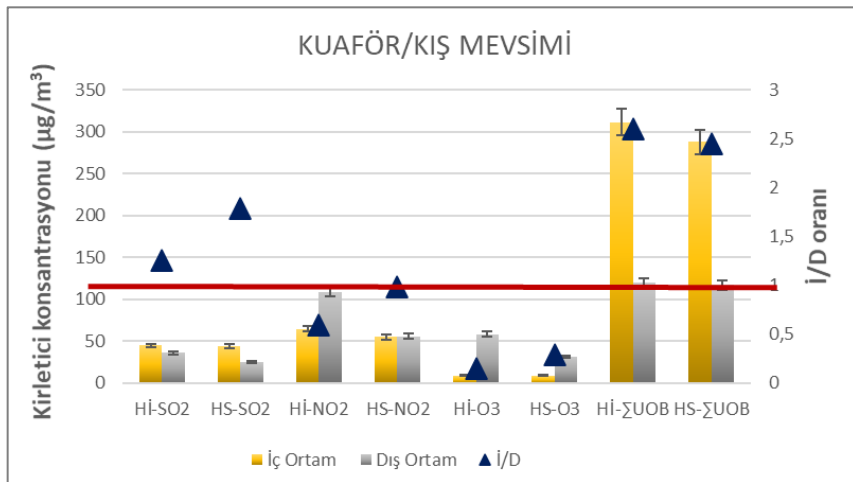
Kış döneminde kuaförde elde edilen sonuçlar genel olarak karşılaştırıldığında, makyaj alanındaki sonuçlarda SO_2 , NO_2 , O_3 ve ΣUOB konsantrasyonları hafta içi ve hafta sonu birbirine oldukça yakın seviyelerde elde edilmiştir. Salon örnekleme ortamındaki sonuçlarda ΣUOB konsantrasyonları hariç inorganik bileşiklerin konsantrasyonları her iki örnekleme periyodunda birbirine oldukça yakın elde edilmiştir. ΣUOB konsantrasyonu hafta içi örneklemesinde hafta sonundan yüksek bulunmuştur. Bu durum, özellikle saç boyama işlemlerinin hafta içi örnekleme esnasında daha yoğun uygulanmış olmasından kaynaklanmaktadır (De Gennaro et al., 2014; Van Der Wal et al., 1997). Kişisel örnekleme sonuçları incelendiğinde, her iki dönemde benzer sonuçlar bulunurken, NO_2 konsantrasyonu hafta sonu örneğinde daha yüksek, SO_2 konsantrasyonu ise hafta içi örneğinde daha yüksek ölçülmüştür. Bu durum çalışan gönüllünün günlük aktiviteleri, sigara kullanımı, dış ortamda bulunma yoğunluğu gibi nedenlerle açıklanabilmektedir.

BTEK bileşiklerinin kuaförde elde edilen sonuçlarına ise Şekil 6.20’de yer verilmiştir. Şekil 6.20’deki grafiğe göre, benzen, etilbenzen ve ksilen seviyeleri için örnekleme noktaları arasında belirgin bir fark söz konusu değildir. Fakat, bu fark az da olsa, her noktada hafta içi sonuçları hafta sonundan daha yüksek bulunmuştur. Toluen konsantrasyonları da benzer şekilde hafta içi daha yüksek değerlerde bulunmuştur. Hafta içi en yüksek konsantrasyon makyaj alanında $19,24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak ölçülürken, en düşük konsantrasyon ise salon kısmında $15,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Hafta sonu elde edilen konsantrasyonlarda ise en yüksek ve en düşük değerler sırasıyla, makyaj alanında ($15,20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ve salonda ($10,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) gözlenmiştir. BTEK bileşiklerinin yanı sıra kuaförde ölçülen diğer UOB’lerin konsantrasyonlarında da oldukça yüksek değerler dikkat çekmiştir. Bu bileşiklerden en yüksek konsantrasyona sahip olan bileşik n-oktan (hafta içi makyaj alanı: $125,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) olurken, 1-penten, n-penten ve 2,3-dimetilbütan konsantrasyonları da yüksek seviyelere sahip bileşikler arasındadır.



Şekil 6.20. Kuaför kış mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme BTEK sonuçları

Kış mevsimindeki ortalama iç ortam ve dış ortam konsantrasyonları Şekil 6.21’de gösterilmiştir. Buradan yola çıkarak, NO₂ ve O₃ için hafta içi ve hafta sonu dış ortam konsantrasyonlarının fazla olduğu gözlenirken, SO₂ ve Σ UOB konsantrasyonlarının ise her iki periyotta iç ortam seviyeleri daha yüksek elde edilmiştir. Özellikle iç ortam Σ UOB konsantrasyonları dış ortam konsantrasyonlarından her iki periyotta da 2 katından daha yüksek bulunmuştur. İ/D oranları > 1 olan SO₂ ve Σ UOB için iç ortam aktivitelerinin baskın olduğunu söylemek mümkündür.



Şekil 6.21. Kuaför kış mevsimi İ/D oranları

Yaz mevsimi örnekleme sonuçları:

Yaz mevsiminde kuaförde gerçekleştirilen rneklemeye ait sonuçlar Tablo 6.8’de verilmiştir. Bu döneme ait iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları ise şekil 6.22’de gösterilmiştir. Kuaförde yaz mevsiminin hafta içi örnekleme periyodunda elde edilen sonuçlara göre, hafta içi en yüksek SO₂ konsantrasyonu 41,12 µg/m³ olarak salon ortamında, en yüksek NO₂, O₃ ve UOB konsantrasyonları ise kişisel örnekleme sonucu elde edilmiştir (sırasıyla, 34,46 µg/m³, 25,13 µg/m³, 263,11 µg/m³). Sadece UOB konsantrasyonu makyaj alanında salondan daha yüksek bulunmuştur. En düşük inorganik bileşik seviyeleri ise makyaj alanında gözlenmiştir.

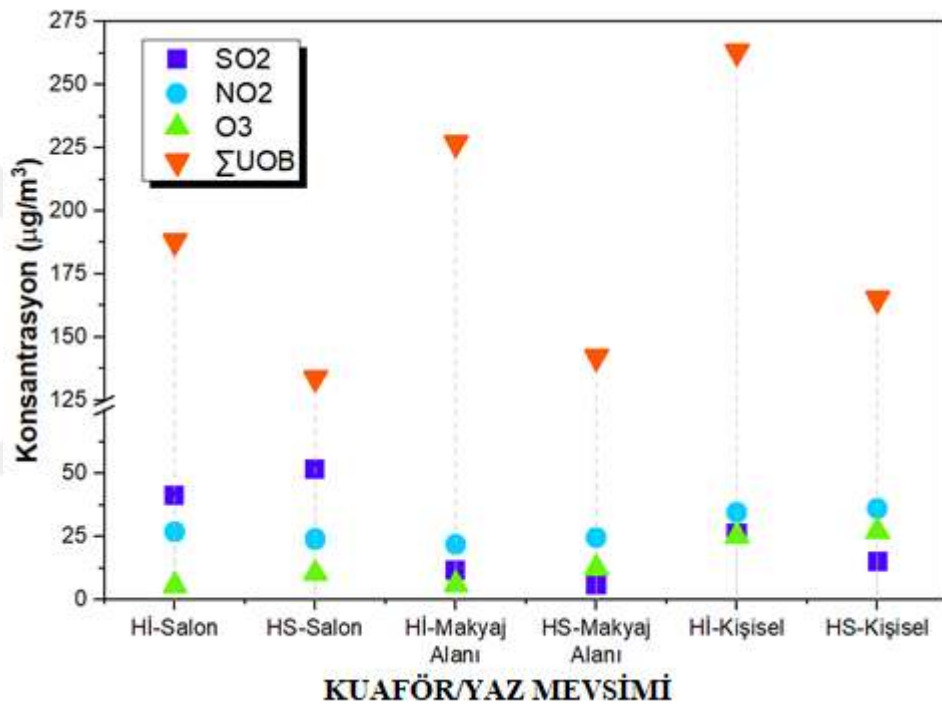
Tablo 6.8. Kuaför yaz mevsimi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

KUAFÖR / YAZ MEVSİMİ									
		Hafta İçi				Hafta Sonu			
Bileşikler		Kuaför (Salon)	Kuaför (Makyaj)	Kişisel	Dış	Kuaför (salon)	Kuaför (makyaj)	Kişisel	Dış
İnorganik Bileşikler									
	SO_2	41,12	11,66	26,08	36,39	51,51	5,86	14,94	18,44
	NO_2	26,74	21,71	34,46	22,34	23,91	24,45	36,13	17,98
	O_3	5,66	5,98	25,13	59,86	10,38	12,51	27,16	45,86
UOB'ler									
	<i>İzopentan</i>	1,75	1,77	2,36	1,77	1,64	4,02	1,49	2,39
	<i>1-Penten</i>	56,39	64,10	81,67	43,14	59,73	59,72	71,53	23,85
	<i>n-Penten</i>	6,92	7,50	10,30	6,43	6,01	5,81	6,56	4,13
	<i>İzopren</i>	2,75	2,61	2,92	2,56	2,39	2,49	2,52	2,51
	<i>Trans-2-Penten</i>	1,25	1,22	1,42	1,25	1,30	1,16	1,34	1,28
	<i>Cis-2-Penten</i>	3,36	3,22	3,34	3,25	3,24	3,11	3,16	3,19
	<i>2,2-Dimetilbütan</i>	4,48	4,82	5,85	4,74	3,83	3,61	4,07	3,58
	<i>Sikloheksan</i>	0,48	0,63	0,98	0,51	0,26	0,17	0,46	0,13
	<i>Siklopentan</i>	4,98	4,76	2,10	4,86	4,26	3,96	1,85	4,02
	<i>2-Metilpentan</i>	4,38	4,86	12,84	4,86	3,54	3,05	8,39	3,03
	<i>3-Metilpentan</i>	2,15	2,41	2,64	2,29	2,00	1,31	1,63	1,24
	<i>n-Hekzan</i>	0,80	1,24	1,35	1,21	0,54	0,78	0,62	0,62
	<i>2,3-Dimetilbütan</i>	5,05	5,78	10,73	3,07	4,31	4,34	10,25	2,72
	<i>Metilsiklopentan</i>	0,53	0,54	0,60	0,31	0,74	0,28	0,80	0,32
	<i>2,4-Dimetilpentan</i>	0,89	1,01	1,14	1,00	0,97	0,90	0,87	0,77
	<i>2-Metilheksan</i>	2,85	2,88	2,97	2,77	1,33	1,34	1,34	1,33
	<i>2,3-Dimetilpentan</i>	1,47	0,92	1,59	1,56	2,82	2,81	2,86	2,80
	<i>3-Metilheksan</i>	0,83	1,57	1,39	0,93	0,80	0,80	0,85	0,75
	<i>Benzen</i>	1,58	1,61	2,61	1,79	1,16	1,15	1,96	1,24
	<i>n-Heptan</i>	2,15	3,01	2,36	2,25	1,94	1,11	1,62	1,39
	<i>Metilsikloheksan</i>	0,74	1,41	0,82	0,41	0,40	0,75	0,53	0,21

Tablo 6.8. (Devam) Kuaför yaz mevsimi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

KUAFÖR / YAZ MEVSİMİ								
Bileşikler	Hafta İçi				Hafta Sonu			
	Kuaför (Salon)	Kuaför (Makyaj)	Kişisel	Dış	Kuaför (salon)	Kuaför (makyaj)	Kişisel	Dış
UOB'ler								
2,3,4-Trimetilpentan	4,37	4,73	5,42	4,32	4,53	4,98	5,67	5,06
Toluen	5,17	5,50	7,90	4,72	3,59	3,01	4,57	2,84
2-Metilheptan	2,64	2,83	5,61	2,60	2,54	2,56	4,13	2,57
3-Metilheptan	1,10	1,80	1,71	0,54	0,99	1,29	1,17	1,15
n-Oktan	62,40	81,85	78,62	100,90	15,72	20,20	17,07	16,57
Etilbenzen	0,70	0,79	1,18	0,85	0,53	0,59	0,97	0,48
m+p Ksilen	1,35	1,69	2,39	1,46	0,93	1,02	1,44	0,95
Stiren	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
o-Ksilen	0,97	1,30	1,74	0,96	0,78	0,70	1,00	0,74
n-Nonan	0,16	1,35	2,10	dla	dla	0,84	1,69	0,86
İzopropilbenzen	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
n-Propilbenzen	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	0,13
o-Etiltoluen	0,93	0,94	1,05	0,91	0,84	0,76	1,01	0,75
p-Etiltoluen	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
1,3,5-Trimetilbenzen	dla	2,98	0,78	0,75	dla	2,01	0,39	dla
1,2,3-Trimetilbenzen	dla	1,00	dla	dla	dla	dla	dla	dla
1,2,4-Trimetilbenzen	0,56	1,03	1,79	0,36	dla	0,12	0,51	0,08
n-Dekan	dla	0,17	0,18	dla	dla	dla	0,30	0,80
m-Dietilbenzen	dla	dla	0,12	dla	0,13	0,36	0,09	0,26
p-Dietilbenzen	dla	dla	dla	dla	0,12	dla	0,14	0,34
n-Undekan	1,51	dla	0,38	dla	dla	dla	dla	dla
n-Dodekan	0,19	0,96	0,12	0,16	0,16	0,95	0,27	2,88
ΣUOB	187,85	226,80	263,11	209,56	133,93	142,13	165,11	97,89

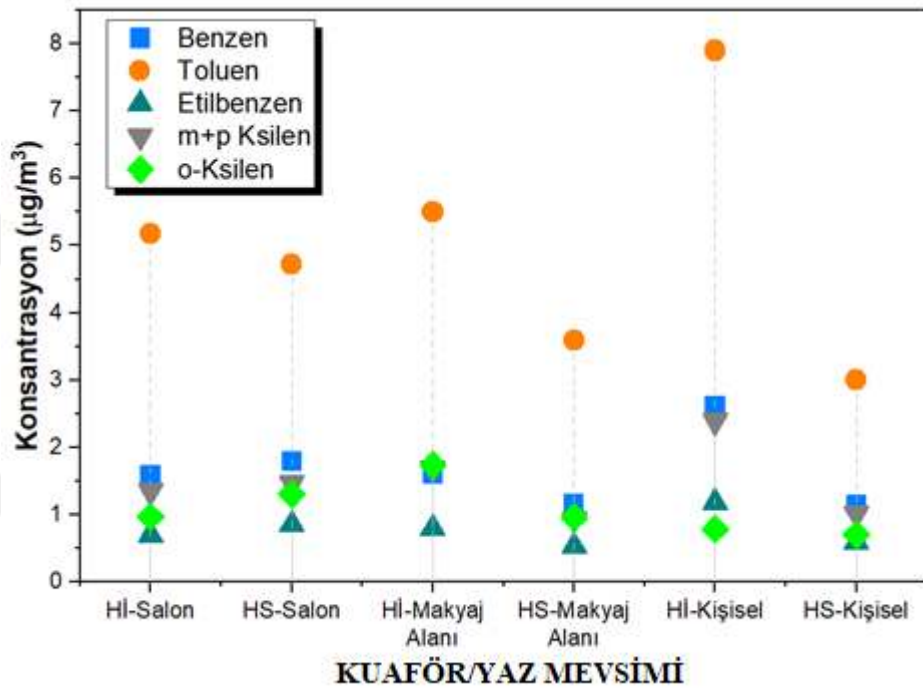
Hafta sonu sonuçlarında da benzer durum gözlenmiştir. En yüksek SO₂ konsantrasyonu (51,51 µg/m³) salon ortamında elde edilirken, diğer bileşiklere ait en yüksek konsantrasyonlar kişisel örneklemede elde edilmiştir (NO₂: 36,13 µg/m³, O₃: 27,16 µg/m³, ΣUOB: 165,11 µg/m³). Hafta sonu örneklerinde de inorganik bileşiklere ait en düşük konsantrasyonlar makyaj alanında elde edilirken, ΣUOB konsantrasyonu az farklı olsa makyaj alanında salondan daha yüksek çıkmıştır. Yaz sezonu ile birlikte iç ortamların daha fazla havalandırılmasından dolayı sonuçlarda nispeten daha düşük konsantrasyonlar gözlenmiştir.



Şekil 6.22. Kuaför yaz mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları

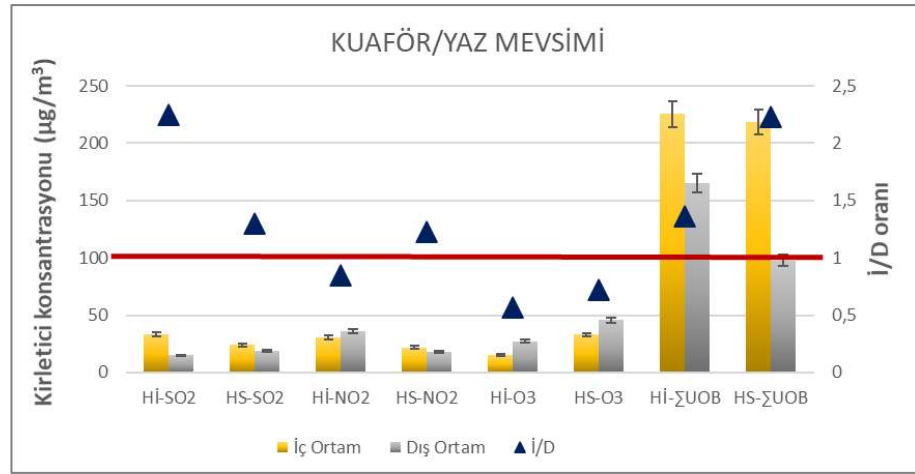
Hafta içi ve hafta sonu seviyeleri arasındaki en belirgin fark ise ΣUOB konsantrasyonlarındaa görülmüştür. İç ortam örnekleme ve kişisel örnekleme çalışmalarında hafta içi elde edilen ΣUOB konsantrasyonları ile hafta sonu ΣUOB konsantrasyonları arasında oldukça büyük bir fark gözlenmiştir. İş yeri aktivitelerinin özellikle ΣUOB konsantrasyonları üzerindeki etkisini düşünerek kuaförün hafta içi daha yoğun olarak çalıştığı ve buna bağlı olarak iş yerine ait spesifik aktivitelerin daha fazla yapıldığı düşünülmektedir.

Yaz dönemine ait BTEK konsantrasyonları Şekil 6.23'te verilmiştir. Şekil 6.23'e göre, hafta içi en yüksek benzen, toluen, etilbenzen ve m+p ksilen konsantrasyonları kişisel örnekleme sonucu bulunurken,, en yüksek o-ksilen konsantrasyonu ise makyaj alanında elde edilmiştir. Hafta sonu sonuçlarında ise en yüksek konsantrasyonlar tüm bileşikler için salonda elde edilmiştir. Ayrıca, yaz döneminde kuaförde yüksek konsantrasyonlara sahip diğer UOB'ler ise, 1-penten, 2,3-dimetilbütan ve n-oktan olarak belirlenmiştir.



Şekil 6.23. Kuaför yaz mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme BTEK sonuçları

Ortalama iç ortam ve dış ortam konsantrasyonları ve elde edilen İ/D oranları Şekil 6.24'te verilmiştir. O₃ konsantrasyonlarının dış ortamda daha yüksek bulunmasının mevsimsel nedenlerden dolayı olduğu düşünülmektedir. Hafta içi - hafta sonu iç ortam SO₂ ve $\sum$ UOB konsantrasyonları ile hafta sonu iç ortam NO₂ konsantrasyonu dış ortamdaki konsantrasyonlardan daha yüksek ölçülmüştür. İ/D oranları incelendiğinde, iç ortam konsantrasyonlarının yüksek olduğu bileşiklerde İ/D > 1 olarak, düşük veya eşit olduğu noktalarda ise ≤ 1 olarak hesaplanmıştır. Kış döneminde olduğu gibi yaz döneminde de SO₂ ve $\sum$ UOB konsantrasyonları iç ortam kaynaklarının daha baskın olduğunu göstermektedir.



Şekil 6.24. Kuaför yaz mevsimi İ/D oranları

6.1.5. Kuru temizleme örnekleme sonuçları

Kış mevsimi örnekleme sonuçları:

İş yerinde kullanılan çeşitli kimyasallardan dolayı, örnekleme amacıyla seçilen iş yerlerinden biri de kuru temizlemecidir. Örnekleme yapılan kuru temizlemecide uygulanan anket sonuçlarında en çok dikkat çeken nokta, günde en az 12 saat çalışıldığı bilgisi olmuştur. Kişisel örnekleme için gönüllü olan çalışan 5 yıldır söz konusu iş yerinde çalışmakta olup günde 2 paket sigara kullandığı da alınan notlar arasında yer almaktadır. İki katlı bir iş yeri olan kuru temizleme dükkanında bir tanesi kuru temizleme cihazının yanı, bir tanesi çamaşır yıkama alanı ve diğeri de tekstil boyama ve büyük malzemelerin asılarak kurutulma işlemlerinin uygulandığı 2. kattaki alanda olmak üzere 3 farklı iç ortamda örnekleyiciler yerleştirilmiştir. Kuru temizlemeciye ait örnekleme sonuçları Tablo 6.9’da verilmiştir. İç ortam ve kişisel örnekleme çalışmalarına ait konsantrasyonlar ise Şekil 6.25’te gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere, hafta içi O₃ konsantrasyonu tüm noktalarda yaklaşık olarak aynı seviyelerde ölçülmüştür (5,96-6,49 µg/m³). SO₂ ve NO₂ konsantrasyonları için konsantrasyon aralıkları ise sırasıyla 32,15-46,21 µg/m³ ve 39,77-57,16 µg/m³ olarak belirlenmiştir. ΣUOB konsantrasyonlarında ise çok büyük farklılıklar dikkat çekmiştir. Hafta içi elde edilen ΣUOB konsantrasyonları yüksek değerden düşük değere doğru sıralanacak olursa, 1190,66 µg/m³ (yıkama), 661,43 µg/m³ (boyama) ve 634,75 µg/m³ (kişisel) şeklinde elde edilmiştir.

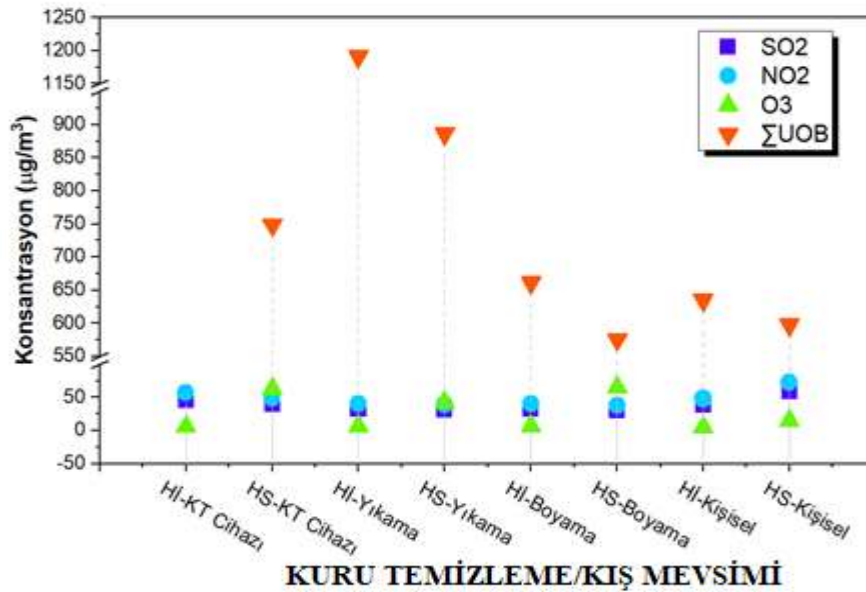
Tablo 6.9. Kuru temizleme kış mevsimi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

KURU TEMİZLEME / KIŞ MEVSİMİ										
Bileşikler	Hafta İçi					Hafta Sonu				
	KT (KT Cihazı Yanı)	KT (Yıkama Alanı)	KT (Boyama Alanı)	Kişisel	Dış	KT (KT Cihazı Yanı)	KT (Yıkama Alanı)	KT (Boyama Alanı)	Kişisel	Dış
İnorganik Bileşikler										
<i>SO₂</i>	46,21	32,82	32,15	38,82	48,61	39,75	31,92	30,51	58,99	40,05
<i>NO₂</i>	57,16	40,60	39,77	48,02	60,14	49,18	39,48	37,74	72,97	49,54
<i>O₃</i>	5,96	6,49	6,33	4,32	17,66	62,88	42,08	65,50	14,52	32,92
UOB'ler										
<i>İzopentan</i>	-	0,67	1,35	0,41	0,41	6,24	3,84	1,39	0,76	9,50
<i>1-Penten</i>	-	31,16	38,95	30,35	40,34	42,81	35,33	26,46	27,12	46,33
<i>n-Penten</i>	-	5,94	6,62	5,54	7,37	5,97	5,94	5,09	5,24	5,64
<i>İzopren</i>	-	2,53	2,45	2,36	2,45	2,38	2,36	2,41	2,41	2,62
<i>Trans-2-Penten</i>	-	1,52	1,43	1,23	1,30	1,24	1,23	1,27	1,15	1,28
<i>Cis-2-Penten</i>	-	3,11	3,05	3,00	3,13	0,00	3,09	3,09	3,06	3,22
<i>2,2-Dimetilbütan</i>	-	3,91	3,86	3,79	4,21	3,86	3,66	3,76	3,59	3,68
<i>Sikloheksan</i>	-	0,97	0,84	0,86	1,10	1,03	0,88	0,85	0,76	0,88
<i>Siklopentan</i>	-	4,79	4,79	4,64	5,21	6,16	4,63	4,91	4,52	4,75
<i>2-Metilpentan</i>	-	4,77	5,17	4,46	5,47	9,06	4,47	5,46	4,30	4,23
<i>3-Metilpentan</i>	-	2,63	2,87	2,66	3,00	3,03	2,74	2,92	2,70	2,72
<i>n-Hekzan</i>	-	0,38	0,63	0,26	0,21	7,95	0,80	8,50	0,20	2,12
<i>2,3-Dimetilbütan</i>	-	14,59	13,82	6,28	5,99	6,39	8,35	8,81	5,57	5,40
<i>Metilsiklopentan</i>	-	0,94	0,66	0,58	0,71	0,66	0,67	0,61	0,46	0,57
<i>2,4-Dimetilpentan</i>	-	3,16	3,23	3,37	3,18	3,53	3,08	3,09	3,05	3,21
<i>2-Metilheksan</i>	-	2,71	2,86	2,55	2,71	2,97	2,68	2,65	2,69	2,80
<i>2,3-Dimetilpentan</i>	-	1,58	1,57	1,49	1,60	1,62	1,52	1,49	1,48	1,54
<i>3-Metilheksan</i>	-	1,07	1,11	0,90	1,05	1,17	0,98	0,91	0,86	0,96
<i>Benzen</i>	-	3,65	3,77	2,94	3,47	2,76	2,60	2,44	2,30	2,13
<i>n-Heptan</i>	-	dla	0,94	1,74	1,84	1,12	1,12	0,80	0,99	1,29
<i>Metilsikloheksan</i>	-	dla	dla	0,41	0,27	dla	0,34	0,11	0,07	dla

Tablo 6.9. (Devam) Kuru temizleme kış mevsimi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

KURU TEMİZLEME / KIŞ MEVSİMİ										
Bileşikler	Hafta İçi					Hafta Sonu				
	KT (KT Cihazı Yanı)	KT (Yıkama Alanı)	KT (Boyama Alanı)	Kişisel	Dış	KT (KT Cihazı Yanı)	KT (Yıkama Alanı)	KT (Boyama Alanı)	Kişisel	Dış
UOB'ler										
2,3,4-Trimetilpentan	-	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
Toluen	-	259,66	284,77	102,88	9,00	27,52	198,48	181,93	122,66	6,89
2-Metilheptan	-	dla	dla	dla	2,06	dla	dla	dla	2,03	2,02
3-Metilheptan	-	3,16	2,72	2,70	2,68	2,14	2,64	3,50	2,87	2,68
n-Oktan	-	819,02	249,43	438,17	89,41	597,18	579,51	282,48	389,31	130,91
Etilbenzen	-	5,74	8,06	3,63	1,63	4,03	4,27	6,61	1,55	1,10
m+p Ksilen	-	6,62	5,70	1,90	2,78	2,82	3,30	7,95	0,49	1,90
Stiren	-	2,28	2,09	1,57	1,02	1,03	1,09	1,14	1,08	0,94
o-Ksilen	-	1,53	2,07	1,70	2,09	1,38	1,51	1,32	1,55	1,54
n-Nonan	-	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
İzopropilbenzen	-	0,13	0,35	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
n-Propilbenzen	-	0,21	0,50	dla	dla	dla	dla	dla	dla	0,14
o-Etiltoluen	-	0,52	0,50	0,32	0,42	0,32	0,25	0,31	0,37	0,32
p-Etiltoluen	-	0,16	0,32	0,18	dla	dla	0,67	dla	dla	dla
1,3,5-Trimetilbenzen	-	0,77	2,60	0,83	dla	0,58	1,28	0,77	0,68	dla
1,2,3-Trimetilbenzen	-	dla	0,17	dla	dla	dla	dla	dla	dla	0,36
1,2,4-Trimetilbenzen	-	1,44	1,57	0,70	1,10	0,83	0,83	1,04	0,93	1,09
n-Dekan	-	0,40	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
m-Dietilbenzen	-	dla	0,12	dla	dla	dla	0,17	dla	0,15	dla
p-Dietilbenzen	-	dla	dla	dla	dla	dla	0,10	0,14	0,16	0,12
n-Undekan	-	dla	dla	dla	dla	0,22	0,65	0,75	0,27	dla
n-Dodekan	-	0,48	0,48	0,34	0,24	0,50	0,97	0,65	0,96	1,20
ΣUOB	-	1190,66	661,43	634,75	207,4	748,50	886,03	575,61	598,07	256,1

Hafta sonu elde edilen sonuçlara bakıldığında, en yüksek O₃ konsantrasyonu boyama alanında 65,50 µg/m³ olarak bulunurken, en düşük değer ise kişisel örnekleme sonucu 14,52 µg/m³ olarak bulunmuştur. SO₂ ve NO₂ konsantrasyonlarında ise noktalar arasındaki fark oldukça düşük olmasıyla birlikte, en yüksek değerler kişisel örnekleme sonucu elde edilmiştir (sırasıyla; 58,99 µg/m³ ve 72,97 µg/m³). ΣUOB konsantrasyonları ise hafta içinde olduğu gibi oldukça yüksek bulunmuştur. Bu değerlerin yüksekten düşüğe doğru sıralanışı şu şekildedir; 886,03 µg/m³ (yıkama alanı), 748,50 µg/m³ (kuru temizleme cihazı yanı), 598,07 µg/m³ (kişisel) ve 575,61 µg/m³ (boyama alanı). İş yerinde farklı işlemlerde kullanılan çeşitli kimyasallar (perkloroetilen, ağartıcı, yumuşatıcı, sodyum karbonat), elde edilen yüksek UOB konsantrasyonlarının esas kaynağını teşkil etmektedir (Çankaya ve diğ., 2018; Rutkiewicz ve diğ., 2011; Su ve diğ., 2013). Ek olarak, iş yerinin 1. katının sadece iş yeri kapısının açılmasıyla havalandırıldığı ve 2. katında ise yaklaşık 30-40 cm çapındaki portatif bir fan ile havalandırma yapıldığı not edilmiştir.

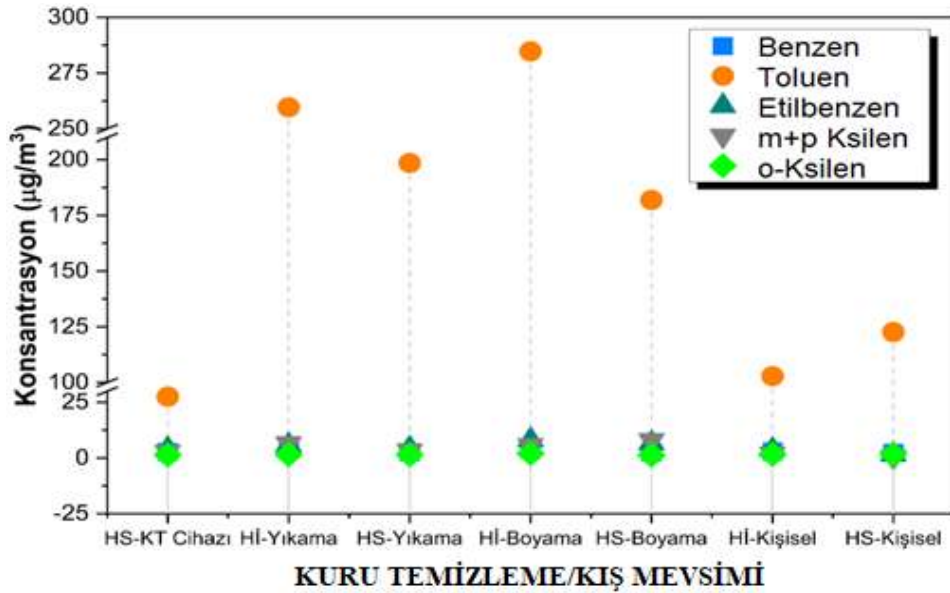


Şekil 6.25. Kuru temizleme kış mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları

Hafta içi ve hafta sonu SO₂ ve NO₂ konsantrasyonları arasında herhangi bir fark gözlenmezken, O₃ konsantrasyonu hafta sonu özellikle boyama alanında daha yüksek değerlere ulaşmıştır. Hafta içindeki ΣUOB konsantrasyonları ise her noktada hafta sonundan daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlara dayanarak kuru temizleme dükkanının hafta içi iş yoğunluğunun hafta sonuna nazaran daha fazla olduğu düşünülebilir.

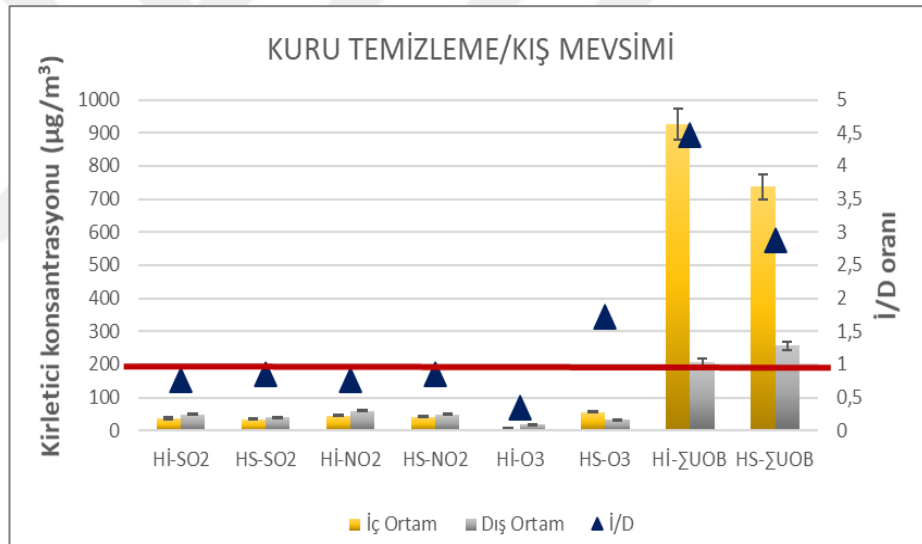
Ölçülen UOB'ler arasında yer alan BTEK bileşiklerine ait sonuçlar Şekil 6.26'da gösterilmiştir. Benzen, etilbenzen, m+p ksilen ve o-ksilen konsantrasyonlarında örnekleme noktaları arasında belirgin bir fark gözlenmezken, en yüksek konsantrasyonlar boyama alanında elde edilmiştir ve bu değerler sırasıyla 377,00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (hafta içi), 8,06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (hafta içi), 7,95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (hafta sonu) ve 2,07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür (hafta içi). Toluen konsantrasyonları incelendiğinde, hafta içi ölçülen değerler; 284,77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (boyama alanı), 259,66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (yıkama alanı) ve 102,88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (kişisel) olarak sıralanabilir. Hafta sonunda ise 198,48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (yıkama alanı), 181,93 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (boyama alanı), 122,66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (kişisel) ve 27,52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (kuru temizleme cihazı yanı) şeklindedir.

BTEK bileşiklerinin yanı sıra kuru temizlemecide en yüksek konsantrasyon n-oktan bileşiği için elde edilmiştir. En yüksek n-oktan konsantrasyonları hafta içi yıkama alanında 819,02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ iken, hafta sonu kuru temizleme cihazı yanında 597,18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Bu durum, temizlik ürünlerinin kullanımıyla n-oktan bileşiğinin ortaya çıkmasına sebep olduğunu göstermiştir. Bu bileşiğe ek olarak, yüksek konsantrasyonda bulunan diğer bileşikler ise 1-penten ve 2,3 dimetilbütan olarak bulunmuştur.



Şekil 6.26. Kuru temizleme kış mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme BTEK sonuçları

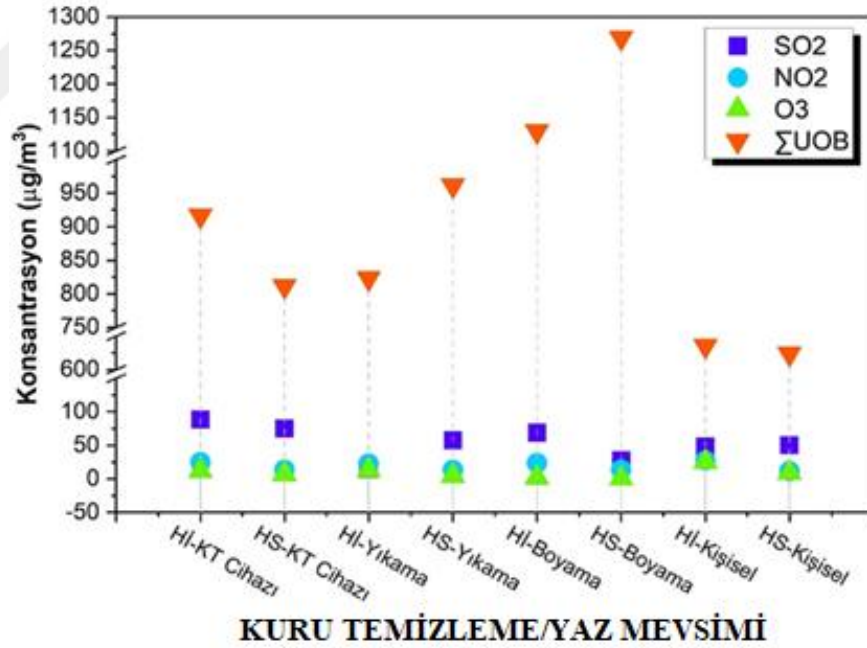
İç ortam ve dış ortam verilerinin karşılaştırılmasına ait grafik ise Şekil 6.27’de verilmiştir. SO₂ ve NO₂ bileşikleri için dış ortamda ölçülen değerler her iki örnekleme periyodunda da iç ortamdaki daha yüksek bulunmuştur. Bunun sebebi, iş yerinin işlek bir cadde üzerinde bulunması ve trafiğin neredeyse her saatte aktif olmasıdır. Dolayısıyla iç ortamda elde edilen SO₂ ve NO₂ konsantrasyonlarının kaynağı olarak iç ortamda içilen sigaranın yanı sıra dış ortamdaki yüksek konsantrasyonlar olduğu vurgulanmıştır. O₃ örnekleme sonuçlarına göre, hafta içi dış ortam konsantrasyonları, hafta sonu ise iç ortam konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu gözlenmiştir. ΣUOB konsantrasyonlarının ise iç ortamda dış ortamdaki çok daha fazla olduğu tespit edilmiştir. ΣUOB’lere ait İ/D oranları hafta içi ≈ 4,5 iken, hafta sonu ise ≈ 3 olarak bulunmuştur. Hafta sonu O₃ İ/D oranı hariç diğer oranlar ≤ 1 şeklinde belirlenmiştir.



Şekil 6.27. Kuru temizleme kış mevsimi İ/D oranları

Yaz mevsimi örnekleme sonuçları:

Yaz döneminde kuru temizlemeciden elde edilen sonuçlar Tablo 6.10'da verilmiştir. Ayrıca, iç ortam ve kişisel örneklemelere ait sonuçlar ise Şekil 6.28'de gösterilmektedir. Şekil 6.28'e göre hafta içi sonuçları incelendiğinde, en yüksek SO₂ konsantrasyonu kuru temizleme cihazı yanında 88,50 µg/m³ olarak ölçülmüştür ve en düşük konsantrasyon ise yıkama alanında 14,94 µg/m³ olarak bulunmuştur. 27,31 µg/m³ NO₂ konsantrasyonu kişisel örnekten elde edilirken, 23,02 µg/m³ değeri ise yıkama alanında ölçülmüştür. Kişisel örneklemeye ait O₃ konsantrasyonu (25,50 µg/m³) iç ortam konsantrasyonundan daha yüksek ölçülmüştür. Kış dönemindeki örnekleme sonuçları gibi yaz dönemindeki ΣUOB konsantrasyonları da oldukça yüksek değerlerde bulunmuştur. Örnekleme noktalarına ait konsantrasyon sıralaması; 1129,61 µg/m³ (boyama alanı), 916,7 µg/m³ (kuru temizleme cihazı yanı), 823,417 µg/m³ (yıkama alanı) ve 635,41 µg/m³ (kişisel) şeklindedir.



Şekil 6.28. Kuru temizleme yaz mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları

Tablo 6.10. Kuru temizleme yaz mevsimi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

KURU TEMİZLEME / YAZ MEVSİMİ											
Bileşikler	Hafta İçi						Hafta Sonu				
	KT (KT Cihaz Yanı)	KT (Yıkama Alanı)	KT (Boyama Alanı)	KİŞİSEL	DIŞ		KT (KT Cihazı Yanı)	KT (Yıkama Alanı)	KT (Boyama Alanı)	KİŞİSEL	DIŞ
İnorganik Bileşikler											
<i>SO₂</i>	88.50	14.94	69.15	47.98	68.87		75.21	57.51	28.02	50.59	117.0
<i>NO₂</i>	24.76	23.02	23.70	27.31	25.91		13.84	13.53	14.16	11.41	13.76
<i>O₃</i>	12.04	12.85	1.86	25.50	66.73		7.47	4.60	0.86	9.19	52.83
UOB'ler											
<i>İzopentan</i>	2.52	3.54	0.90	0.75	0.37		0.92	19.28	130.60	5.52	1.67
<i>1-Penten</i>	35.23	43.91	30.77	36.13	36.85		22.40	48.74	306.40	39.92	24.77
<i>n-Penten</i>	5.11	5.46	4.11	5.07	4.88		3.83	4.16	13.24	4.23	3.49
<i>İzopren</i>	2.43	2.19	2.29	bla	2.20		2.27	2.26	2.67	2.23	2.22
<i>Trans-2-Penten</i>	1.53	1.26	1.32	1.32	1.21		1.10	1.05	1.39	1.23	1.10
<i>Cis-2-Penten</i>	3.24	3.05	3.04	bla	3.10		2.99	2.92	3.25	3.02	2.89
<i>2,2-Dimetilbütan</i>	3.99	4.10	3.93	4.09	4.07		3.38	3.27	4.05	3.50	3.22
<i>Sikloheksan</i>	0.52	0.38	0.32	0.47	0.42		0.21	0.10	0.33	0.28	0.15
<i>Siklopentan</i>	4.79	4.07	4.09	4.17	1.46		3.84	3.67	1.60	3.90	1.57
<i>2-Metilpentan</i>	3.72	3.15	3.45	3.19	7.87		2.57	2.19	8.09	2.65	5.93
<i>3-Metilpentan</i>	2.39	2.08	2.21	2.21	2.22		1.95	1.91	2.45	1.99	1.36
<i>n-Hekzan</i>	0.84	1.16	0.77	0.40	0.48		6.53	2.27	10.05	0.81	0.25
<i>2,3-Dimetilbütan</i>	3.50	3.59	4.69	3.69	1.98		2.83	2.65	3.67	3.41	1.60
<i>Metilsiklopentan</i>	0.68	0.41	0.95	0.98	1.02		1.02	0.96	1.02	0.85	0.40
<i>2,4-Dimetilpentan</i>	bla	bla	0.13	bla	bla		bla	bla	bla	bla	bla
<i>2-Metilheksan</i>	1.26	1.23	1.24	bla	1.29		1.25	1.28	1.26	1.23	1.22
<i>2,3-Dimetilpentan</i>	2.72	2.70	2.68	bla	2.73		2.62	2.58	2.70	2.60	2.55
<i>3-Metilheksan</i>	0.60	0.52	0.53	0.82	0.53		0.42	0.36	0.49	0.47	0.44
<i>Benzen</i>	1.27	1.20	1.19	1.41	0.97		1.07	0.98	1.19	1.28	0.74
<i>n-Heptan</i>	2.52	1.97	2.01	3.37	3.85		1.48	1.96	2.19	2.16	2.32
<i>Metilsikloheksan</i>	0.59	1.11	1.44	0.36	0.78		bla	bla	bla	0.52	0.18

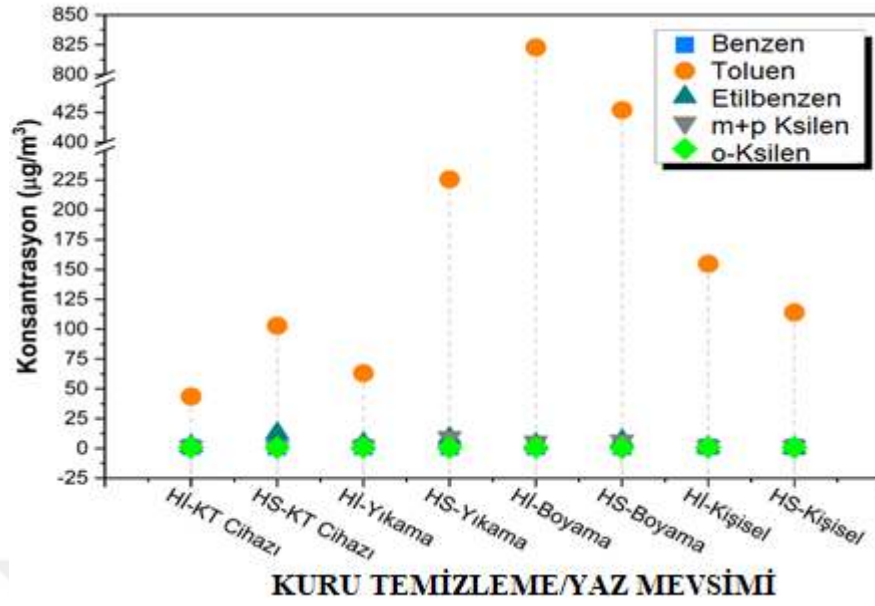
Tablo 6.10. (Devam) Kuru temizleme yaz mevsimi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

KURU TEMİZLEME / YAZ MEVSİMİ										
Bileşikler	Hafta İçi					Hafta Sonu				
	KT (KT Cihaz Yanı)	KT (Yıkama Alanı)	KT (Boyama Alanı)	KİŞİSEL	DIŞ	KT (KT Cihazı Yanı)	KT (Yıkama Alanı)	KT (Boyama Alanı)	KİŞİSEL	DIŞ
UOB'ler										
<i>2,3,4-Trimetilpentan</i>	bla	bla	bla	bla	5.20	bla	bla	bla	bla	4.11
<i>Toluen</i>	43.56	63.11	822.76	154.77	4.75	102.92	225.64	427.02	114.06	2.75
<i>2-Metilheptan</i>	3.47	bla	bla	4.23	2.43	bla	bla	0.00	2.44	2.34
<i>3-Metilheptan</i>	0.71	1.24	7.35	1.80	0.52	2.08	bla	13.79	0.93	0.57
<i>n-Oktan</i>	779.3	658.30	209.42	398.03	112.3	624.22	606.49	309.51	416.50	44.39
<i>Etilbenzen</i>	2.03	4.00	3.38	1.18	0.66	12.60	8.71	6.48	0.67	0.48
<i>m+p Ksilen</i>	1.04	1.44	5.36	1.57	1.09	0.75	9.27	6.23	1.21	0.92
<i>Stiren</i>	1.04	0.71	1.19	0.60	0.46	0.27	1.29	1.44	0.99	2.45
<i>o-Ksilen</i>	0.89	0.80	0.85	0.87	0.85	0.75	0.65	0.53	0.73	0.63
<i>n-Nonan</i>	1.59	1.57	0.85	1.06	0.15	1.09	bla	0.92	0.72	0.99
<i>İzopropilbenzen</i>	bla	bla	bla	bla	bla	bla	bla	bla	bla	bla
<i>n-Propilbenzen</i>	bla	bla	0.15	bla	0.15	bla	bla	0.29	bla	bla
<i>o-Etiltoluen</i>	0.32	0.41	0.23	0.30	0.39	0.71	0.83	0.64	0.30	0.44
<i>p-Etiltoluen</i>	0.15	0.14	1.01	0.10	0.25	0.39	0.34	0.49	0.12	0.24
<i>1,3,5-Trimetilbenzen</i>	0.38	2.00	0.84	0.32	0.49	1.41	3.33	2.45	1.61	4.04
<i>1,2,3-Trimetilbenzen</i>	bla	0.66	1.07	bla	bla	0.43	0.64	0.64	bla	1.03
<i>1,2,4-Trimetilbenzen</i>	0.64	0.66	0.87	0.93	0.60	0.29	0.41	0.35	0.51	0.45
<i>n-Dekan</i>	0.50	bla	0.48	0.44	0.19	0.32	0.25	0.32	0.22	0.10
<i>m-Dietilbenzen</i>	1.23	bla	bla	bla	bla	bla	0.50	bla	bla	bla
<i>p-Dietilbenzen</i>	bla	0.70	0.42	0.37	0.65	0.66	0.80	0.61	0.67	0.67
<i>n-Undekan</i>	bla	bla	bla	bla	bla	bla	bla	bla	bla	0.24
<i>n-Dodekan</i>	0.40	0.59	1.31	0.42	0.26	1.06	0.68	1.00	0.48	0.80
ΣUOB	916.7	823.417	1129.61	635.41	209.7	811.87	961.76	1268.83	623.96	125.7

Hafta sonu örnekleme sonuçları incelendiğinde ise en yüksek SO₂ konsantrasyonu (75,21 µg/m³) kuru temizleme cihazı yanında bulunurken, en düşük konsantrasyon (28,02 µg/m³) boyama alanında elde edilmiştir. NO₂ konsantrasyonlarında tüm değerlerin birbirine çok yakın olduğu gözlenirken, en yüksek konsantrasyon boyama alanında 14,16 µg/m³ olarak bulunmuştur. O₃ konsantrasyonları incelendiğinde, NO₂ konsantrasyonlarındaki gibi noktasal olarak tüm iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçlarının birbirlerine yakın olduğu tespit edilmiştir. ΣUOB sonuçlarına göre en yüksek konsantrasyon (1268,83 µg/m³) boyama alanında elde edilirken, bu değeri yıkama alanı (961,76 µg/m³), kuru temizleme cihazının yanı (811,87 µg/m³) ve kişisel örnekleme (623,96 µg/m³) sonuçları takip etmiştir. Zaten küçük bir işletme olan kuru temizlemecinin havalandırma amacıyla kullandığı fanın da yetersiz olmasına bağlı olarak oldukça yüksek seviyelerin ölçüldüğü düşünülmektedir.

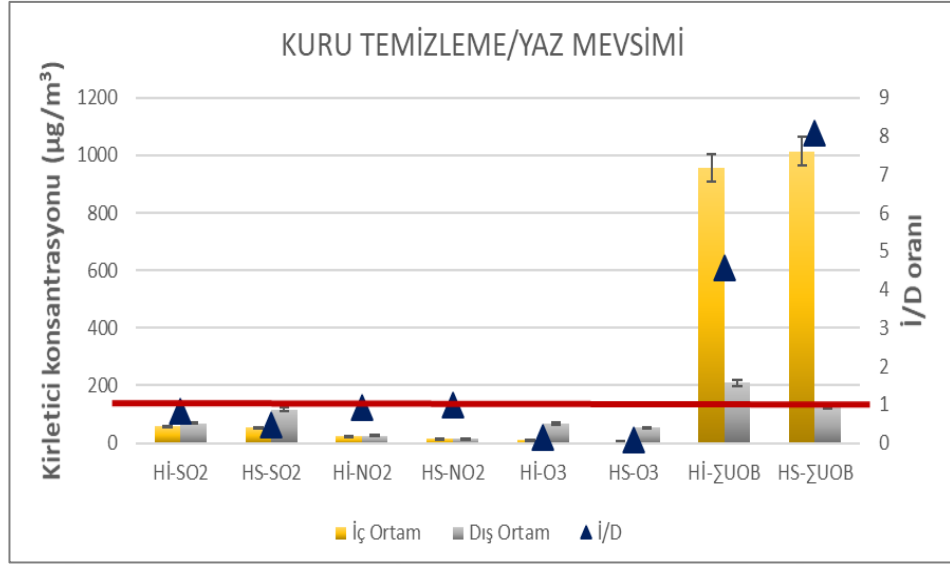
Tüm bileşikler için hafta içi-hafta sonu karşılaştırması yapıldığında, inorganik bileşiklerin hafta içi-hafta sonu sonuçlarında noktasal olarak belirgin bir fark söz konusu olmamıştır. Fakat ΣUOB konsantrasyonlarında özellikle iç ortam örneklemelerine ait farklar göz ardı edilemeyecek kadar büyüktür. Yıkama ve boyama alanındaki sonuçlar hafta sonunda daha yüksek bulunurken, kuru temizleme cihazının yanında gerçekleştirilen örnekleme sonucu hafta içi daha yüksek konsantrasyon elde edilmiştir. Kişisel örneklemede ise yaz dönemindeki örnekleme periyotlarında elde edilen konsantrasyonlara yakın değerler ölçülmüştür.

BTEK konsantrasyonlarının gösterildiği Şekil 6.29'a göre, toluen dışındaki bileşikler için hem noktasal hem de bileşik bazında belirgin bir fark söz konusu olmamıştır. Toluen konsantrasyonu olarak en yüksek değer boyama alanında elde edilirken (hafta içi: 822,76 µg/m³ hafta sonu: 427,02 µg/m³), en düşük değer kuru temizleme cihazı yanında bulunmuştur (hafta içi: 43,56 µg/m³, hafta sonu: 102,92 µg/m³). Yaz mevsiminde de kışın olduğu gibi UOB'ler içinde n-oktan sonuçları oldukça yüksektir. Her noktada yüksek konsantrasyonlara sahip olmakla birlikte en yüksek n-oktan konsantrasyonları kuru temizleme cihazı yanındaki örnekten elde edilmiştir (hafta içi: 779,3 µg/m³, hafta sonu: 624,22 µg/m³).



Şekil 6.29. Kuru temizleme yaz mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme BTEK sonuçları

İç ortam ve dış ortam konsantrasyonları ise Şekil 6.30’da gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre, inorganik bileşiklere ait sonuçlarda dış ortam konsantrasyonunun iç ortama eşit ya da daha fazla olduğu söylenebilir. Fakat Σ UOB konsantrasyonlarında iç ortam konsantrasyonlarının dış ortam konsantrasyonlarından hafta içi yaklaşık 4,5 kat, hafta sonu ise 8 kat daha fazla olduğu gözlenmiştir. Buna bağlı olarak da Σ UOB konsantrasyonlarına ait İ/D oranları > 1 bulunurken, inorganik bileşiklere ait İ/D oranları ≤ 1 olarak hesaplanmıştır. Kuru temizleme işletmesinde gerçekleştirilen spesifik aktivitelerin (kuru temizleme, sulu yıkama işlemi, tekstil boyama vb.) UOB’ler üzerinde oldukça büyük bir etkisi olduğu bilinmektedir (Çankaya ve diğ., 2018; Parra ve diğ., 2008; Rutkiewicz ve diğ., 2011; Su ve diğ., 2013).



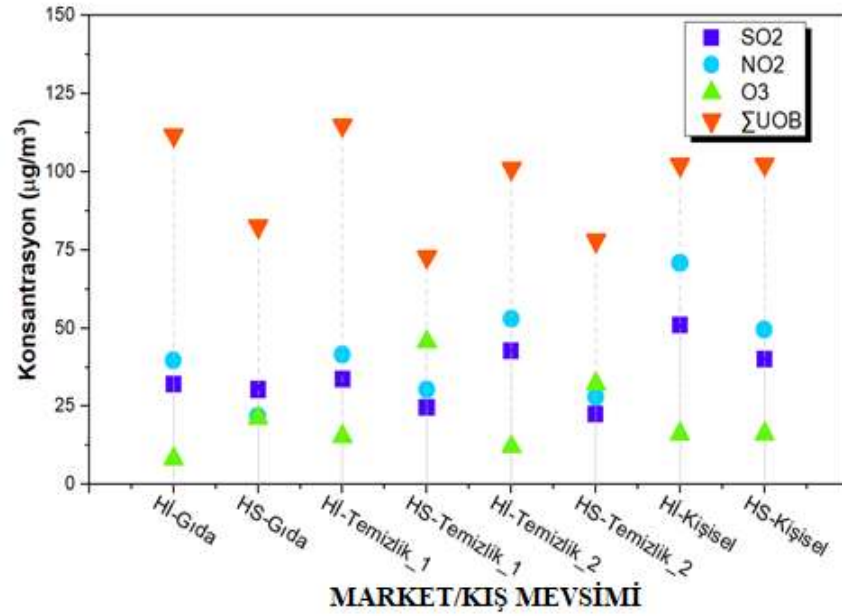
Şekil 6.30. Kuru temizleme yaz mevsimi İ/D oranları

6.1.6. Market örnekleme sonuçları

Tez çalışması kapsamında seçilen iş yeri ortamları arasında market de yer almaktadır. 3 katlı bir iş yeri olan markette kasiyerler vardiyalı olarak günde maksimum 8 saat çalışmaktadır. Örnekleycilerin biri gıda reyonunda (1. kat) konumlandırılırken, diğer ikisi temizlik ve bakım ürünlerinin satıldığı reyonlarda (2. kat) birbirlerinden uzak noktalara yerleştirilmiştir. Temizlik reyonuna yerleştirilen örnekleycilerin arasındaki tek fark 1 numaralı örnekleyciler temizlik reyonunun en sonunda yer alırken, 2 numaralı örnekleyciler merdivenlere yakın rafta konumlandırılmıştır. Merdivenlere yakın konumdaki örnekleycinin (temizlik reyonu-2) temizlik reyonu-1 örnekleycisine göre daha fazla hava sirkülasyonuna maruz kalacağı düşünülerek bunun sonuçlar üzerinde ne gibi bir değişikliğe sebep olacağını tespit etmek amacıyla aynı ürünlerin olduğu katta farklı noktalara 2 örnekleyci yerleştirilmiştir. Ayrıca, kişisel örnekleme için gönüllü olan çalışanın sigara kullandığı bilgisi de alınan notlar arasında yer almaktadır.

Kış mevsimi örnekleme sonuçları:

Kış mevsimi örnekleme çalışmasına ait tüm sonuçlar Tablo 6.11’de verilmiştir. Elde edilen iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları ise Şekil 6.31’de gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere, hafta içi inorganik bileşik değerlerinde en yüksek konsantrasyon kişisel örnekleme aittir (SO_2 :50,97 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, NO_2 :70,79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, O_3 : 16,09 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). ΣUOB konsantrasyonlarında ise değerler birbirine oldukça yakın olup en yüksek konsantrasyon (114,89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) temizlik reyonu-1 örneğinden elde edilirken, en düşük konsantrasyon (102,17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) kişisel örneklemeden bulunmuştur.



Şekil 6.31. Market kış mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları

Tablo 6.11. Market kış mevsimi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

MARKET / KIŞ MEVSİMİ										
Bileşikler	Hafta İçi					Hafta Sonu				
	Market (Gıda Reyonu)	Market (Temizlik Reyonu-1)	Market (Temizlik Reyonu-2)	Kişisel	Dış	Market (Gıda Reyonu)	Market (Temizlik Reyonu-1)	Market (Temizlik Reyonu-2)	Kişisel	Dış
İnorganik Bileşikler										
<i>SO₂</i>	32,05	33,56	42,80	50,97	34,21	30,32	24,50	22,53	39,97	17,82
<i>NO₂</i>	39,64	41,51	52,94	70,79	42,31	21,85	30,30	27,87	49,45	22,05
<i>O₃</i>	8,23	15,31	11,99	16,09	39,12	21,16	45,56	32,10	16,09	67,42
UOB'ler										
<i>İzopentan</i>	5,41	4,92	2,75	4,12	3,70	5,04	2,47	3,31	10,39	3,39
<i>1-Penten</i>	38,49	42,73	32,84	33,85	32,43	23,45	15,08	19,01	36,24	17,89
<i>n-Penten</i>	6,84	7,19	6,56	6,23	6,05	4,47	4,34	4,57	4,84	4,14
<i>İzopren</i>	2,43	2,42	2,40	2,33	2,53	2,49	2,44	2,45	2,52	2,59
<i>Trans-2-Penten</i>	1,17	1,24	1,20	1,20	1,17	1,33	1,31	1,35	1,27	1,59
<i>Cis-2-Penten</i>	3,02	3,08	3,01	3,06	3,11	3,15	3,16	3,18	3,20	3,33
<i>2,2-Dimetilbütan</i>	4,58	4,52	4,49	4,30	3,89	3,28	3,19	3,33	3,26	2,99
<i>Sikloheksan</i>	0,87	0,88	0,74	0,79	0,48	0,09	0,14	0,21	0,12	0,00
<i>Siklopentan</i>	5,00	4,81	4,67	4,90	4,51	3,90	3,95	4,06	4,21	3,89
<i>2-Metilpentan</i>	5,77	5,41	5,02	4,95	4,18	2,83	2,74	3,09	3,23	2,34
<i>3-Metilpentan</i>	2,95	2,66	2,55	2,70	2,72	2,16	2,32	2,43	2,38	2,10
<i>n-Hekzan</i>	1,05	1,03	0,71	0,68	1,40	0,56	0,78	0,56	0,90	0,48
<i>2,3-Dimetilbütan</i>	6,12	6,48	6,24	6,07	5,71	6,42	6,63	7,05	6,62	6,43
<i>Metilsiklopentan</i>	1,73	1,69	2,19	1,86	1,78	1,72	2,15	1,15	1,75	1,95
<i>2,4-Dimetilpentan</i>	3,36	3,02	3,15	3,22	3,22	3,05	3,16	3,33	3,37	3,28
<i>2-Metilheksan</i>	2,71	2,74	2,67	2,72	2,64	2,74	2,86	2,82	2,72	2,92
<i>2,3-Dimetilpentan</i>	1,52	1,53	1,49	1,51	1,43	1,45	0,78	1,43	1,45	1,52
<i>3-Metilheksan</i>	1,01	0,96	0,90	0,93	0,79	0,79	1,47	0,98	0,77	0,88
<i>Benzen</i>	2,73	2,78	2,66	2,26	2,08	2,37	2,62	2,56	2,24	2,16
<i>n-Heptan</i>	2,04	1,64	1,99	1,79	1,96	2,10	1,80	1,73	1,93	2,47
<i>Metilsikloheksan</i>	0,73	0,95	1,09	0,73	0,65	0,44	0,78	0,76	0,51	0,56

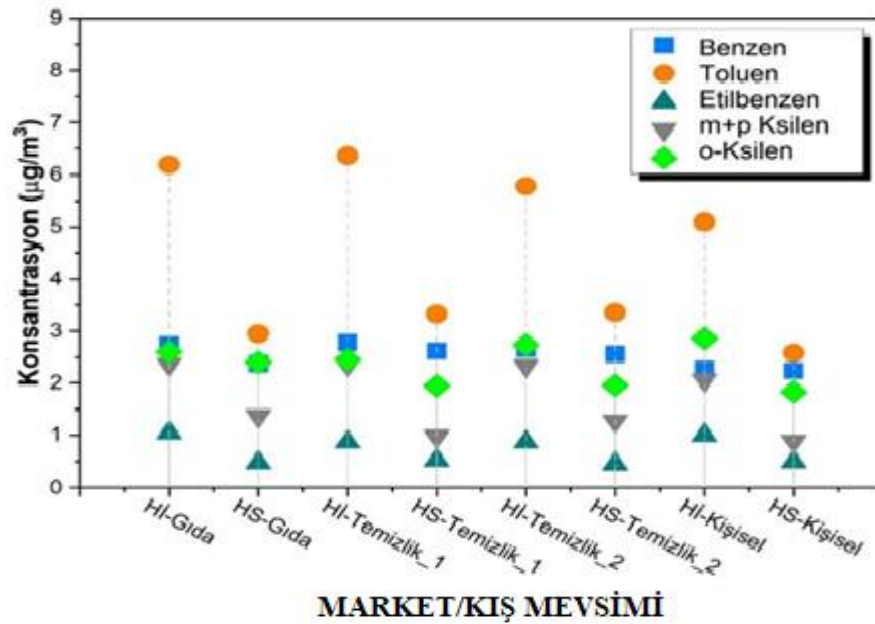
Tablo 6.11. (Devam) Market kış mevsimi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

MARKET / KIŞ MEVSİMİ										
Bileşikler	Hafta İçi					Hafta Sonu				
	Market (Gıda Reyonu)	Market (Temizlik Reyonu-1)	Market (Temizlik Reyonu-2)	Kişisel	Dış	Market (Gıda Reyonu)	Market (Temizlik Reyonu-1)	Market (Temizlik Reyonu-2)	Kişisel	Dış
UOB'ler										
2,3,4-Trimetilpentan	5,93	5,84	5,98	6,88	6,06	5,88	5,26	5,38	5,91	6,16
Toluen	6,19	6,36	5,78	5,09	5,02	2,95	3,33	3,36	2,58	1,83
2-Metilheptan	2,63	2,68	2,75	2,51	2,71	2,79	2,65	2,71	2,70	2,82
3-Metilheptan	1,35	1,33	1,25	1,33	1,28	1,03	1,63	1,17	1,60	1,11
n-Oktan	1,93	2,07	1,38	1,55	1,31	1,87	1,61	1,52	2,86	2,96
Etilbenzen	1,05	0,87	0,87	1,00	0,77	0,47	0,52	0,45	0,49	0,48
m+p Ksilen	2,36	2,35	2,33	2,06	1,63	1,37	0,98	1,27	0,89	1,01
Stiren	2,41	2,64	3,77	2,62	3,39	5,19	2,43	2,93	1,52	2,43
o-Ksilen	2,60	2,45	2,73	2,86	2,43	2,40	1,95	1,96	1,83	2,01
n-Nonan	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
İzopropilbenzen	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
n-Propilbenzen	dla	dla	dla	dla	dla	0,22	0,34	0,31	0,31	dla
o-Etiltoluen	dla	dla	dla	0,18	dla	0,11	0,10	dla	dla	dla
p-Etiltoluen	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	0,11
1,3,5-Trimetilbenzen	6,35	5,55	9,88	6,95	5,67	9,90	8,85	9,22	6,53	8,05
1,2,3-Trimetilbenzen	dla	dla	0,15	0,30	dla	0,32	0,30	0,28	0,25	0,38
1,2,4-Trimetilbenzen	0,55	0,22	1,50	0,48	0,27	dla	1,33	0,65	dla	0,30
n-Dekan	0,24	0,20	0,32	0,13	dla	dla	0,20	0,13	dla	dla
m-Dietilbenzen	dla	dla	dla	0,35	0,16	dla	dla	dla	0,26	dla
p-Dietilbenzen	dla	dla	0,18	dla	0,13	dla	dla	0,11	dla	dla
n-Undekan	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
n-Dodekan	dla	dla	0,31	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
ΣUOB	111,67	114,89	101,10	102,17	97,52	82,65	72,80	78,12	102,43	74,89

Hafta sonu elde edilen sonuçlarda ise, kişisel örneklemeye ait SO₂ ve NO₂ konsantrasyonları en yüksek değerlerde bulunurken (sırasıyla 39,97 µg/m³ ve 49,45 µg/m³), O₃ konsantrasyonları iç ortam örneklerinde daha fazla bulunmuştur ve en yüksek değer 45,56 µg/m³ olarak temizlik reyonu-1 örneğinde elde edilmiştir. ΣUOB konsantrasyonlarında en yüksek değer 102,43 µg/m³ olarak kişisel örnekleme sonucu bulunurken, en düşük değer (72,80 µg/m³) temizlik reyonu-1’de bulunmuştur.

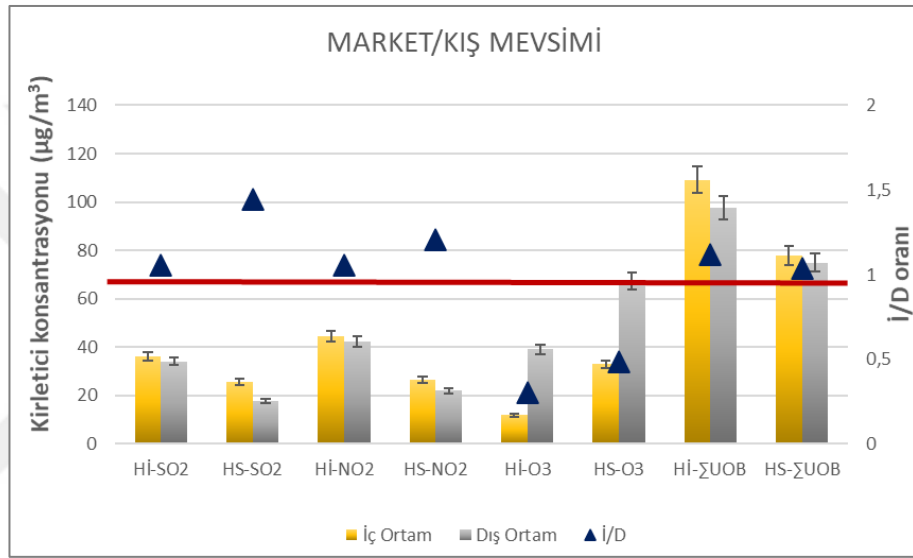
Hafta içi ve hafta sonu sonuçları karşılaştırıldığında, tüm iç ortam noktalarında SO₂, NO₂ ve ΣUOB konsantrasyonları hafta içi örneklerinde daha fazla elde edilirken, O₃ konsantrasyonları ise tam tersine hafta sonu daha yüksek bulunmuştur. Kişisel örnekleme sonuçlarında ise O₃ ve ΣUOB konsantrasyonları her iki periyotta birbirine yakınken, SO₂ ve NO₂ konsantrasyonları hafta içi örneklerinde daha yüksek seviyelerde bulunmuştur. Bunun sebebi olarak, gönüllü çalışanın günlük sigara kullanımı ve dış ortamda geçirdiği mola süreleri olduğu düşünülmektedir.

Market örneklemesinden elde edilen BTEK örnekleme sonuçlarına bakıldığında (Şekil 6.32), bu 5 bileşiğin de hafta içi örnekleme periyodunda daha yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu söylenebilir. Ayrıca, BTEK’lerin haricinde 1-penten, 2,3,4 trimetilpentan ve 1,3,5 trimetilbenzen markette kış döneminde diğer UOB’lere kıyasla daha yüksek konsantrasyonlara sahip bileşikler olmuştur.



Şekil 6.32. Market kış mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme BTEK sonuçları

Kış dönemindeki iç ortam ve dış ortam örneklerinden elde edilen sonuçlar Şekil 6.33'te gösterilmiştir. Bu sonuçlar incelendiğinde, O₃ için dış ortam konsantrasyonlarının iç ortamdaki çok daha yüksek olduğu görülmüştür. Fakat diğer inorganik bileşiklere bakıldığında, iç ortam ve dış ortam konsantrasyonlarının birbirine yakın olduğu ve çok az farkla iç ortam konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu durumda, iç ve dış ortam kaynaklarının ortam seviyelerine olan etkisinin yaklaşık olarak eşit olduğu düşünülmektedir.



Şekil 6.33. Market kış mevsimi İ/D oranları

Yaz mevsimi örnekleme sonuçları:

Markette yaz döneminde gerçekleştirilen örnekleme sonuçları Tablo 6.12'de verilmiştir. Yaz dönemine ait iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları ise Şekil 6.34'te gösterilmiştir. Hafta içi sonuçları incelendiğinde, tüm bileşiklerde noktalar arasında büyük bir fark söz konusu değilken, en yüksek konsantrasyonlar kişisel örnelemeye aittir (SO₂: 26,62 µg/m³, NO₂: 15,12 µg/m³, O₃: 8,02 µg/m³, ΣUOB 119,78 µg/m³). Hafta sonunda da inorganik bileşikler için birbirine oldukça yakın seviyeler ölçülmüştür. En yüksek konsantrasyonlar SO₂ ve O₃ için kişisel örnelemeye (sırasıyla 25,08 µg/m³, 20,25 µg/m³), NO₂ ve ΣUOB için temizlik reyonu-1'e (sırasıyla 14,58 µg/m³, 387,05 µg/m³) aittir. Hafta içi - hafta sonu sonuçları karşılaştırıldığında ise, inorganik

bileşiklerden SO₂ ve NO₂ konsantrasyonları hafta içi yüksek değerlere sahipken, O₃ ve Σ UOB konsantrasyonları hafta sonu daha yüksek elde edilmiştir.

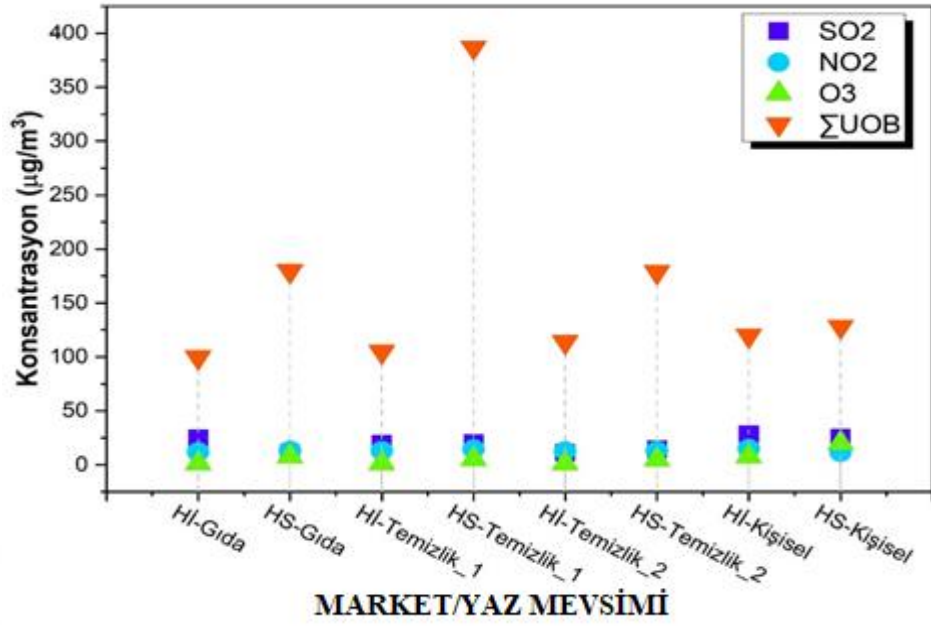


Tablo 6.12. Market yaz mevsimi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

MARKET / YAZ MEVSİMİ											
Bileşikler	Hafta İçi						Hafta Sonu				
	Market (Gıda Reyonu)	Market (Temizlik Reyonu-1)	Market (Temizlik Reyonu-2)	Kişisel	Dış		Market (Gıda Reyonu)	Market (Temizlik Reyonu-1)	Market (Temizlik Reyonu-2)	Kişisel	Dış
İnorganik Bileşikler											
<i>SO₂</i>	24,67	19,39	11,57	28,62	14,39		11,42	20,07	14,42	25,08	53,79
<i>NO₂</i>	11,89	13,06	12,67	15,12	9,68		13,32	14,58	13,25	11,71	4,90
<i>O₃</i>	1,20	1,33	1,50	8,02	22,76		7,64	5,21	4,82	20,25	55,95
UOB'ler											
<i>İzopentan</i>	3,23	0,76	1,96	2,67	2,10		25,96	80,57	23,10	10,18	75,23
<i>1-Penten</i>	25,72	23,99	27,80	27,93	23,07		79,92	216,52	58,32	35,46	150,39
<i>n-Penten</i>	3,39	3,63	3,65	4,03	2,27		4,79	7,35	3,98	3,03	5,69
<i>İzopren</i>	2,02	2,11	2,23	2,57	2,09		2,34	2,32	2,24	2,24	2,29
<i>Trans-2-Penten</i>	0,30	0,19	0,26	0,26	0,24		0,25	0,04	0,14	0,11	0,20
<i>Cis-2-Penten</i>	2,77	2,62	2,66	3,18	2,56		2,93	2,89	3,03	2,92	3,09
<i>2,2-Dimetilbütan</i>	3,40	3,50	3,63	3,88	2,90		2,97	3,28	2,98	2,78	2,74
<i>Sikloheksan</i>	0,27	0,38	0,32	0,25	dla		dla	dla	dla	dla	dla
<i>Siklopentan</i>	3,60	3,61	3,61	4,34	3,21		1,00	3,54	3,49	3,39	3,50
<i>2-Metilpentan</i>	3,05	3,13	3,37	3,42	2,32		6,27	2,38	2,63	2,08	2,44
<i>3-Metilpentan</i>	1,31	1,47	1,56	1,61	1,12		1,21	1,18	1,23	1,10	0,96
<i>n-Hekzan</i>	0,70	0,95	0,99	0,80	1,08		4,13	6,90	10,56	0,76	2,99
<i>2,3-Dimetilbütan</i>	3,33	3,76	3,56	4,43	2,57		2,21	2,27	2,31	2,28	2,01
<i>Metilsiklopentan</i>	1,12	1,08	1,18	1,30	1,13		0,91	0,92	0,96	0,91	2,00
<i>2,4-Dimetilpentan</i>	1,31	1,50	1,59	1,76	1,44		1,49	1,49	1,38	1,48	dla
<i>2-Metilheksan</i>	1,10	1,13	1,11	1,36	1,08		1,26	1,26	1,24	1,24	dla
<i>2,3-Dimetilpentan</i>	2,31	2,39	2,42	2,88	2,31		2,65	2,69	2,60	2,57	1,29
<i>3-Metilheksan</i>	0,60	0,68	0,68	0,74	0,58		0,74	0,75	0,69	0,64	0,68
<i>Benzen</i>	1,11	0,89	0,97	1,11	0,97		0,87	0,90	0,74	1,08	0,89
<i>n-Heptan</i>	2,15	0,69	1,12	1,99	1,27		1,47	1,32	1,47	1,88	0,95
<i>Metilsikloheksan</i>	0,82	0,83	0,88	0,76	0,81		dla	dla	0,61	0,42	0,61

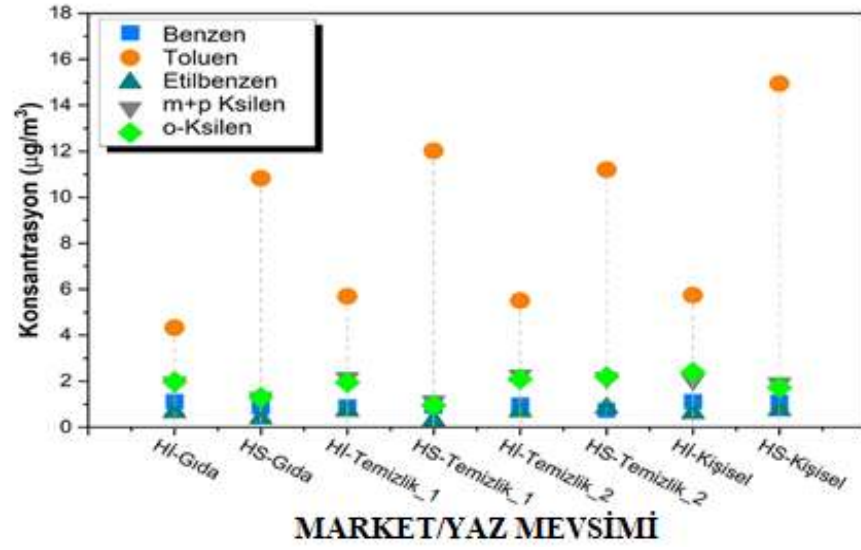
Tablo 6.12. (Devam) Market yaz mevsimi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

MARKET / YAZ MEVSİMİ										
Bileşikler	Hafta İçi					Hafta Sonu				
	Market (Gıda Reyonu)	Market (Temizlik Reyonu-1)	Market (Temizlik Reyonu-2)	Kişisel	Dış	Market (Gıda Reyonu)	Market (Temizlik Reyonu-1)	Market (Temizlik Reyonu-2)	Kişisel	Dış
UOB'ler										
2,3,4-Trimetilpentan	4,63	5,96	5,62	5,49	4,29	8,80	7,41	9,31	9,30	4,17
Toluen	4,32	5,69	5,50	5,74	4,09	10,82	12,02	11,20	14,94	2,98
2-Metilheptan	2,06	2,26	2,38	2,71	2,36	2,51	2,55	2,82	dla	2,40
3-Metilheptan	2,64	3,65	3,65	3,31	2,67	3,83	4,24	3,88	3,69	3,39
n-Oktan	2,46	1,81	1,51	3,96	2,35	2,05	2,35	1,57	3,26	1,25
Etilbenzen	0,65	0,73	0,69	0,62	0,76	0,38	0,29	0,84	0,74	0,48
m+p Ksilen	1,94	2,14	2,25	2,06	2,10	1,29	1,12	2,14	1,91	2,27
Stiren	2,20	1,13	2,57	1,54	2,63	0,52	0,59	2,99	1,52	2,05
o-Ksilen	1,98	1,95	2,09	2,39	2,33	1,30	0,95	2,19	1,72	2,59
n-Nonan	0,89	0,62	0,25	3,59	0,47	dla	0,59	0,34	1,22	0,64
İzopropilbenzen	dla	dla	dla	dla	0,41	dla	dla	0,04	dla	dla
n-Propilbenzen	dla	0,32	0,34	0,37	0,12	dla	dla	0,19	dla	0,23
o-Etiltoluen	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	0,16	dla	2,30
p-Etiltoluen	dla	dla	dla	dla	0,11	dla	dla	0,06	dla	2,34
1,3,5-Trimetilbenzen	6,40	5,21	6,88	8,42	8,33	0,68	1,15	5,90	9,16	9,72
1,2,3-Trimetilbenzen	0,09	0,11	2,90	dla	3,85	dla	dla	dla	dla	0,68
1,2,4-Trimetilbenzen	1,25	1,97	2,24	1,05	1,32	0,18	0,98	1,67	0,82	1,67
n-Dekan	0,19	3,43	2,99	1,41	0,49	dla	5,07	3,82	0,15	3,14
m-Dietilbenzen	0,46	0,33	0,37	0,07	0,41	0,09	0,04	0,22	0,09	0,84
p-Dietilbenzen	0,21	dla	dla	0,16	0,42	0,14	0,17	0,18	0,21	0,34
n-Undekan	1,42	2,16	1,11	1,85	dla	dla	0,24	dla	dla	dla
n-Dodekan	2,44	6,27	5,04	3,78	2,06	3,70	8,72	5,54	2,90	6,04
ΣUOB	99,85	105,03	113,96	119,78	96,72	179,65	387,05	178,74	128,22	307,47



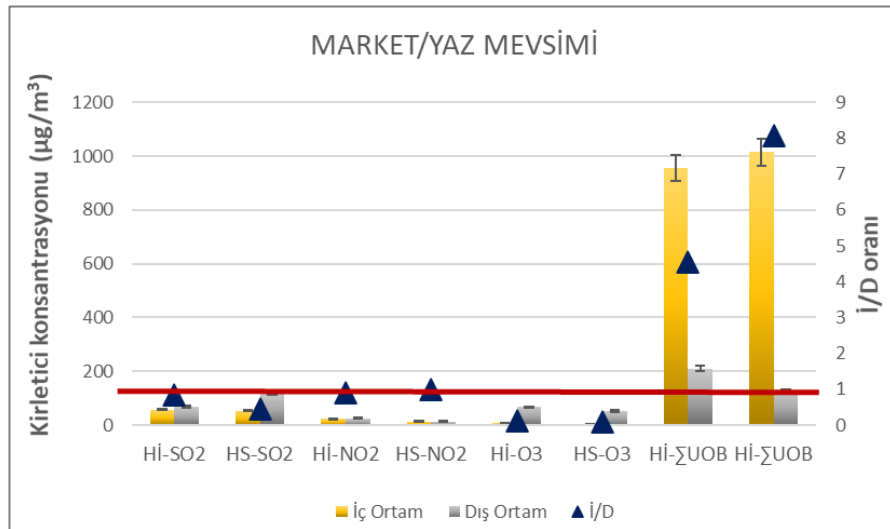
Şekil 6.34. Market yaz mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları

BTEK konsantrasyonları Şekil 6.35’te yer almaktadır. Bu sonuçlara göre, benzen, etilbenzen ve ksilenlerin her iki örnekleme periyodunda da örnekleme noktalarından elde edilen sonuçlarının birbirlerine oldukça yakın olduğu gözlenmiştir. Toluene için ise hafta sonu daha yüksek konsantrasyonlar elde edilmiştir. Ek olarak, BTEK bileşikler dışında markette bulunan en yüksek konsantrasyonlara sahip diğer UOB’ler kış mevsiminde olduğu gibi 1-penten, 2,3,4 trimetilpentan ve 1,3,5 trimetilbenzen olmuştur. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı tarafından deterjanlar hakkında 2018 yılında yayınlanan yönetmelikte, halka satılan deterjanların içerdiği kimyasallar arasında hidrokarbonlarında olduğu bildirilmiştir (Gümrük ve Ticaret Bakanlığı, 2018).



Şekil 6.35. Market yaz mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme BTEK sonuçları

Yaz döneminde markette tespit edilen iç ortam ve dış ortam konsantrasyonlarının ortalaması Şekil 6.36'da verilmiştir. Bu grafikte dikkat çeken durum ise, NO_2 konsantrasyonları dış ortamda az iken O_3 konsantrasyonlarının dış ortamda yüksek olmasıdır. Bu durum yaz mevsimi ile ilgili olup, güneş ışığının etkisi ile atmosferde gerçekleşen fotokimyasal tepkimeler ve ikincil kirlenici olarak O_3 'ün oluşması şeklinde açıklanabilir. İ/D oranları incelendiğinde, NO_2 'ye ait oranlar her iki periyotta > 1 iken O_3 İ/D oranları < 1 olarak hesaplanmıştır. SO_2 ve ΣUOB oranları hafta sonu için < 1 , hafta içi için ise > 1 olmuştur.



Şekil 6.36. Market yaz mevsimi İ/D oranları

6.1.7. Otel örnekleme sonuçları

Tez çalışması kapsamında ele alınan iş yerlerinden biri de 5 yıldızlı bir otel olmuştur. Büyük bir iş yeri olduğu için örnekleme noktalarını seçerken gerçekleştirilen aktiviteler, kirletici kaynaklarının çeşitliliği ve çalışanların sık kullandığı noktalar dikkate alınmıştır. Seçilen noktalar; resepsiyon, mutfak ve müşteri odalarının bulunduğu herhangi bir kat koridorudur. Çalışanların mesai saatleri boyunca bulundukları ortamdaki konsantrasyonlar ile kişisel maruziyet konsantrasyonları arasındaki ilişkiyi incelemek için, kişisel örnekleme noktasında çalışan gönüllü kişiler seçilmiştir. Mutfakta çalışan aşçı, resepsiyondaki resepsiyonist ve seçilen katta temizlik yapan temizlik görevlisi kişisel örnekleyicileri tüm mesailerini boyunca üzerlerinde taşımıştır. Ayrıca, dış ortam örnekleri de ön (otel girişi) ve arka (otel arkası) olmak üzere 2 farklı cepheye yerleştirilmiştir. Ek olarak, kış dönemi örnekleme kampanyası yarıyıl tatiline denk gelmiştir ve hafta sonu otel kapasitesinin tamamen dolduğu alınan notlar arasındadır.

Kış mevsimi örnekleme sonuçları:

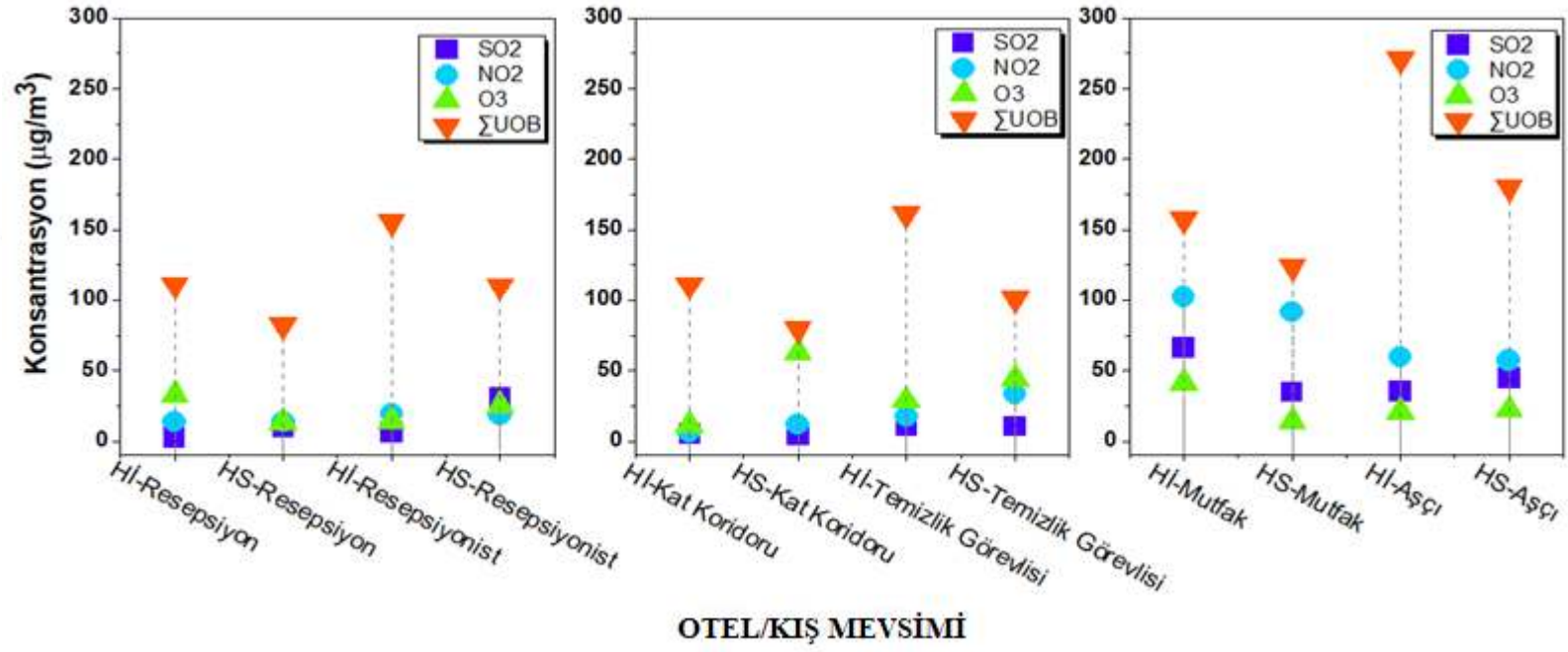
Otelde kış mevsiminde hafta içi örnekleme noktasından elde edilen sonuçlar Tablo 6.13'te verilmiştir. İç ortam ve kişisel örnekleme noktasına ait grafikler ise Şekil 6.37'de gösterilmiştir. Bu grafiklere göre, hafta içi SO₂ konsantrasyonu en yüksek iç ortam değeri (66,34 µg/m³) mutfakta ölçülürken, diğer iki noktada birbirine çok yakın değerler elde edilmiştir (resepsiyon: 2,37 µg/m³, kat koridoru: 5,39 µg/m³). Kişisel örnekleme sonuçları incelendiğinde ise benzer bir durum gözlemlenmiştir. Aşçıya ait SO₂ konsantrasyonu 35,54 µg/m³ olarak bulunurken, bu değeri temizlik personeli (11,13 µg/m³) ve resepsiyonist (6,42 µg/m³) takip etmiştir. İç ortamlar ve o ortamda çalışanlara ait kişisel örnekleme sonuçları karşılaştırıldığında, mutfakta elde edilen konsantrasyon aşçıdan daha yüksek bulunurken diğer iki ortamda kişisel örneklerde daha yüksek konsantrasyonlar tespit edilmiştir. Benzer şekilde NO₂ konsantrasyonları incelendiğinde, en yüksek konsantrasyon mutfakta 102,19 µg/m³ olarak bulunurken, resepsiyonda 13,51 µg/m³, kat koridorunda ise 6,25 µg/m³ olarak elde edilmiştir. Kişisel örnekleme sonuçları ise; aşçıda 59,53 µg/m³, resepsiyonistte 19,47 µg/m³ ve temizlik personelinde 17,49 µg/m³ şeklindedir. Temizlik personeli ve aşçının sigara kullanmadığı fakat

resepsiyon çalışanının sigara kullandığı anket bilgileri arasında yer almaktadır. Temizlik personeline ölçülen NO₂ konsantrasyonlarının ise mola saatlerinde sigara kullanımına açık yerlerde bulunarak pasif içici olmasından dolayı kaynaklandığı düşünülmektedir. NO₂ konsantrasyonlarında mutfak hariç diğer iki noktada kişisel örnekten elde edilen sonuçlar iç ortam değerlerinden daha yüksek bulunmuştur. Bu durum personellerin mola saatlerinde açık alanda bulunması, bu alanda sigara içilmesinin yanı sıra, mevcut otoparkta bulunan motorlu taşıtlardan kaynaklandığı düşünülmektedir. O₃ bileşiği için de en yüksek iç ortam konsantrasyonu mutfakta elde edilmiştir (41,26 µg/m³). Bu değeri 31,16 µg/m³ ile resepsiyon, 11,70 µg/m³ ile kat koridorunda ölçülen değerler takip etmiştir. Kişisel örneklerde ise en yüksek konsantrasyon temizlik personeline 28,73 µg/m³ olarak elde edilirken, 21,15 µg/m³ aşçı ve 14,37 µg/m³ olarak resepsiyonistte elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre, mutfak ve resepsiyonda iç ortam konsantrasyonları daha fazlayken, kat koridorunda ise kişisel örnekleme sonuçları daha yüksek elde edilmiştir. Σ UOB konsantrasyonlarına bakıldığında, en yüksek iç ortam konsantrasyonu (157,95 µg/m³) mutfakta elde edilirken, en yüksek kişisel örnekleme sonucu (217,06 µg/m³) ise aşçıda elde edilmiştir. Kişisel örneklerden elde edilen sonuçlar ile iç ortam sonuçları karşılaştırıldığında, Σ UOB konsantrasyonlarının kişisel örneklerde daha yüksek seviyelerde olduğu görülmüştür.

Hafta sonu sonuçları incelendiğinde, SO₂ ve NO₂ bileşiklerinde en yüksek konsantrasyonlar mutfakta elde edilirken (sırasıyla 34,71 µg/m³, 91,76 µg/m³), O₃ konsantrasyonun en yüksek değeri kat koridorunda (63,14 µg/m³) ölçülmüştür. Kişisel örnekleme ile elde edilen sonuçlarda da benzer durum gözlenmiştir. En yüksek SO₂ ve NO₂ konsantrasyonları mutfakta bulunan aşçı (sırasıyla 44,54 µg/m³ ve 57,49 µg/m³), O₃ konsantrasyonu ise temizlik görevlisinde (44,34 µg/m³) ölçülmüştür. Hafta sonuna ait örnekleme sonuçları ise Tablo 6.14'te verilmiştir. Bu tabloya göre, NO₂ mutfak ve O₃ kat koridoru sonuçları hariç diğer iç ortam sonuçlarının aynı ortamdan elde edilen kişisel örnekleme sonuçlarından daha düşük bulunduğu gözlenmiştir. İç ortam Σ UOB konsantrasyonları ise en yüksek değerden en düşüğe doğru şu şekilde bulunmuştur; 123,71 µg/m³ (mutfak), 82,12 µg/m³ (resepsiyon) ve 79,92 µg/m³ (kat koridoru). Kişisel örnekleme ile elde edilen Σ UOB konsantrasyonlarının sıralaması ise; 179,89 µg/m³ (aşçı), 110,12 µg/m³ (resepsiyonist) ve 101,55 µg/m³ (temizlik personeli) şeklindedir. Buradan yola çıkarak, kişisel örneklerden elde edilen sonuçların iç ortam sonuçlarından daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Genel olarak bütün örneklerde hafta sonunda daha yüksek değerler elde edildiği görölmüştür. Bu durum, hafta sonu otel kapasitesinin tamamının dolu olmasına bağlı olarak daha fazla iş yükünün bulunması ve aktivite yoğunluğunun daha fazla olmasıyla açıklanabilir.





Şekil 6.37. Otel kış mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları

Tablo 6.13. Otel kış mevsimi hafta içi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

OTEL / KIŞ MEVSİMİ								
Bileşikler	Hafta İçi							
	Otel (Resepsiyon)	otel (Mutfak)	Otel (Kat Koridoru)	Kişisel (Resepsiyonist)	Kişisel (Aşçı)	Kişisel (Temizlik Personeli)	Dış (Otel Önü)	Dış (Otel Arkası)
İnorganik Bileşikler								
<i>SO₂</i>	2,37	66,34	5,39	6,42	35,54	11,13	19,93	12,40
<i>NO₂</i>	13,51	102,19	6,25	19,47	59,53	17,49	17,99	27,81
<i>O₃</i>	33,16	41,26	11,70	14,37	21,15	28,73	219,45	131,93
UOB'ler								
<i>İzopentan</i>	2,31	2,63	1,19	1,26	2,50	3,78	0,87	2,67
<i>1-Penten</i>	12,34	19,38	27,20	12,05	30,11	37,15	6,87	10,93
<i>n-Penten</i>	2,56	5,20	5,01	3,78	18,99	6,71	2,74	2,80
<i>İzopren</i>	1,92	1,94	1,93	3,48	3,58	3,53	2,07	2,03
<i>Trans-2-Penten</i>	dla	0,23	dla	0,10	1,03	0,22	0,15	0,15
<i>Cis-2-Penten</i>	2,46	2,49	2,49	4,47	4,47	4,51	2,63	2,66
<i>2,2-Dimetilbütan</i>	2,50	3,05	3,85	4,06	5,02	5,58	2,21	2,22
<i>Sikloheksan</i>	dla	0,38	0,81	0,50	0,42	0,63	dla	dla
<i>Siklopentan</i>	3,07	1,51	4,26	5,05	5,54	6,57	2,94	2,86
<i>2-Metilpentan</i>	2,44	7,31	5,65	3,18	5,03	7,46	1,65	1,58
<i>3-Metilpentan</i>	1,96	2,18	3,39	3,24	3,93	5,15	1,75	1,70
<i>n-Hekzan</i>	0,71	1,02	1,69	0,45	2,15	2,45	dla	0,27
<i>2,3-Dimetilbütan</i>	4,34	3,75	3,93	7,23	6,49	9,25	3,64	3,56
<i>Metilsiklopentan</i>	1,38	1,26	1,24	2,14	2,35	2,25	1,29	1,32
<i>2,4-Dimetilpentan</i>	2,53	2,58	2,48	4,30	4,69	4,70	2,63	2,78
<i>2-Metilheksan</i>	2,15	2,19	2,24	3,88	3,96	3,93	2,24	2,23
<i>2,3-Dimetilpentan</i>	0,65	0,79	0,78	1,02	1,19	1,22	0,59	0,55
<i>3-Metilheksan</i>	1,15	1,21	1,32	2,02	2,10	2,20	1,15	1,15
<i>Benzen</i>	1,93	2,06	2,40	2,43	10,60	3,57	1,85	2,22
<i>n-Heptan</i>	0,84	1,49	0,64	0,62	4,38	0,55	0,99	1,00
<i>Metilsikloheksan</i>	0,16	0,30	0,30	0,28	0,69	0,45	0,25	0,10

Tablo 6.13. (Devam) Otel kış mevsimi hafta içi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Bileşikler	OTEL / KIŞ MEVSİMİ							
	Hafta İçi							
	Otel (Resepsiyon)	Otel (Mutfak)	Otel (Kat Koridoru)	Kişisel (Resepsiyonist)	Kişisel (Aşçı)	Kişisel (Temizlik Personeli)	Dış (Otel Önü)	Dış (Otel Arkası)
UOB'ler								
2,3,4-Trimetilpentan	6,16	6,98	6,01	14,86	14,02	9,41	3,90	4,32
Toluen	13,75	14,96	9,04	17,73	32,63	11,78	1,66	1,54
2-Metilheptan	2,07	2,31	2,23	3,94	4,23	3,72	2,16	dla
3-Metilheptan	0,98	1,40	0,88	1,31	10,58	1,80	0,28	0,21
n-Oktan	1,34	2,80	0,71	1,13	6,09	1,20	0,29	dla
Etilbenzen	7,87	16,38	3,18	9,22	20,64	3,14	0,60	0,62
m+p Ksilen	12,53	25,22	5,23	14,52	31,49	5,22	0,83	0,79
Stiren	4,27	2,21	1,71	6,44	3,15	2,82	1,26	1,22
o-Ksilen	7,92	15,69	3,70	9,36	18,23	3,97	1,05	1,02
n-Nonan	0,46	0,66	dla	0,14	1,10	dla	dla	dla
İzopropilbenzen	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
n-Propilbenzen	dla	dla	dla	1,01	dla	dla	0,12	0,18
o-Etiltoluen	0,53	0,70	0,83	0,91	0,97	1,23	0,65	0,73
p-Etiltoluen	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
1,3,5-Trimetilbenzen	1,10	0,64	0,25	1,03	2,33	2,04	0,49	dla
1,2,3-Trimetilbenzen	dla	0,75	dla	dla	dla	dla	0,40	0,47
1,2,4-Trimetilbenzen	1,36	1,67	3,02	1,58	2,17	3,04	0,52	0,43
n-Dekan	dla	1,56	1,08	0,23	2,12	dla	dla	dla
m-Dietilbenzen	0,38	0,30	0,40	0,79	0,71	dla	0,39	0,33
p-Dietilbenzen	0,12	0,12	dla	0,66	0,26	dla	0,22	0,27
n-Undekan	2,78	0,66	dla	5,42	1,13	dla	0,67	1,71
n-Dodekan	0,11	1,68	0,46	1,58	2,59	1,78	0,33	dla
ΣUOB	110,99	157,95	111,08	155,33	271,06	161,21	54,00	58,63

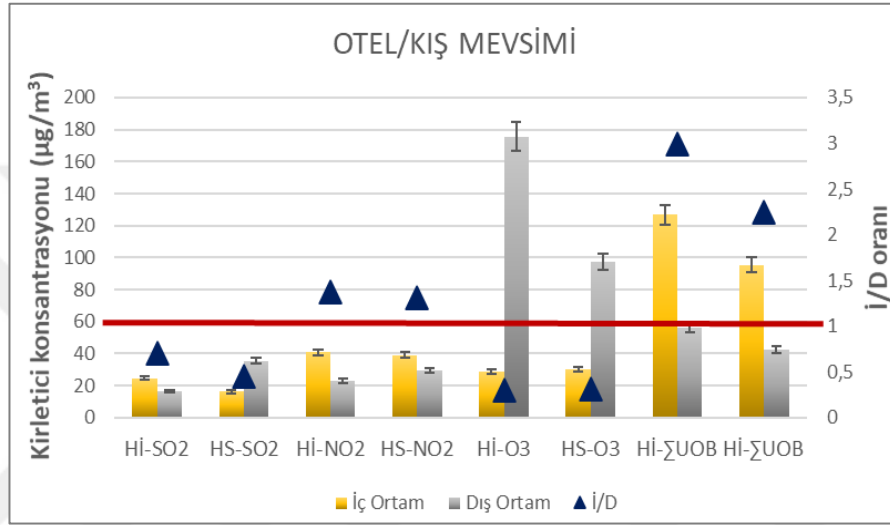
Tablo 6.14. Otel kış mevsimi hafta sonu örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

OTEL / KIŞ MEVSİMİ								
Hafta Sonu								
Bileşikler	Otel (Resepsiyon)	Otel (Mutfak)	Otel (Kat Koridoru)	Kişisel (Resepsiyonist)	Kişisel (Aşçı)	Kişisel (Temizlik Personeli)	Dış (Otel Önü)	Dış (Otel Arkası)
İnorganik Bileşikler								
<i>SO₂</i>	9,30	34,71	4,26	31,18	44,54	10,51	56,26	14,50
<i>NO₂</i>	13,71	91,76	11,94	18,49	57,49	33,51	36,42	23,00
<i>O₃</i>	13,70	13,95	63,14	25,50	22,28	44,34	107,5	87,06
UOB'ler								
<i>İzopentan</i>	0,55	1,20	0,70	0,78	3,32	1,00	0,38	1,81
<i>1-Penten</i>	10,66	32,83	19,15	15,29	35,72	14,75	5,37	9,22
<i>n-Penten</i>	2,90	9,89	3,70	5,46	10,00	3,46	1,68	1,90
<i>İzopren</i>	1,92	1,96	1,91	3,43	3,46	3,46	2,03	2,05
<i>Trans-2-Penten</i>	dla	0,13	dla	dla	0,15	0,11	0,11	dla
<i>Cis-2-Penten</i>	2,48	2,48	2,47	dla	4,52	4,50	2,63	dla
<i>2,2-Dimetilbütan</i>	2,16	2,96	2,86	3,65	4,36	3,93	2,15	2,20
<i>Sikloheksan</i>	dla	0,58	0,52	dla	0,15	dla	dla	dla
<i>Siklopentan</i>	2,81	3,50	3,40	4,98	5,62	5,36	3,00	2,94
<i>2-Metilpentan</i>	1,60	3,81	3,08	2,34	4,26	3,22	1,53	1,63
<i>3-Metilpentan</i>	1,62	2,33	1,97	2,90	3,44	3,06	1,74	1,73
<i>n-Hekzan</i>	dla	1,29	0,28	dla	1,59	0,66	dla	0,54
<i>2,3-Dimetilbütan</i>	4,22	3,76	4,45	6,97	6,57	8,76	3,48	3,45
<i>Metilsiklopentan</i>	1,16	1,20	1,21	2,24	2,19	2,37	1,30	1,29
<i>2,4-Dimetilpentan</i>	2,43	2,89	2,41	4,40	4,39	4,54	2,55	2,61
<i>2-Metilheksan</i>	2,11	2,21	2,15	3,84	3,94	3,98	2,23	dla
<i>2,3-Dimetilpentan</i>	1,14	0,71	1,25	2,06	2,08	2,10	0,58	1,15
<i>3-Metilheksan</i>	0,70	1,21	0,79	1,22	1,18	1,12	1,16	0,55
<i>Benzen</i>	1,55	1,97	1,80	1,81	8,26	2,05	1,33	1,44
<i>n-Heptan</i>	0,50	0,95	0,37	1,29	3,33	0,30	0,32	0,65
<i>Metilsikloheksan</i>	0,52	0,19	0,27	1,39	0,27	dla	dla	dla

Tablo 6.14. (Devam) Otel kış mevsimi hafta sonu örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

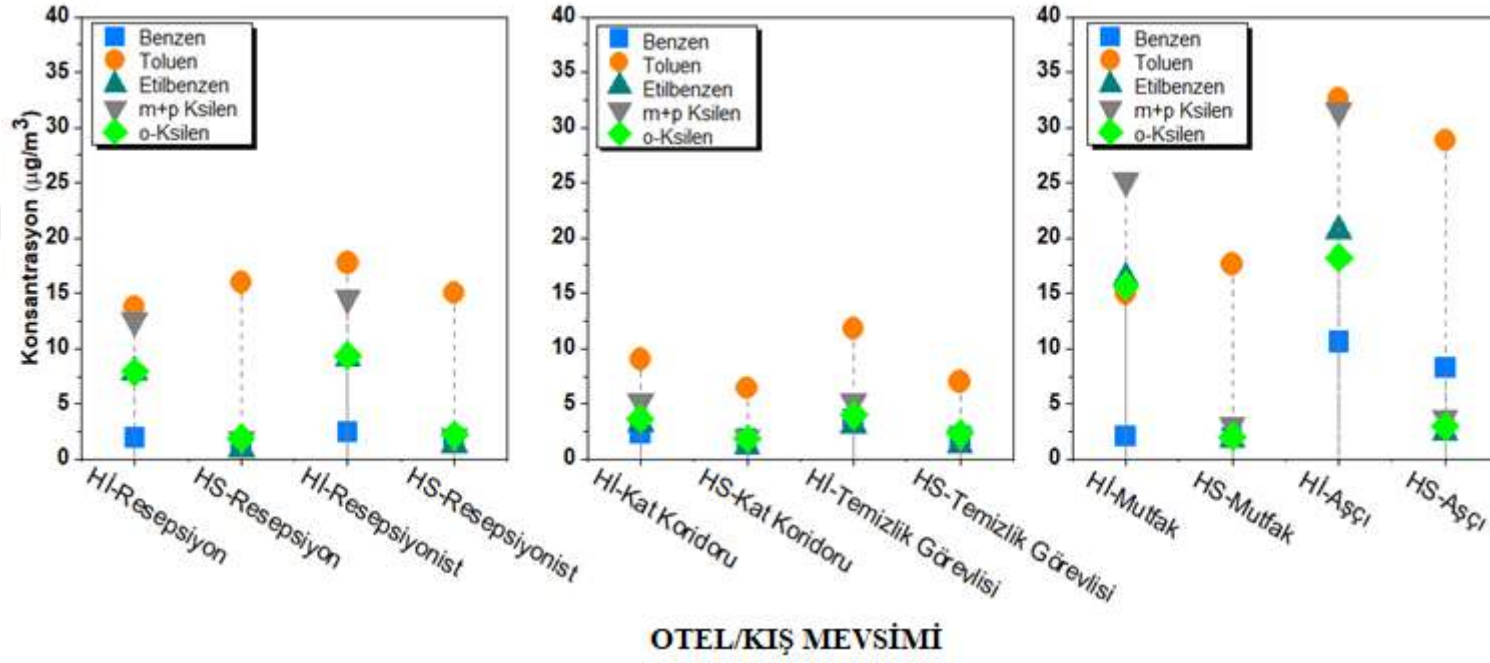
OTEL / KIŞ MEVSİMİ								
Hafta Sonu								
Bileşikler	Otel (Resepsiyon)	Otel (Mutfak)	Otel (Kat Koridoru)	Kişisel (Resepsiyonist)	Kişisel (Aşçı)	Kişisel (Temizlik Personeli)	Dış (Otel Önü)	Dış (Otel Arkası)
UOB'ler								
2,3,4-Trimetilpentan	10,67	10,48	5,03	11,42	17,04	9,21	dla	dla
Toluen	16,00	17,60	6,42	15,05	28,82	6,99	1,86	1,90
2-Metilheptan	2,27	2,39	2,11	3,93	4,29	3,65	2,14	2,23
3-Metilheptan	1,25	0,22	1,05	1,58	2,29	1,64	0,55	0,28
n-Oktan	1,17	2,84	0,49	0,87	4,64	1,53	0,12	dla
Etilbenzen	0,96	1,83	1,14	1,38	2,40	1,39	0,43	0,43
m+p Ksilen	1,75	3,02	1,94	2,08	3,73	2,10	0,50	0,58
Stiren	3,62	1,32	1,42	4,68	2,34	2,38	1,02	1,05
o-Ksilen	1,91	2,05	1,87	2,23	2,97	2,33	0,83	0,76
n-Nonan	0,30	dla	dla	dla	0,14	dla	dla	dla
İzopropilbenzen	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
n-Propilbenzen	0,14	0,11	dla	dla	dla	dla	0,12	dla
o-Etiltoluen	0,29	0,72	0,74	0,98	0,92	0,96	dla	0,55
p-Etiltoluen	0,19	dla	dla	dla	dla	dla	0,13	dla
1,3,5-Trimetilbenzen	dla	dla	dla	0,15	0,40	dla	dla	dla
1,2,3-Trimetilbenzen	dla	dla	dla	0,29	dla	0,13	dla	dla
1,2,4-Trimetilbenzen	0,58	1,38	2,53	1,07	0,99	dla	dla	0,16
n-Dekan	dla	0,79	0,17	dla	dla	dla	dla	0,11
m-Dietilbenzen	dla	0,48	0,28	0,18	0,11	0,35	dla	dla
p-Dietilbenzen	dla	0,43	dla	0,19	dla	dla	dla	0,13
n-Undekan	dla	dla	dla	dla	dla	0,16	dla	dla
n-Dodekan	1,05	1,04	dla	dla	0,73	dla	dla	dla
ΣUOB	82,12	123,71	79,92	110,12	179,89	101,55	41,26	43,36

Kış mevsiminde otele ait ortalama iç ortam ve dış ortam konsantrasyonları birlikte incelendiğinde hem hafta içi hem de hafta sonu daha yüksek dış ortam O₃ konsantrasyonları gözlenmiştir (Şekil 6.38). Benzer şekilde, hafta sonuna ait SO₂ konsantrasyonu da dış ortamda daha yüksek ölçülmüştür. Diğer bileşikler ise her iki örneklem periyodunda da iç ortamlarda daha yüksek seviyelerde ölçülmüştür. Bundan dolayı da söz konusu bileşikler (Σ UOB, NO₂ ve Hİ-SO₂) için > 1 İ/D oranları elde edilirken, O₃ ve hafta sonu ölçülen SO₂ için ≤ 1 İ/D oranları bulunmuştur.



Şekil 6.38. Otel kış mevsimi İ/D oranları

BTEK konsantrasyonları ise Şekil 6.39’da gösterilmiştir. Hafta içi iç ortam benzen konsantrasyonları birbirlerine çok yakın elde edilirken, kişisel örneklem sonuçlarında ise aşçıdan elde edilen sonuç (10,60 µg/m³) diğer kişisel örneklem sonuçlarının yaklaşık 5 katı yüksek bulunmuştur. İç ortam konsantrasyonlarında hem hafta içi hem hafta sonu en yüksek değerler etilbenzen, m+p ksilen, o-ksilen ve toluen için mutfak ortamında elde edilirken, kişisel örnekler arasında da en yüksek konsantrasyonlar aşçıda ölçülmüştür. Resepsiyonda ölçülen toluen dışındaki diğer bileşikler resepsiyonist kişisel örneklem sonucundan biraz daha düşük bulunmuştur. Aynı durum kat koridoru ve temizlik personeli örneklerinde de görülmüştür. Fakat mutfak alanındaki sonuçlarda BTEK bileşiklerinin hepsi kişisel örneklem sonucu daha yüksek bulunmuştur. Ek olarak, 1-penten ve 2,3,4 trimetilpentan bileşikleri her noktada diğer bileşiklere göre daha yüksek konsantrasyonlarda ölçülmüştür.



Şekil 6.39. Otel kış mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme BTEK sonuçları

Yaz mevsimi örnekleme sonuçları:

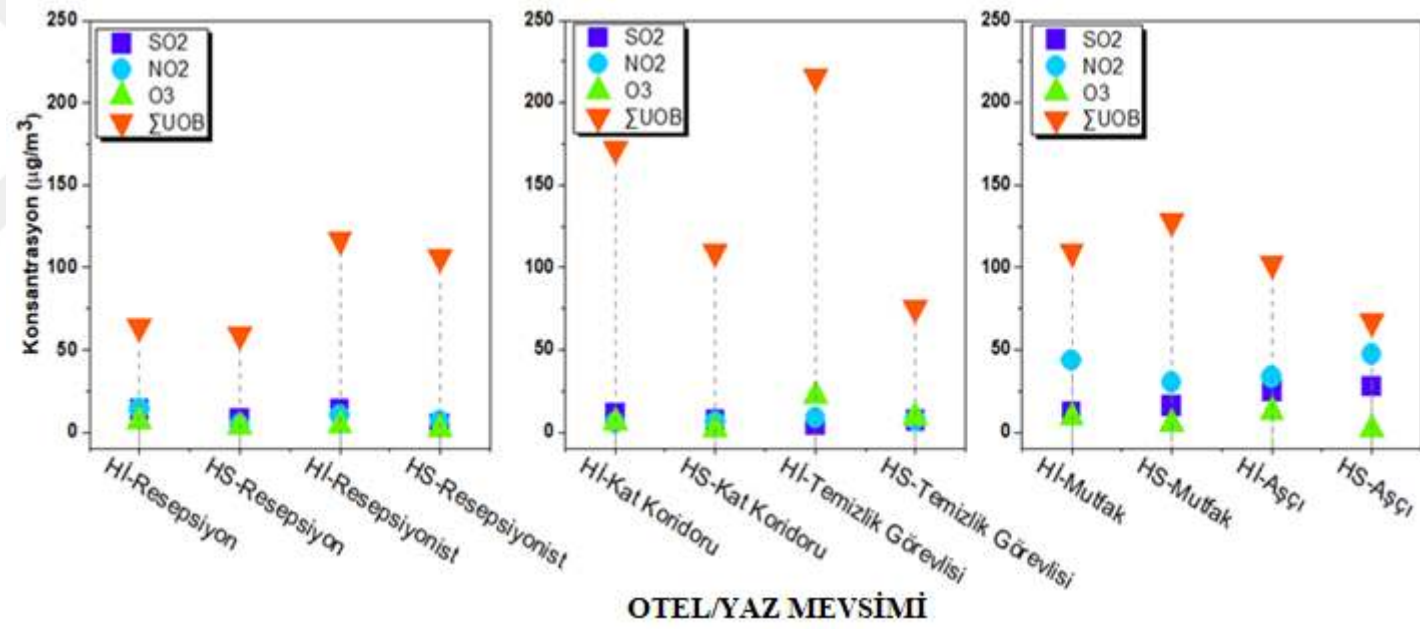
Otelde gerçekleştirilen yaz mevsimi örnekleme sonuçları Tablo 6.15 - 6.16'da verilmiştir. İç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları ise Şekil 6.40' daki grafikte gösterilmiştir. Bu grafiğe göre, hafta içi iç ortamda en yüksek SO₂ konsantrasyonu (13,76 µg/m³) resepsiyonda, en yüksek NO₂ ve O₃ konsantrasyonları ise mutfakta (sırasıyla 43,46 µg/m³, 8,91 µg/m³) elde edilmiştir. İnorganik bileşiklerin kişisel örnekleme sonuçları incelendiğinde, SO₂ ve NO₂ sonuçları (sırasıyla 24,76 µg/m³, 33,47 µg/m³) aşçıya ait kişisel örnekleme sonucu yüksek bulunurken, O₃ konsantrasyonu (21,99 µg/m³) ise temizlik görevlisinde daha yüksek ölçülmüştür.

Genel olarak bakıldığında, inorganik bileşik sonuçlarında SO₂ konsantrasyonları resepsiyonist ve temizlik görevlisinde elde edilen kişisel örneklerde daha fazla bulunurken, NO₂ konsantrasyonları aşçı hariç kişisel örneklerde yüksek sonuçlara sahip olmuştur ve O₃ konsantrasyonları ise sadece resepsiyonistte daha yüksek bulunmuştur. ΣUOB konsantrasyonlarında en yüksek değer iç ortam kat koridorunda 172,04 µg/m³ iken, bu değeri mutfak (109,81 µg/m³) ve resepsiyon (64,45 µg/m³) takip etmiştir. Kişisel örnekleme sonuçlarında ise, en yüksek konsantrasyon o katta çalışan temizlik personeline 215,89 µg/m³ olarak ölçülmüştür ve bu değeri resepsiyonist (117,08 µg/m³) ve aşçı (102,55 µg/m³) takip etmiştir. İç ortam ve kişisel örnekler karşılaştırıldığında mutfak ve aşçı örnekleri birbirine çok yakınken, diğer noktalarda kişisel örnekleme sonuçları iç ortam değerlerinden yaklaşık olarak 2 kat daha fazla bulunmuştur.

Hafta sonu sonuçları (Tablo 6.16) incelendiğinde, inorganik kirleticiler için en yüksek iç ortam konsantrasyonu mutfakta gözlenmiştir (SO₂:16,30 µg/m³, NO₂:30,21 µg/m³, O₃:5,44 µg/m³). Kişisel örnekleme konsantrasyonlarında ise SO₂ ve NO₂ için en yüksek değerler (sırasıyla, 27,88 µg/m³, 47,20 µg/m³) aşçı kişisel örneğinden elde edilirken, en yüksek O₃ konsantrasyonu (8,82 µg/m³) temizlik personeline elde edilmiştir. NO₂ konsantrasyonları tüm iç ortamlarda, o ortamlara ait kişisel örneklerden daha düşük bulunurken, iç ortam SO₂ konsantrasyonları resepsiyon ve kat koridorunda, O₃ konsantrasyonu ise resepsiyon ve mutfakta kişisel örnekleyicilerden daha yüksektir. ΣUOB konsantrasyonlarına ait sonuçlarda ise iç ortamda ölçülen değerler; mutfak (128,48 µg/m³), kat koridoru (109,97 µg/m³) ve resepsiyon (58,99 µg/m³) şeklindedir. Kişisel örnekleme sonuçları da resepsiyonist (106,07 µg/m³), temizlik görevlisi (75,53 µg/m³) ve aşçı (67,21 µg/m³) şeklinde bulunmuştur. Bu sonuçlara göre, resepsiyon ortamı

dışında diğer noktalarda iç ortam konsantrasyonlarının kişisel örneklerden elde edilen konsantrasyonlardan oldukça fazla bulunduğu gözlenmiştir.

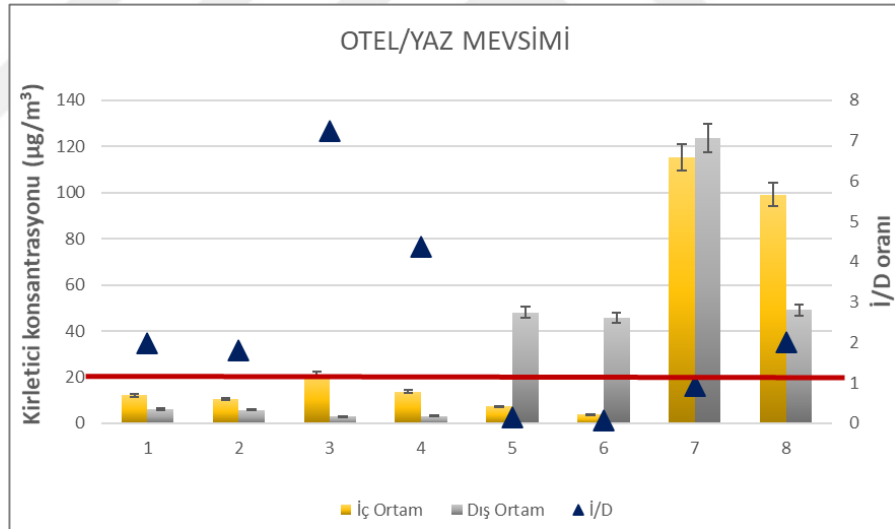




Şekil 6.40. Otel yaz mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme sonuçları

Hafta içi ve hafta sonu elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, resepsiyonda önemli bir fark gözlenmezken, kat koridoru iç ortam ve kişisel örnekleme Σ UOB ve O_3 sonuçları hafta içi daha yüksek değerlerde bulunmuştur. Mutfakta ise bazı bileşikler için az da olsa hafta içi ve hafta sonu farklılıkları gözlenmiştir. O_3 konsantrasyonları hafta içinde daha yüksek iken, NO_2 için hafta içi iç ortam ve hafta sonu kişisel örnekleme sonuçları daha yüksek bulunmuştur. SO_2 konsantrasyonları ise her iki periyotta birbirine yakın seviyelerde ölçülmüştür. Σ UOB konsantrasyonları hafta sonu iç ortamda ve hafta içi kişisel örneklerde daha yüksek bulunmuştur.

Yaz sezonunda elde edilen ortalama iç ortam ve dış ortam konsantrasyonlarının karşılaştırması incelendiğinde (Şekil 6.41), O_3 için her iki örnekleme periyodunda da daha yüksek dış ortam konsantrasyonları ölçülmüştür. Ayrıca, $H\dot{I}-\Sigma$ UOB konsantrasyonlarında da dış ortam sonuçlarının daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla SO_2 , NO_2 ve $HS-\Sigma$ UOB için İ/D oranları > 1 ; O_3 ve $H\dot{I}-\Sigma$ UOB İ/D oranları ≤ 1 olarak bulunmuştur.

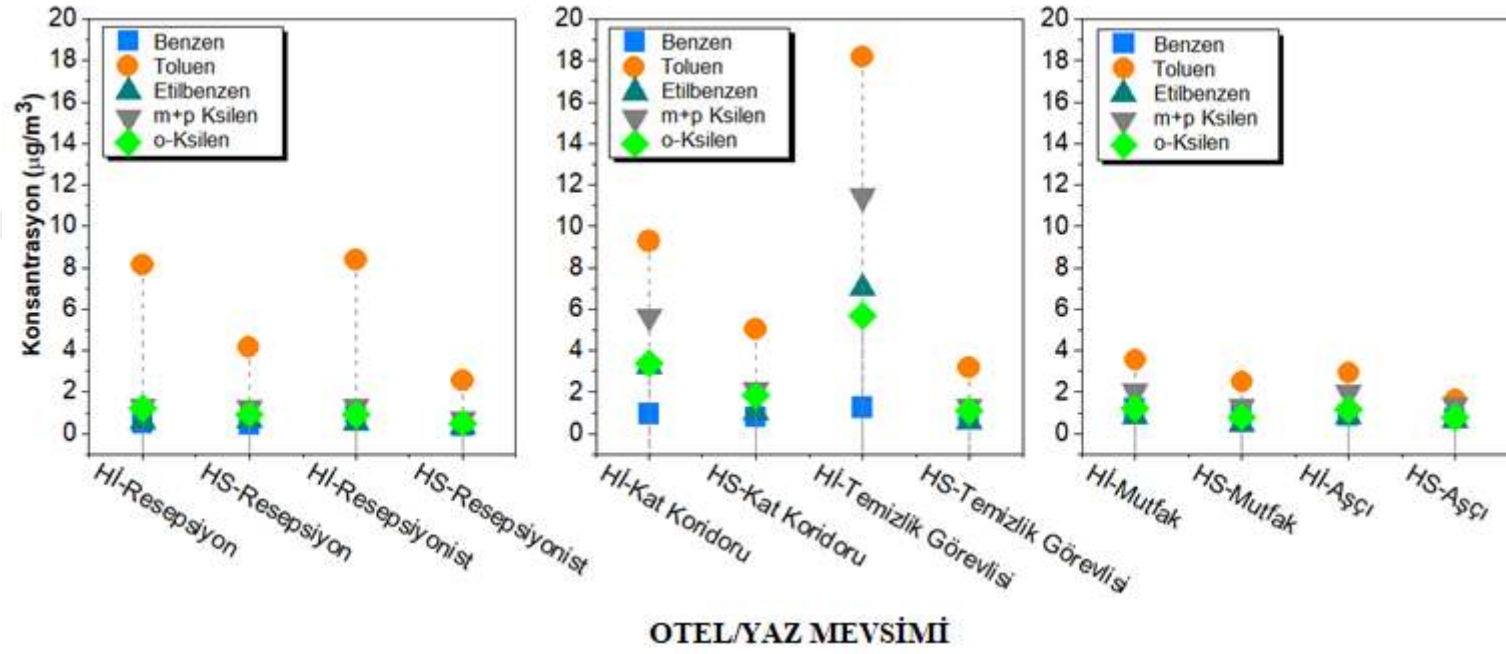


Şekil 6.41. Otel yaz mevsimi İ/D oranları

Yaz dönemine ait BTEK sonuçları ise Şekil 6.42’de gösterilmiştir Buna göre, resepsiyonda hafta içi elde edilen iç ortam ve kişisel örneklerde yüksek toluen seviyeleri gözlenirken, diğer bileşik seviyeleri arasında bir fark gözlenmemiştir. Mutfak iç ortam ve aşçı örneklerinde ise BTEK sonuçları iki periyotta da birbirlerine çok yakın bulunmuştur. Kat koridoru ve bu koridorda çalışan temizlik personeline ait örneklerde BTEK bileşikleri hafta içi çok daha yüksek seviyelerde ölçülmüştür. Bunlara ek olarak,

1-penten, n-hekzan ve n-dekan bileşiklerinin özellikle temizlik personeline ait kişisel örnekte diğer noktalara oranla daha yüksek konsantrasyon değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Bu durumun, gün boyu temizlik ürünlerinin kullanımından kaynaklandığı düşünülmektedir.





Şekil 6.42. Otel yaz mevsimi iç ortam ve kişisel örnekleme BTEK sonuçları

Tablo 6.15. Otel yaz mevsimi hafta içi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

OTEL / YAZ MEVSİMİ								
Bileşikler	Hafta İçi							
	Otel (Resepsiyon)	Otel (Mutfak)	Otel (Kat Koridoru)	Kişisel (Resepsiyon)	Kişisel (Aşçı)	Kişisel (Temizlik Personeli)	Dış (Otel Önü)	Dış (Otel Arkası)
İnorganik Bileşikler								
<i>SO₂</i>	13,76	11,82	10,93	13,61	24,76	4,43	7,15	5,08
<i>NO₂</i>	14,07	43,46	5,91	10,21	33,47	8,79	3,00	2,84
<i>O₃</i>	6,93	8,91	6,01	4,57	12,34	21,99	48,05	47,97
UOB'ler								
<i>İzopentan</i>	dla	8,52	21,78	4,96	1,51	12,76	47,92	1,40
<i>1-Penten</i>	10,04	36,21	48,04	17,42	17,16	37,66	63,63	5,86
<i>n-Penten</i>	1,63	6,03	4,13	1,98	3,46	3,56	10,66	0,85
<i>İzopren</i>	1,94	1,98	1,99	3,40	3,37	3,42	1,99	1,93
<i>Trans-2-Penten</i>	0,86	1,11	0,89	1,75	1,75	1,71	1,24	0,89
<i>Cis-2-Penten</i>	2,57	2,54	2,60	4,64	4,39	4,50	2,60	2,54
<i>2,2-Dimetilbütan</i>	2,65	3,05	3,22	4,22	4,00	4,23	4,68	2,35
<i>Sikloheksan</i>	dla	0,30	0,34	dla	dla	dla	0,85	dla
<i>Siklopentan</i>	3,06	3,38	3,57	5,09	4,98	5,10	5,29	2,91
<i>2-Metilpentan</i>	2,06	2,95	3,32	3,82	2,61	3,11	13,74	2,37
<i>3-Metilpentan</i>	1,29	1,40	1,36	2,24	1,69	1,82	3,73	1,21
<i>n-Hekzan</i>	0,53	2,08	6,95	14,97	10,58	8,80	dla	24,66
<i>2,3-Dimetilbütan</i>	2,02	1,65	1,77	3,30	3,33	8,22	3,01	1,41
<i>Metilsiklopentan</i>	0,77	1,01	1,17	2,15	1,69	1,79	1,14	0,90
<i>2,4-Dimetilpentan</i>	dla	0,12	0,14	0,13	0,18	dla	0,15	dla
<i>2-Metilheksan</i>	2,15	2,18	2,20	3,69	3,77	3,75	2,25	2,12
<i>2,3-Dimetilpentan</i>	1,11	1,20	1,24	1,87	1,95	1,94	1,23	1,07
<i>3-Metilheksan</i>	0,59	0,66	0,74	0,89	1,02	1,00	0,81	0,52
<i>Benzen</i>	0,48	1,24	0,94	0,99	0,88	1,26	1,02	0,57
<i>n-Heptan</i>	dla	1,70	0,50	0,14	0,29	0,70	1,21	dla
<i>Metilsikloheksan</i>	1,31	0,88	2,19	0,38	0,27	5,79	0,55	0,24

Tablo 6.15. (Devam) Otel yaz mevsimi hafta içi örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

OTEL / YAZ MEVSİMİ								
Bileşikler	Hafta İçi							
	Otel (Resepsiyon)	Otel (Mutfak)	Otel (Kat Koridoru)	Kişisel (Resepsiyon)	Kişisel (Aşçı)	Kişisel (Temizlik Personeli)	Dış (Otel Önü)	Dış (Otel Arkası)
UOB'ler								
2,3,4-Trimetilpentan	5,62	4,27	7,26	9,33	6,56	10,89	4,09	3,82
Toluen	8,13	3,56	9,28	8,39	2,92	18,15	2,58	0,95
2-Metilheptan	2,15	2,22	2,45	3,67	3,61	4,30	2,12	2,07
3-Metilheptan	1,69	2,84	dla	3,05	5,45	3,32	1,28	1,04
n-Oktan	1,02	5,00	1,83	1,10	1,64	3,01	1,50	0,39
Etilbenzen	0,61	0,86	3,29	0,55	0,88	7,02	0,20	0,13
m+p Ksilen	1,29	2,02	5,65	1,29	1,99	11,43	0,30	0,24
Stiren	1,24	0,74	1,80	1,62	0,69	2,01	dla	dla
o-Ksilen	1,20	1,23	3,41	0,92	1,16	5,66	0,30	0,47
n-Nonan	0,29	1,08	2,44	0,43	dla	3,90	0,31	dla
İzopropilbenzen	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	0,13
n-Propilbenzen	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	0,16
o-Etiltoluen	0,11	0,27	1,59	dla	0,30	1,60	dla	0,14
p-Etiltoluen	0,73	0,28	1,69	0,47	0,33	2,10	0,20	0,12
1,3,5-Trimetilbenzen	dla	dla	1,85	1,94	dla	2,56	dla	dla
1,2,3-Trimetilbenzen	dla	dla	1,98	dla	0,72	2,76	dla	dla
1,2,4-Trimetilbenzen	2,00	2,41	6,10	1,62	2,99	8,67	dla	dla
n-Dekan	1,29	0,82	6,83	1,69	0,23	8,12	0,56	0,35
m-Dietilbenzen	0,33	0,23	1,16	0,74	0,29	1,56	0,27	0,19
p-Dietilbenzen	dla	dla	0,37	0,37	dla	0,46	0,14	dla
n-Undekan	1,67	1,77	3,65	1,96	1,76	4,46	1,13	0,19
n-Dodekan	dla	dla	0,33	0,85	2,88	2,79	0,38	dla
ΣUOB	64,45	109,81	172,04	117,08	102,55	215,89	182,77	64,19

Tablo 6.16. Otel yaz mevsimi hafta sonu örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

OTEL / YAZ MEVSİMİ								
Hafta Sonu								
Bileşikler	Otel (Resepsiyon)	Otel (Mutfak)	Otel (Kat Koridoru)	Kişisel (Resepsiyonist)	Kişisel (Aşçı)	Kişisel (Temizlik Personeli)	Dış (Otel Önü)	Dış (Otel Arkası)
İnorganik Bileşikler								
<i>SO₂</i>	8,17	16,30	7,37	4,87	27,88	6,78	6,11	5,58
<i>NO₂</i>	4,67	30,21	6,15	6,69	47,20	7,54	3,62	2,64
<i>O₃</i>	3,75	5,44	2,11	2,03	2,17	8,82	47,36	44,04
UOB								
<i>İzopentan</i>	dla	16,17	5,50	9,73	dla	dla	dla	dla
<i>1-Penten</i>	11,01	45,65	40,77	39,73	10,67	16,61	2,30	3,67
<i>n-Penten</i>	1,94	9,33	4,88	6,03	3,37	2,37	0,80	0,67
<i>İzopren</i>	1,98	2,09	2,10	2,00	1,95	2,00	dla	dla
<i>Trans-2-Penten</i>	0,86	1,17	0,98	1,09	1,09	1,03	1,49	1,50
<i>Cis-2-Penten</i>	dla	2,58	2,58	2,62	2,54	2,58	4,30	4,29
<i>2,2-Dimetilbütan</i>	2,83	2,82	3,74	2,72	2,18	2,72	3,21	3,17
<i>Sikloheksan</i>	dla	dla	0,63	dla	dla	dla	dla	dla
<i>Siklopentan</i>	3,25	3,09	3,97	3,12	2,82	0,95	0,88	4,47
<i>2-Metilpentan</i>	2,61	2,66	3,64	1,73	1,24	5,28	5,68	1,25
<i>3-Metilpentan</i>	1,62	1,33	1,54	1,07	0,87	1,12	1,28	1,27
<i>n-Hekzan</i>	0,85	2,76	1,30	5,65	0,13	0,29	0,64	dla
<i>2,3-Dimetilbütan</i>	2,17	1,86	2,06	2,08	5,53	4,62	3,83	2,54
<i>Metilsiklopentan</i>	0,88	0,83	0,96	0,81	1,02	1,03	1,31	1,29
<i>2,4-Dimetilpentan</i>	dla	dla	0,37	dla	0,46	dla	dla	dla
<i>2-Metilheksan</i>	2,13	2,25	2,36	2,18	2,17	1,07	1,79	dla
<i>2,3-Dimetilpentan</i>	1,10	1,24	1,24	1,16	1,10	2,23	3,58	dla
<i>3-Metilheksan</i>	0,57	0,69	0,78	0,59	0,57	0,59	0,84	dla
<i>Benzen</i>	0,42	0,97	0,79	0,35	0,72	0,72	0,68	0,44
<i>n-Heptan</i>	dla	2,90	0,32	1,16	0,30	dla	dla	dla
<i>Metilsikloheksan</i>	0,54	0,85	0,79	0,39	0,45	0,34	dla	0,34

Tablo 6.16. (Devam) Otel yaz mevsimi hafta sonu örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

OTEL / YAZ MEVSİMİ								
Hafta Sonu								
Bileşikler	Otel (Resepsiyon)	Otel (Mutfak)	Otel (Kat Koridoru)	Kişisel (Resepsiyonist)	Kişisel (Aşçı)	Kişisel (Temizlik Personeli)	Dış (Otel Önü)	Dış (Otel Arkası)
UOB'ler								
2,3,4-Trimetilpentan	4,98	3,91	4,87	4,64	4,03	4,33	5,22	5,33
Toluen	4,17	2,48	5,01	2,54	1,59	3,17	1,59	0,79
2-Metilheptan	2,03	2,12	2,14	2,07	2,26	2,11	3,44	3,48
3-Metilheptan	1,59	2,36	1,63	1,19	6,02	1,90	1,80	1,43
n-Oktan	0,98	5,53	0,63	0,85	1,26	0,79	0,87	0,46
Etilbenzen	0,63	0,50	1,02	0,36	0,66	0,61	0,19	0,25
m+p Ksilen	1,20	1,26	2,07	0,65	1,32	1,31	0,23	0,26
Stiren	1,85	1,18	2,00	2,00	0,69	5,79	0,24	0,42
o-Ksilen	0,94	0,82	1,81	0,51	0,79	1,11	0,12	0,25
n-Nonan	0,18	0,82	0,13	dla	dla	dla	0,43	0,72
İzopropilbenzen	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
n-Propilbenzen	dla	dla	dla	dla	dla	dla	0,15	0,37
o-Etiltoluen	0,11	0,25	1,23	dla	0,14	0,52	dla	dla
p-Etiltoluen	0,14	0,29	1,31	0,11	0,18	0,76	0,17	1,14
1,3,5-Trimetilbenzen	2,06	2,36	2,24	3,33	3,20	2,06	dla	6,13
1,2,3-Trimetilbenzen	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
1,2,4-Trimetilbenzen	0,18	0,49	dla	dla	2,63	3,19	dla	dla
n-Dekan	0,12	0,20	dla	0,77	1,28	dla	0,44	0,97
m-Dietilbenzen	0,29	0,38	0,18	0,13	0,15	dla	0,16	0,28
p-Dietilbenzen	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	0,27
n-Undekan	1,81	1,42	1,66	1,92	0,99	1,48	0,53	dla
n-Dodekan	0,87	0,88	0,74	0,80	0,83	0,86	1,58	1,56
ΣUOB	58,99	128,48	109,97	106,07	67,21	75,53	49,65	48,76

6.1.8. İnorganik ve UOB örnekleme sonuçlarının mevsimsel karşılaştırması

Çalışma kapsamında her bir iş yerinde gerçekleştirilen örnekleme çalışmalarına ait sonuçlara Bölüm 6.1.1-6.1.7’de detaylı olarak yer verilmiştir. İç ortam ve kişisel örnekleme sonuçlarının mevsimsel olarak karşılaştırmalı değerlendirmesi ise bu bölümde yer almaktadır.

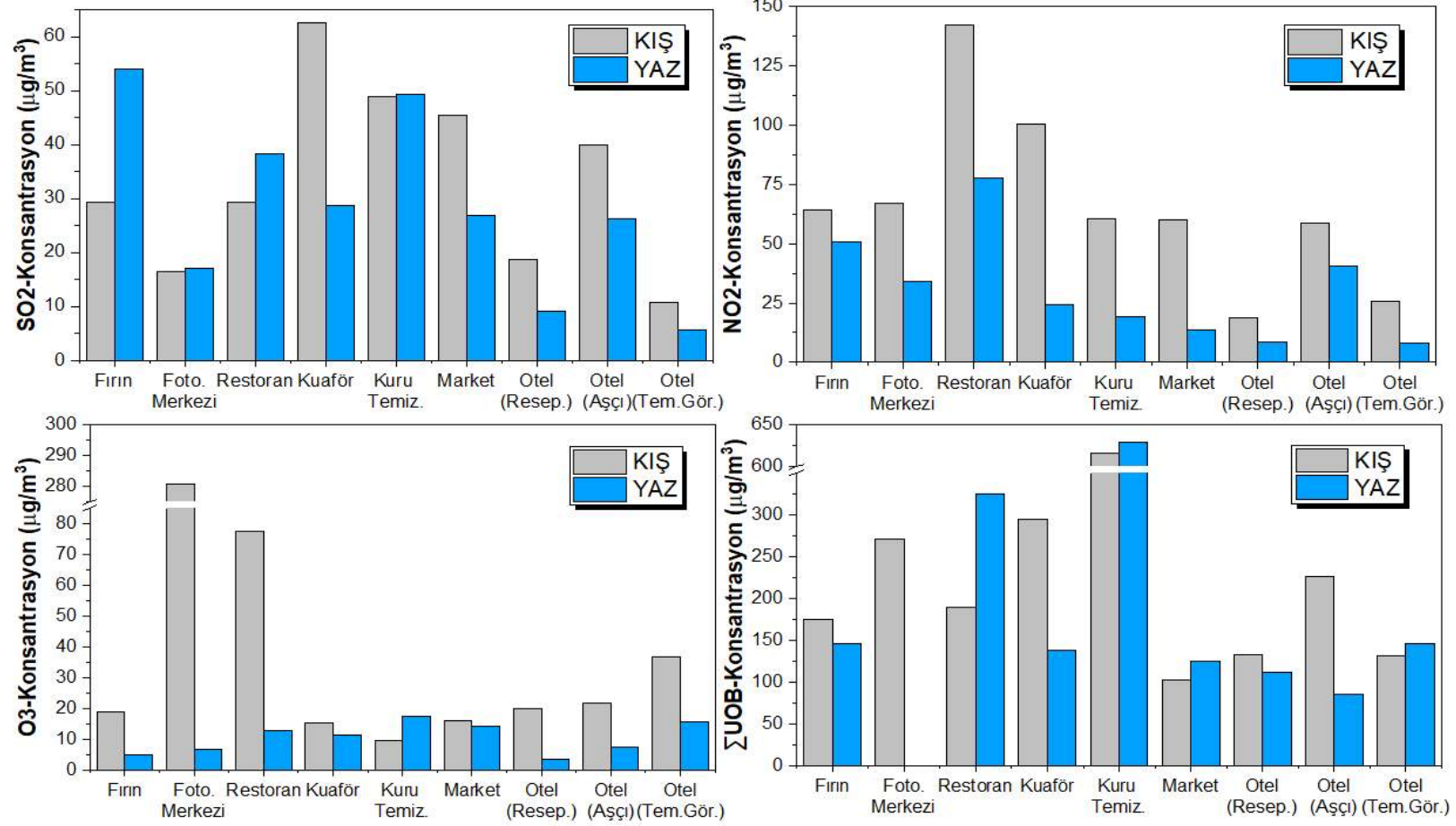
Kişisel örnekleme sonuçları:

Çalışma boyunca her bir iş yeri ortamı için elde edilen kişisel örnekleme sonuçları bileşik bazında Şekil 6.43’te gösterilmiştir. Bu grafiklere göre, SO₂ konsantrasyonu incelendiğinde fırın ve restorandaki çalışanlarda yazın daha yüksek sonuçlar elde ederken, fotokopi merkezi ve kuru temizleme çalışanlarında kışın ve yazın elde edilen sonuçlar birbirine yakındır. Bunun yanı sıra, kuaför, market ve oteldeki 3 çalışana ait SO₂ sonuçları kışın yaz mevsimine göre daha yüksek bulunmuştur. Tüm kişisel örneklerde kış mevsiminde daha yüksek NO₂ konsantrasyonları elde edilmiştir. O₃ konsantrasyonlarında ise kuru temizleme hariç diğer 6 iş yerinde özellikle fotokopi merkezinde yine kış döneminde daha yüksek seviyeler gözlenmiştir. Σ UOB sonuçları incelendiğinde, fırın çalışanı, kuaför çalışanı, otelde resepsiyonist ve aşçıda elde edilen konsantrasyonlar kışın daha yüksek bulunurken, restoran, kuru temizleme ve otel temizlik görevlisinde yazın daha yüksek konsantrasyonlar ölçülmüştür. Ayrıca, fotokopi merkezinde yaz döneminde UOB kişisel örnekleme gerçekleştirilemediği için mevsimsel olarak değerlendirme yapılmamıştır.

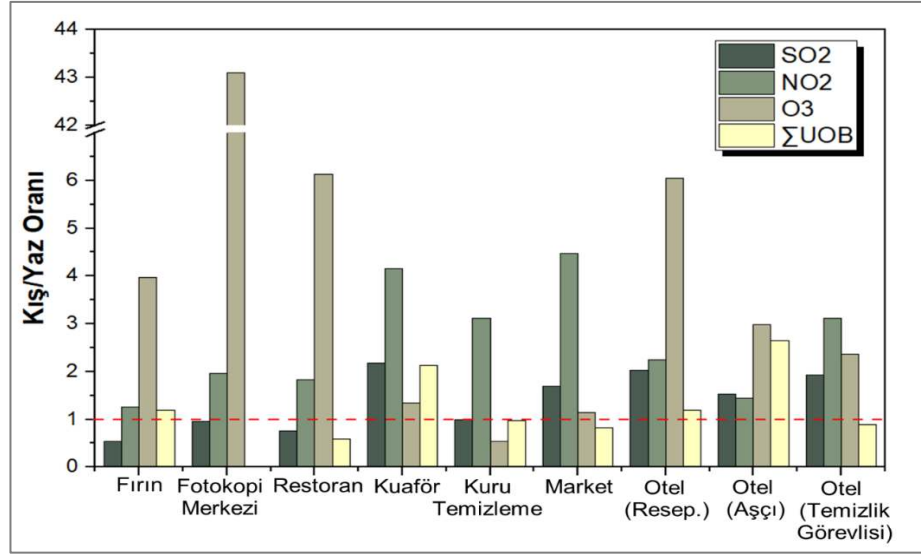
Kişisel örnekleme çalışmalarından elde edilen sonuçların Kış/Yaz oranları hesaplanmış ve Şekil 6.44’te gösterilmiştir. Bu grafiğe göre, kuaför, otel resepsiyonist ve aşçıdan elde edilen sonuçlar tüm bileşikler için kışın daha yüksek elde edilmiştir. Fırın ve fotokopi merkezinde, SO₂ hariç diğer bileşikler kışın daha yüksek konsantrasyonlarda bulunurken, oteldeki temizlik görevlisine ait Σ UOB hariç diğer bileşikler kışın daha yüksek seviyelerde bulunmuştur. Restoranda ise NO₂ ve O₃ konsantrasyonlarının kış ve yaz mevsimleri arasında oldukça büyük fark gözlenmiştir. Kuru temizlemeden elde edilen sonuçlarda NO₂ konsantrasyonu kışın yüksek bulunurken, SO₂ ve Σ UOB konsantrasyonları kış ve yaz döneminde oldukça yakın bulunmuştur. Kış/Yaz oranının > 1 olması kirleticinin kış mevsiminde daha yoğun olarak bulunduğunu göstermektedir.

Bunun sebebi olarak, kışın hava koşullarından dolayı yetersiz havalandırma işlemleri ile insanların daha çok iç ortamda vakit geçirmeleri düşünülmektedir.



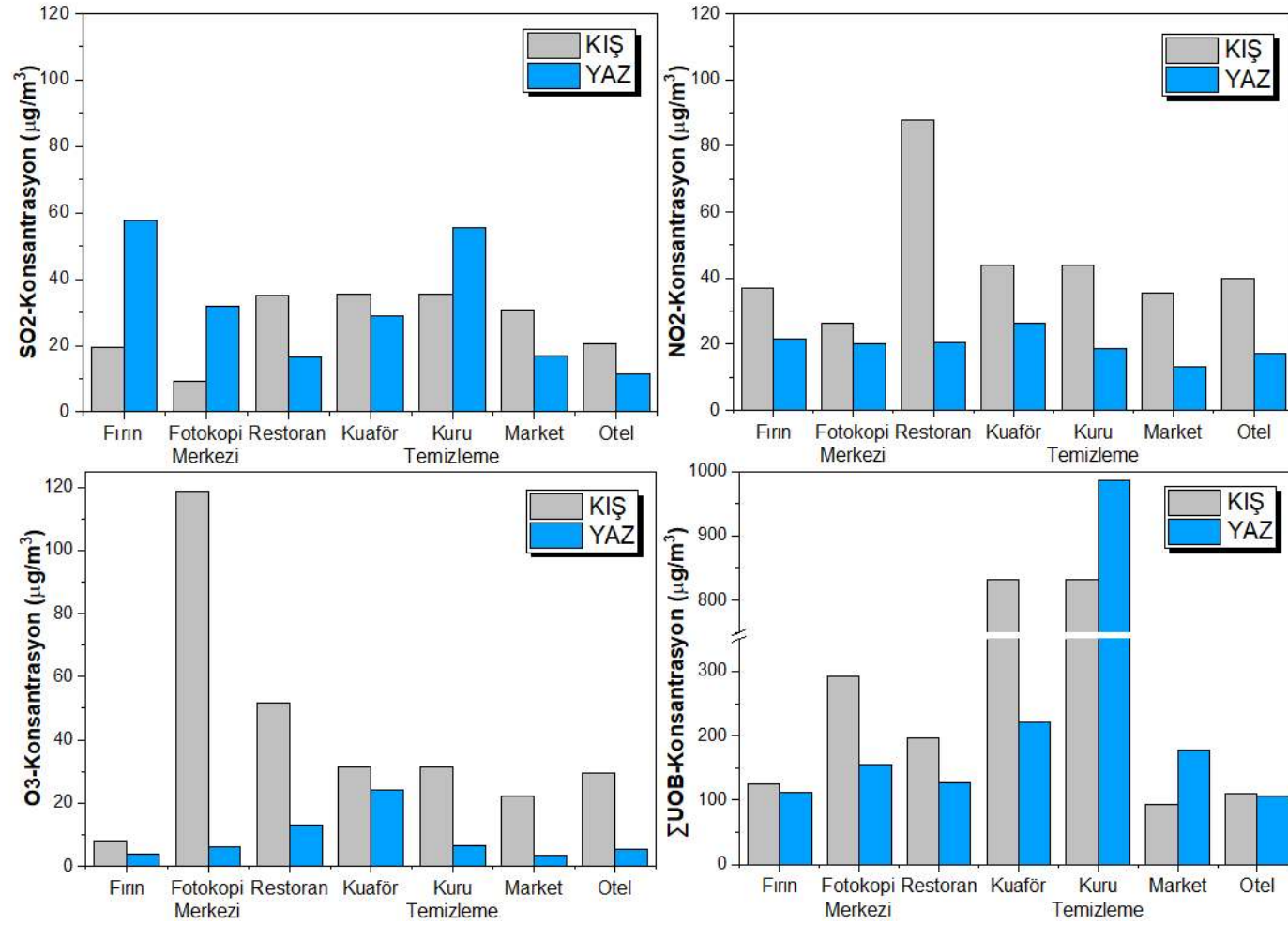


Şekil 6.43. Kişisel örnekleme sonuçlarının mevsimsel olarak karşılaştırması



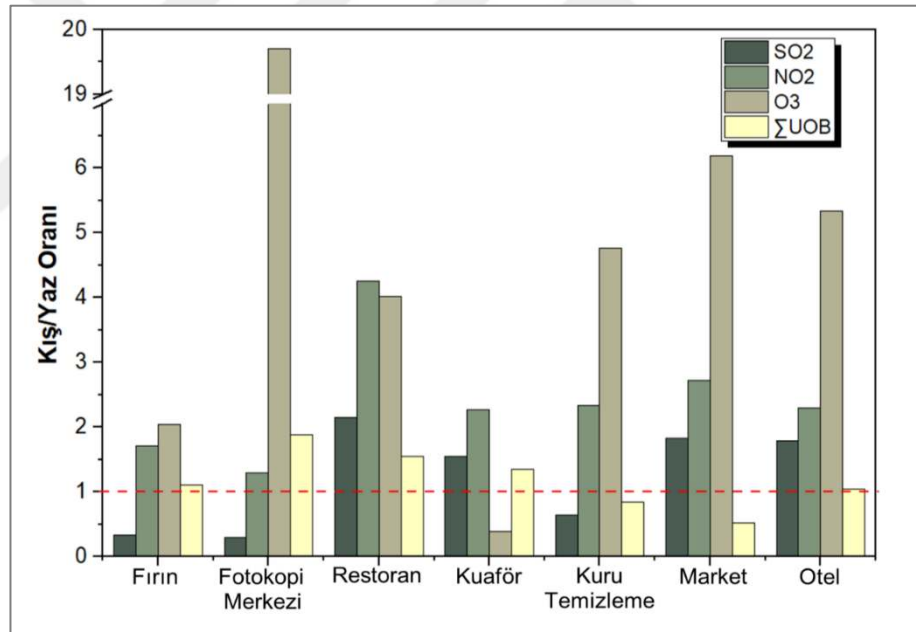
Şekil 6.44. Kişisel örneklemelere ait Kış/Yaz oranları

İç ortamlarda ölçülen değerlerin bileşik bazında mevsimsel olarak karşılaştırması ise Şekil 6.45'te gösterilmiştir. Bu şekle göre, restoran, kuaför, market ve otele ait iç ortam konsantrasyonları kış mevsiminde daha yüksek seviyelerde bulunmuştur. NO₂ konsantrasyonlarında ise tüm iş yerlerinde kış mevsiminde yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Kış mevsiminde genel olarak şehirde ısınma kaynaklarından ve ayrıca trafiğin daha yoğun olmasından dolayı dış ortam NO₂ konsantrasyonlarında artış söz konusu olmaktadır. Bundan dolayı, kış mevsiminde elde edilen kişisel örnek konsantrasyonlarının daha fazla dış ortam konsantrasyonundan etkilendiği söylenebilir. Kışın elde edilen iç ortam O₃ konsantrasyonları ise tüm iş yerlerinde yazın elde edilen değerlerden daha yüksek bulunmuştur. Kış mevsiminde dış ortam konsantrasyonları yazı nazarı daha düşük seviyelerdedir. Kış mevsiminde daha yüksek iç ortam O₃ seviyelerinin ölçülmesi, iç ortam kaynakları ve ayrıca yetersiz havalandırmaya bağlı olarak seyrelme etkisinin oluşmamasına bağlanabilir. ΣUOB'ler için ise kuru temizleme ve market dışında diğer iş yerlerinin kış iç ortam konsantrasyonları aynı noktalardan elde edilen yaz konsantrasyonlarından yüksek ölçülmüştür.



Şekil 6.45. İç ortam konsantrasyonlarının mevsimsel olarak karşılaştırması

İç ortam konsantrasyonlarının Kış/Yaz oranları ise Şekil 6.46’da gösterilmiştir. Bu grafiğe göre, sadece restoran ve otelin iç ortam konsantrasyonlarında inorganik ve ΣUOB Kış/Yaz oranları > 1 olarak hesaplanmıştır. Bu durumda, kışın bu bileşiklerin iç ortamda daha yoğun bulunduğu söylenebilir. Fırın ve fotokopi merkezinde kişisel örnekleme oranlarında olduğu gibi SO_2 hariç diğer bileşiklerin Kış/Yaz oranları > 1 olarak elde edilmiştir. Kuaförde O_3 bileşiğine ait oran ile markette ΣUOB ’lere ait oran < 1 bulunurken, diğer bileşiklerin Kış/Yaz oranları > 1 olarak hesaplanmıştır. Kuru temizleyici sonuçlarında ise NO_2 ve O_3 bileşiklerine ait Kış/Yaz oranları > 1 olarak belirlenmiştir. İş yeri aktivitelerinden kaynaklanan çeşitli hava kirleticisi konsantrasyonları, kış mevsiminde daha az havalandırma ve buna bağlı olarak kirleticilerin iç ortamlarda daha yoğun birikmesi o ortamda çalışanların ve müşteri olarak bulunan insanların daha yüksek seviyelere maruz kalmasına sebep olmaktadır.



Şekil 6.46. İç ortam konsantrasyonlarının Kış/Yaz oranları

6.2. PM_{2.5} Ölçüm Sonuçları

Bölüm 5.2’de bahsedilen PM ölçüm çalışmaları kapsamında Dusttrak ölçüm cihazları kullanılarak tüm iş yerlerinde PM_{2.5} ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Gaz kirleticilerde olduğu gibi hafta içi ve hafta sonu ölçümleri yapılmıştır. Şekil 6.47 ve 6.48’de yer alan grafiklerde hafta içi (Hİ), hafta sonu (HS) olarak gösterilmiştir. Her bir periyotta da aynı gün içerisinde iş yerlerinin aktivite açısından işlek (yoğun) ve seyrek (tenha) olduğu saatler tercih edilmiştir. Aynı zamanda, iç ortamla eş zamanlı olarak dış ortam ölçümleri de yapılmıştır.

6.2.1. Kış mevsimi ölçüm sonuçları

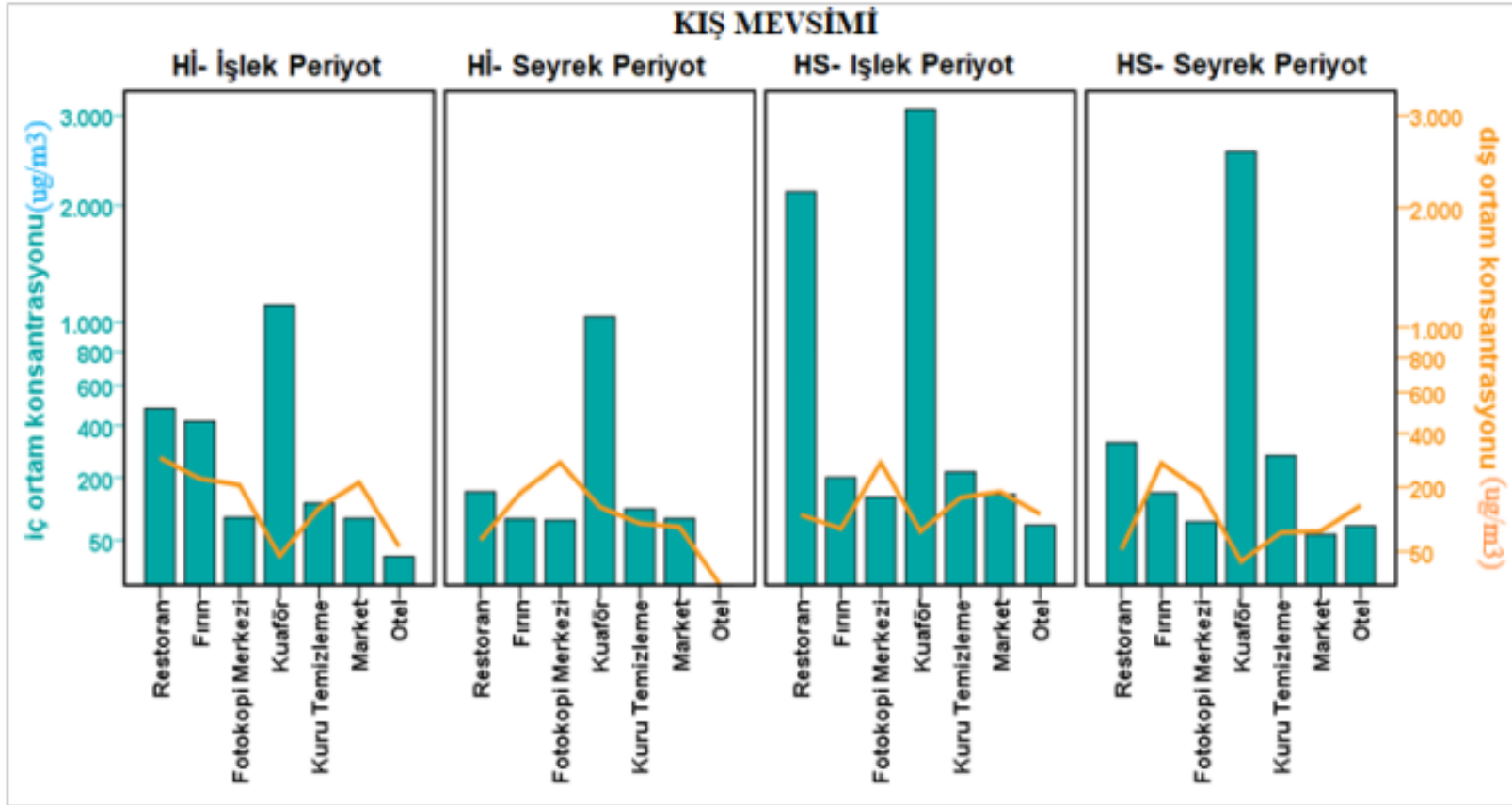
Yukarıda da bahsedildiği üzere, her iş yerinde iç ve dış ortam ölçüm çalışmaları eş zamanlı gerçekleştirilmiş olup, elde edilen sonuçlar Şekil 6.47’de verilmiştir. Şekilde sütun grafikleri iç ortam konsantrasyonlarını gösterirken, çizgi grafikleri ise dış ortam konsantrasyonlarını göstermektedir. Buna göre, tüm periyotlarda en yüksek PM_{2.5} konsantrasyonlarına sahip işletme kuaför olurken, en az konsantrasyona sahip işletme ise otel olmuştur.

Hafta içi sonuçlarına göre (Şekil 6.47), işlek saatlerde en yüksek konsantrasyon kuaförde (ortalama $1123,92 \pm 343,53 \mu\text{g}/\text{m}^3$) elde edilirken en düşük konsantrasyon ise otelde ölçülmüştür (ortalama $27,20 \pm 2,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Ayrıca, hafta içi işlek saatlerde iç ortam PM_{2.5} konsantrasyonları restoran, fırın ve kuaförde dış ortam konsantrasyonlarından daha yüksek ölçülmüştür. Hafta içi seyrek saatlerde ölçülen konsantrasyonlara göre, minimum konsantrasyon değeri otelde (ortalama $3,58 \pm 0,76 \mu\text{g}/\text{m}^3$) elde edilirken maksimum konsantrasyon ise kuaförde (ortalama $1037,50 \pm 859,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$) elde edilmiştir. Seyrek saatlere ait ölçüm sonuçlarına göre ise restoran, kuaför, kuru temizleme ve markette iç ortam PM_{2.5} konsantrasyonları dış ortam konsantrasyonlarından daha yüksek elde edilmiştir. İş yerlerinin işlek ve seyrek saatlerde elde edilen sonuçları karşılaştırıldığında, market hariç tüm iş yerlerinde işlek saatlerde seyrek saatlerde gerçekleştirilen ölçüm sonuçlarından daha yüksek sonuçlar bulunmuştur. İşlek ve seyrek saat ölçüm sonuçları arasındaki farkın en yüksek olduğu iş yerleri ise restoran ve fırın olmuştur. Markette ise iki periyoda ait sonuçlar arasında çok fazla bir

fark gözlenmemiştir. İşlek saatlerde seyrek saatlere nazaran daha yüksek konsantrasyonların elde edilmesi, iş yerinde gerçekleştirilen iş yeri aktivitelerinin ortamdaki PM_{2.5} seviyesine katkı sağlaması ile açıklanabilir. Bu katkı hafta içinde restoran ve fırında en belirgin şekilde gözlenmiştir.

Hafta sonu sonuçlarına göre ise, işlek saatlerde maksimum konsantrasyon hafta içi sonuçlarına benzer şekilde kuaförde ölçülürken (ortalama $3076,00 \pm 1345,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$), minimum konsantrasyon (ortalama $77,13 \pm 7,92 \mu\text{g}/\text{m}^3$) otelde ölçülmüştür. Hafta sonu iç ortam PM_{2.5} konsantrasyonları işlek saatlerde restoran, fırın, kuru temizleyici ve kuaförde dış ortam konsantrasyonlarından daha yüksek ölçülmüştür. Hafta sonu seyrek saatlerde minimum konsantrasyon markette (ortalama $59,80 \pm 5,86 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ve maksimum konsantrasyon kuaförde (ortalama $2575,17 \pm 160,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ölçülmüştür. Seyrek saatlerde hem hafta içi hem de hafta sonunda restoran, kuru temizleyici ve kuaförde elde edilen ölçüm sonuçları, iç ortam PM_{2.5} konsantrasyonlarının dış ortam konsantrasyonlarından daha yüksek olduğunu göstermiştir. Hafta sonu elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, işlek saatlerde kuru temizleme hariç diğer iş yerlerinde bulunan sonuçların seyrek saatlerdeki sonuçlardan daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Kuru temizlemede seyrek saatlerde daha yüksek sonuçların elde edilmesi ise, iş yerinin yoğun olarak çalışmayacağı tahmin edilen saatte tahmin edilenin aksine daha fazla iş yeri aktivitesi gerçekleştirilmesi ile açıklanabilir.

Kış mevsimine ait tüm ölçümlerin istatistik parametreleri ise Tablo 6.17’de yer almaktadır. Bu tablo incelendiğinde, hafta içi ve hafta sonu ölçümleri arasında ise bazı iş yerlerinde oldukça büyük fark gözlenmiştir. İşlek saatlere ait sonuçlar karşılaştırıldığında, özellikle restoran ve kuaförde hafta sonu elde edilen sonuçlar hafta içi sonuçlarının 3 katı bulunmuştur. Ayrıca, fırın dışında diğer iş yerlerinde hafta sonu işlek saat konsantrasyonları daha yüksek bulunmuştur. Seyrek saatlerdeki sonuçlarda ise, fotokopi merkezi ve market dışında diğer iş yerlerinde daha yüksek hafta sonu PM_{2.5} konsantrasyonları gözlenmiştir. Fotokopi merkezinde ise seyrek ve işlek saatlerde yaklaşık olarak eşit konsantrasyonlar ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlardan yola çıkarak, genel olarak iş yerlerinin hafta sonu hafta içine göre daha yoğun tempoda çalıştığı, daha fazla müşteri ve iş yükünün olduğu söylenebilmektedir.



Şekil 6.47. Kış mevsimi iş yerlerine ait iç ortam ve dış ortam $PM_{2.5}$ konsantrasyonlar

Tablo 6.17. Kış mevsimine ait PM_{2,5} ölçüm sonuçları (ug/m³)

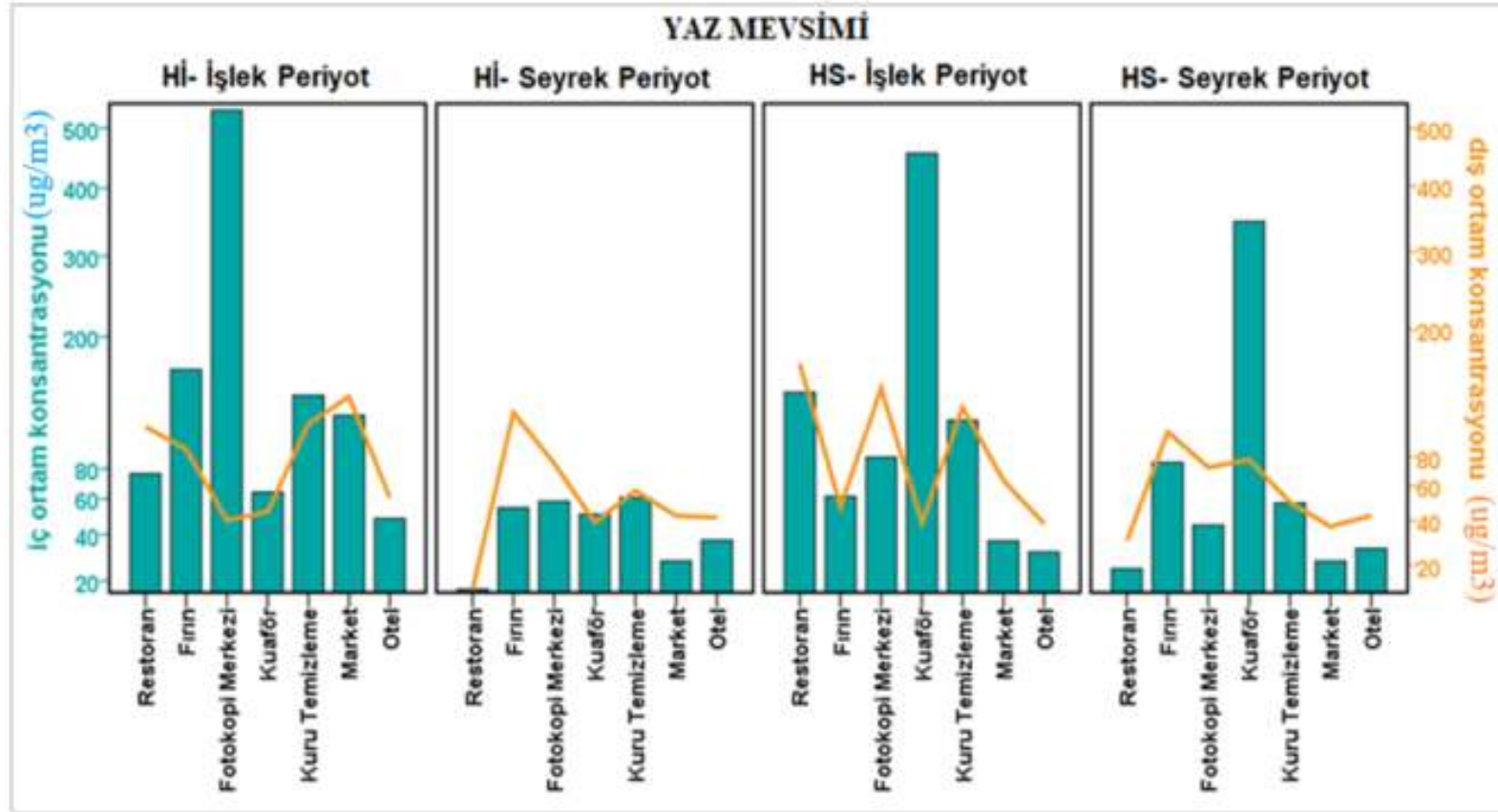
İş Yerleri	Örneklem Kampanyaları		Kış Mevsimi (İç Ortam)				Kış Mevsimi (Dış Ortam)			
			Ort. ± S.S.	Medyan	Min	Maks.	Ort. ± S.S.	Medyan	Min	Maks.
Restoran	İşlek Saat	Hafta İçi	480,15 ± 91,85	451,50	393,00	858,00	301,00 ± 72,54	286,50	173,00	495,00
		Hafta Sonu	2138,13 ± 636,43	2025,00	715,00	3320,00	123,45 ± 19,84	124,00	84,00	181,00
	Seyrek Saat	Hafta İçi	157,05 ± 35,47	148,50	90,00	259,00	69,85 ± 16,74	67,00	41,00	129,00
		Hafta Sonu	325,50 ± 138,43	286,50	231,00	931,00	52,93 ± 11,88	50,00	34,00	86,00
Fırın	İşlek Saat	Hafta İçi	417,93 ± 161,10	369,50	253,00	1340,00	226,85 ± 33,92	231,00	166,00	319,00
		Hafta Sonu	200,70 ± 165,52	107,50	75,00	683,00	91,75 ± 21,65	83,00	66,00	170,00
	Seyrek Saat	Hafta İçi	89,97 ± 5,50	89,00	80,00	102,00	181,57 ± 71,05	143,50	115,00	422,00
		Hafta Sonu	154,48 ± 15,35	148,50	137,00	187,00	280,65 ± 50,99	265,00	215,00	454,00
Fotokopi Merkezi	İşlek Saat	Hafta İçi	93,30 ± 5,25	94,50	84,00	103,00	206,30 ± 25,22	200,50	168,00	289,00
		Hafta Sonu	142,93 ± 9,22	143,00	130,00	163,00	282,20 ± 41,48	277,50	214,00	370,00
	Seyrek Saat	Hafta İçi	87,63 ± 4,53	88,00	79,00	101,00	283,08 ± 77,69	266,00	156,00	572,00
		Hafta Sonu	83,83 ± 19,35	78,50	59,00	130,00	187,47 ± 21,31	181,00	167,00	306,00
Kuaför	İşlek Saat	Hafta İçi	1123,92 ± 343,53	1050,00	937,00	3110,00	42,88 ± 47,30	27,50	1,00	212,00
		Hafta Sonu	3076,00 ± 1345,5	2650,00	1670,00	9150,00	85,88 ± 30,99	79,50	55,00	253,00
	Seyrek Saat	Hafta İçi	1037,50 ± 859,16	870,00	165,00	3280,00	142,88 ± 19,70	136,50	116,00	210,00
		Hafta Sonu	2575,17 ± 567,29	2785,00	1260,00	3650,00	35,60 ± 9,62	32,50	23,00	64,00
Kuru Temizleme	İşlek Saat	Hafta İçi	126,82 ± 40,92	123,00	73,00	299,00	140,85 ± 38,92	135,50	78,00	238,00
		Hafta Sonu	218,47 ± 112,33	171,50	133,00	617,00	85,88 ± 30,99	79,50	55,00	253,00
	Seyrek Saat	Hafta İçi	112,25 ± 63,55	92,00	72,00	492,00	103,15 ± 22,67	100,00	68,00	160,00
		Hafta Sonu	275,52 ± 160,81	214,50	72,00	611,00	35,60 ± 9,62	32,50	23,00	64,00
Market	İşlek Saat	Hafta İçi	91,57 ± 9,39	89,00	81,00	128,00	214,47 ± 57,55	209,00	123,00	366,00
		Hafta Sonu	150,30 ± 14,48	149,00	131,00	190,00	185,77 ± 30,14	177,00	122,00	294,00
	Seyrek Saat	Hafta İçi	91,43 ± 14,37	89,00	73,00	129,00	95,20 ± 15,58	90,00	75,00	168,00
		Hafta Sonu	59,80 ± 5,86	60,00	50,00	78,00	86,54 ± 23,53	80,00	53,00	147,00
Otel	İşlek Saat	Hafta İçi	27,20 ± 2,43	27,50	23,00	31,00	58,12 ± 16,51	58,00	31,00	119,00
		Hafta Sonu	77,13 ± 7,92	76,50	66,00	92,00	125,16 ± 16,55	126,00	91,00	161,00
	Seyrek Saat	Hafta İçi	3,58 ± 0,76	3,00	3,00	5,00	11,78 ± 3,15	11,00	7,00	21,00
		Hafta Sonu	75,28 ± 10,19	75,00	61,00	90,00	147,28 ± 66,80	123,50	61,00	360,00

6.2.1. Yaz mevsimi ölçüm sonuçları

Yaz mevsimi hafta içi sonuçlarına göre (Şekil 6.48), işlek saatlerde en yüksek PM_{2.5} konsantrasyonuna sahip fotokopi merkezinde (ortalama $532,08 \pm 649,82 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en düşük konsantrasyon elde edilen işyerinden (otel, $48,55 \pm 2,99 \mu\text{g}/\text{m}^3$) yaklaşık üç kat daha fazla sonuç elde edilmiştir. Fotokopi merkezinde elde edilen yüksek konsantrasyonun sebebi olarak ölçüm esnasında iş yerinde matkap kullanılarak tadilat yapılması düşünülmektedir. Ayrıca, hafta içi günlerinde iç ortam PM_{2.5} konsantrasyonları işlek saatlerde fırın, fotokopi merkezi, kuru temizlemeci ve kuaförde dış ortam konsantrasyonlarından daha yüksek ölçülmüştür. Hafta içi işlerin daha az olduğu seyrek saatler sırasında en yüksek PM_{2.5} konsantrasyonunun kuru temizleyicide (ortalama $60,79 \pm 22,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$), en düşük ölçüm sonucuna sahip işyerinden (restoran $17,12 \pm 5,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) yaklaşık dört kat daha fazla olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, seyrek saatlerde kuaför hariç tüm iş yerlerinde dış ortam konsantrasyonları daha yüksek bulunmuştur.

Hafta sonu sonuçlarına göre (Şekil 6.48), işlek saatlerdeki en yüksek konsantrasyon kuaförde (ortalama $456,54 \pm 372,90 \mu\text{g}/\text{m}^3$), en az konsantrasyon ise otelde ($31,80 \pm 5,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ölçülmüştür. İki ölçüm sonucu arasında yaklaşık on beş kat fark gözlenmiştir. Hafta sonu iç ortam PM_{2.5} konsantrasyonları, işlek saatlerde sadece kuaförde dış ortam konsantrasyonlarından daha yüksek ölçülmüştür. Hafta sonu seyrek saatlerde ölçülen en yüksek PM_{2.5} seviyesi kuaförde (ortalama $349,08 \pm 338,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$), en düşük konsantrasyon ise restoranda ($24,64 \pm 6,87 \mu\text{g}/\text{m}^3$) gözlenmiştir. Daha az aktif saatlerdeki hafta içi ve hafta sonu ölçümlerinde, sadece kuaförden elde edilen iç ortam PM_{2.5} konsantrasyonlarının dış ortam konsantrasyonlarından daha yüksek olduğu görülmüştür.

Yaz mevsimi ölçüm sonuçlarına ait istatistik parametreleri Tablo 6.18'de verilmiştir. Söz konusu tablo incelendiğinde, hafta içi ve hafta sonu elde edilen konsantrasyonlar arasında fark gözlenmiştir. Yaz mevsimi işlek saatlerinde elde edilen sonuçlara göre, restoran ve kuaförden elde edilen konsantrasyonlar hafta sonu daha yüksek iken, diğer iş yerlerinde sonuçlar hafta içi daha yüksek bulunmuştur. Seyrek saatlerdeki sonuçlarda ise restoran, fırın ve kuaförde hafta sonu daha yüksek konsantrasyonlar ölçülmüştür ve diğer iş yerlerinde az bir farkla da olsa hafta içi periyotta daha yüksek konsantrasyonlar gözlenmiştir.



Şekil 6.48. Yaz mevsimi iş yerlerine ait iç ortam ve dış ortam PM_{2.5} konsantrasyonları

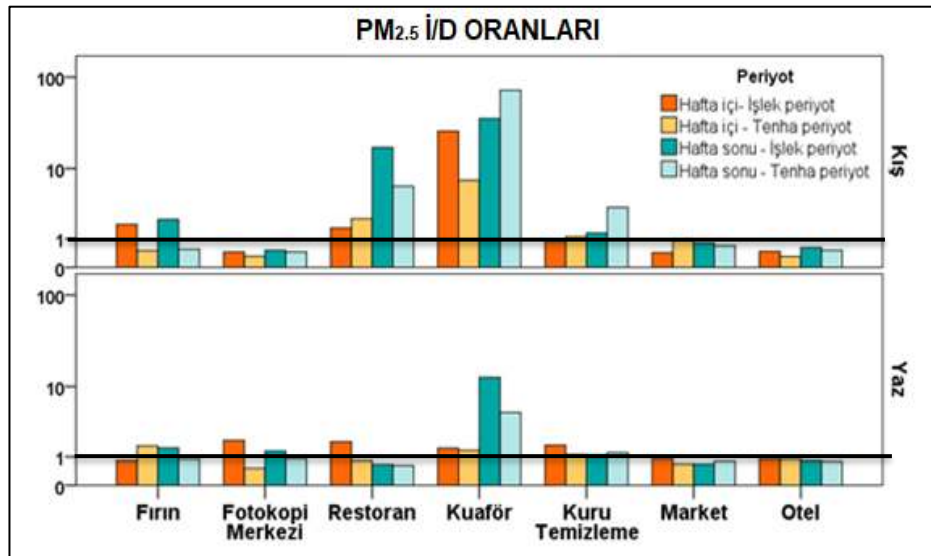
Tablo 6.18. Yaz mevsimine ait PM_{2.5} ölçüm sonuçları (ug/m³)

İş Yerleri	Örneklem Kampanyaları		Yaz Mevsimi (İç Ortam)				Yaz Mevsimi (Dış Ortam)			
			Ort. ± S.S.	Medyan	Min	Maks.	Ort. ± S.S.	Medyan	Min	Maks.
Restoran	İşlek Saat	Hafta İçi	76,25 ± 15,59	83,50	59,00	99,00	103,39 ± 56,47	90,00	51,00	461,00
		Hafta Sonu	142,77 ± 111,38	102,00	28,00	587,00	162,68 ± 145,7	118,00	41,00	864,00
	Seyrek Saat	Hafta İçi	17,12 ± 5,30	16,00	12,00	39,00	11,90 ± 5,14	11,00	6,00	44,00
		Hafta Sonu	24,64 ± 6,87	22,00	19,00	58,00	30,14 ± 13,02	26,00	21,00	90,00
Fırın	İşlek Saat	Hafta İçi	165,18 ± 139,11	111,00	61,00	719,00	85,50 ± 18,54	83,50	64,00	158,00
		Hafta Sonu	61,55 ± 27,97	49,50	40,00	172,00	47,38 ± 9,86	45,00	40,00	108,00
	Seyrek Saat	Hafta İçi	54,62 ± 1,29	55,00	52,00	57,00	115,68 ± 37,95	110,00	67,00	245,00
		Hafta Sonu	84,35 ± 12,02	82,00	68,00	112,00	99,13 ± 29,87	87,00	63,00	210,00
Fotokopi Merkezi	İşlek Saat	Hafta İçi	532,08 ± 649,82	116,50	35,00	1750,00	40,10 ± 4,26	38,00	33,00	51,00
		Hafta Sonu	44,88 ± 4,17	44,00	40,00	54,00	137,87 ± 27,07	129,00	103,00	236,00
	Seyrek Saat	Hafta İçi	58,47 ± 15,34	56,50	37,00	123,00	75,30 ± 22,18	69,00	45,00	175,00
		Hafta Sonu	44,88 ± 4,17	44,00	40,00	54,00	72,38 ± 4,99	72,00	66,00	98,00
Kuaför	İşlek Saat	Hafta İçi	64,12 ± 30,94	48,00	38,00	143,00	44,70 ± 7,07	43,00	36,00	76,00
		Hafta Sonu	456,54 ± 372,90	322,50	89,00	1450,00	38,83 ± 11,34	35,00	29,00	89,00
	Seyrek Saat	Hafta İçi	50,97 ± 13,91	47,50	37,00	132,00	39,13 ± 6,51	38,50	30,00	58,00
		Hafta Sonu	349,08 ± 338,25	218,00	58,00	1290,00	77,93 ± 32,17	67,00	40,00	181,00
Kuru Temizleme	İşlek Saat	Hafta İçi	139,95 ± 91,26	108,50	51,00	503,00	105,88 ± 66,77	78,50	44,00	429,00
		Hafta Sonu	117,83 ± 41,93	107,50	61,00	279,00	120,13 ± 54,80	109,00	56,00	413,00
	Seyrek Saat	Hafta İçi	60,79 ± 22,22	55,00	46,00	200,00	56,92 ± 9,18	55,00	48,00	106,00
		Hafta Sonu	57,42 ± 29,67	48,00	30,00	160,00	50,30 ± 16,56	44,50	33,00	109,00
Market	İşlek Saat	Hafta İçi	122,02 ± 86,33	98,00	58,00	599,00	129,82 ± 23,69	133,00	82,00	182,00
		Hafta Sonu	36,89 ± 1,68	37,00	34,00	42,00	63,61 ± 26,66	53,00	32,00	133,00
	Seyrek Saat	Hafta İçi	27,80 ± 2,06	28,00	23,00	31,00	42,48 ± 8,32	40,00	28,00	65,00
		Hafta Sonu	27,70 ± 2,54	28,00	24,00	32,00	36,88 ± 11,83	35,00	24,00	86,00
Otel	İşlek Saat	Hafta İçi	48,55 ± 2,99	48,00	44,00	55,00	52,90 ± 1,67	53,00	50,00	56,00
		Hafta Sonu	31,80 ± 5,04	33,00	22,00	51,00	38,26 ± 3,07	38,00	33,00	54,00
	Seyrek Saat	Hafta İçi	37,22 ± 1,29	37,00	35,00	40,00	41,60 ± 3,18	40,00	36,00	48,00
		Hafta Sonu	33,28 ± 0,76	33,00	32,00	35,00	42,65 ± 1,95	43,00	39,00	47,00

6.2.2. İç ortam / Dış ortam (İ/D) oranları

Çalışma kapsamında, her iş yerine ait $PM_{2.5}$ konsantrasyonları için İç ortam/Dış ortam oranları hesaplanmıştır. İ/D oranları değerlendirildiğinde (Şekil 6.49), kış mevsimine ait tüm ölçüm periyotlarında kuaför ($\text{İ/D} = 7,26-72,34$) ve restorandan ($\text{İ/D} = 1,60-17,32$) elde edilen oranlar > 1 olarak bulunmuştur. Kuru temizleyicide ise, hafta içi yoğun çalışma saati ($\text{İ/D} = 0,90$) hariç tüm İ/D oranları > 1 ($\text{İ/D} = 1,09-3,24$) iken, fırında hafta içi ve hafta sonu yoğun çalışma saatlerinde elde edilen oranlar > 1 (hafta içi $\text{İ/D} = 1,84$, hafta sonu $\text{İ/D} = 2,19$) olarak hesaplanmıştır. Bu oranın birden yüksek olması, iş yeri faaliyetlerinin iç ortam $PM_{2.5}$ konsantrasyonunu etkilediğini göstermiştir. Kışın elde edilen oranların çok daha yüksek olması, hava şartlarından dolayı havalandırma işlemlerinin verimli gerçekleşmemesinden kaynaklanmaktadır.

Yaz mevsimi İ/D oranları incelendiğinde (Şekil 6.49), kuaför ($\text{İ/D} = 1,34-12,73$) ve kuru temizlemede bu oranların tüm ölçüm periyotlarında > 1 olduğu gözlenmiştir. Restoranda bu oran hafta içi seyrek saatte ($\text{İ/D} = 1,60$) ve hafta sonu işlek saatte ($\text{İ/D} = 1,48$) > 1 bulunurken, fırında hem hafta içi ($\text{İ/D} = 1,98$) hem de hafta sonu işlek saatlerde ($\text{İ/D} = 1,30$) > 1 İ/D oranları hesaplanmıştır. Market ve otele ait İ/D oranları ise tüm ölçüm periyotlarında < 1 olarak bulunmuştur.



Şekil 6.49. $PM_{2.5}$ konsantrasyonlarının İ/D oranları

İş yerlerine ait PM_{2.5} İ/D oranları Tablo 6.19’da verilmiştir. İ/D oranları mevsimsel olarak karşılaştırıldığında, özellikle restoran, fırın ve kuaförde kışın elde edilen oranların yazdan çok daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Diğer iş yerlerinde ise bu oranlar birbirlerine yakınlık göstermiştir. Ayrıca, önceki bölümde PM_{2.5} sonuçlarının verildiği tablolara göre, kış mevsiminde dış ortam konsantrasyonlarının genel olarak yaz mevsiminde ölçülen dış ortam konsantrasyonlarından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeni olarak; atmosferik koşullar (daha düşük karışma yüksekliği), ısınma faaliyetleri ya da daha yoğun araç trafiği şeklinde sıralanabilir.

Tablo 6.19. Kış ve yaz mevsiminde her iş yeri için hesaplanan İ/D oranları

İş Yerleri	Kış Mevsimi				Yaz Mevsimi			
	Hafta İçi		Hafta Sonu		Hafta İçi		Hafta Sonu	
	İşlek Saat	Seyrek Saat	İşlek Saat	Seyrek Saat	İşlek Saat	Seyrek Saat	İşlek Saat	Seyrek Saat
Restoran	1,60 ± 0,46	2,25 ± 0,85	17,32 ± 7,19	6,15 ± 2,71	0,83 ± 0,32	1,60 ± 0,84	1,48 ± 1,83	0,90 ± 0,32
Fırın	1,84 ± 0,72	0,50 ± 0,16	2,19 ± 1,71	0,55 ± 0,10	1,98 ± 1,68	0,51 ± 0,14	1,30 ± 0,49	0,93 ± 0,29
Fotokopi Merlezi	0,45 ± 0,05	0,31 ± 0,09	0,51 ± 0,06	0,45 ± 0,11	1,88 ± 1,26	0,82 ± 0,26	0,66 ± 0,14	0,62 ± 0,08
Kuaför	26,21 ± 347,97	7,26 ± 5,26	35,82 ± 18,02	72,34 ± 22,72	1,47 ± 0,75	1,34 ± 0,46	12,73 ± 11,63	4,86 ± 4,89
Kuru Temizleme	0,90 ± 0,42	1,09 ± 0,65	1,30 ± 0,69	3,27 ± 1,75	1,65 ± 1,23	1,10 ± 0,45	1,08 ± 0,44	1,20 ± 0,65
Market	0,43 ± 0,15	0,96 ± 0,11	0,81 ± 0,15	0,69 ± 0,20	0,95 ± 0,59	0,68 ± 0,11	0,67 ± 0,22	0,80 ± 0,19
Otel	0,47 ± 0,12	0,30 ± 0,14	0,62 ± 0,12	0,51 ± 0,25	0,92 ± 0,07	0,90 ± 0,05	0,83 ± 0,15	0,78 ± 0,03

6.3. Çalışma Kapsamında Elde Edilen Sonuçların Literatür ile Karşılaştırılması

Tez çalışması kapsamında farklı iş yeri ortamlarında yapılan literatür çalışmaları incelenmiş olup, bu çalışma kapsamında elde edilen ortalama sonuçlar uluslararası alanda belirlenen sınır değerler ve literatür sonuçlarıyla karşılaştırmalı olarak Tablo 6.20’de verilmiştir. Karşılaştırılan sınır değerler gaz kirleticiler için 8 saatlik maruziyet sınırlarını ifade ederken, PM_{2.5} için 24 saatlik maruziyet sınır değerini ifade etmektedir. Tez

alışması sonucu elde edilen sonuçlar sınır değerler ile karşılaştırıldığında, SO₂, NO₂ ve O₃ kirleticilerinin tüm iş yerlerinde sınır değerlerin altında olduğu görölmektedir. ΣUOB sonuçlarında ise sadece kuru temizlemede elde edilen değerler sınır değerlerin oldukça üzerinde bulunmuştur. PM_{2.5} sonuçlarında ise otel hariç diğer iş yerlerinde sınır değer en az bir mevsimde aşılmıştır.

Elde dilen sonuçlar literatürdeki benzer çalışmalarda yer alan sonuçlarla farklılık göstermektedir. Bunun nedeni; karşılaştırma yapılan iş yerleri aynı aktiviteleri gerçekleştirirler de iş yeri kapasitesi, yoğunluk durumu, bina özellikleri, havalandırma sistemleri vb. birçok parametrenin her iş yerinde farklı olmasıdır. Literatür çalışmalarında da kış mevsiminde elde edilen konsantrasyonların yaz mevsiminden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum genel olarak, kış mevsimindeki olumsuz hava şartlarından dolayı iş yerlerindeki havalandırma işlemlerinin daha az yapılması ile ilgilidir. Tablo 6.20’de yer alan ve ölkemizde gerçekleştirilen bir çalışmada (ankaya ve diğ., 2018), bu tez çalışmasına benzer iş yerlerinde UOB örneklemleri gerçekleştirilmiş ve mesleki maruziyete dikkat çekilmiştir. Tez alışması kapsamında elde edilen sonuçlar ile ankaya ve diğ.’nin (2018) yapmış olduğu çalışmanın sonuçları arasında benzerlik söz konusudur. İki çalışmada da iş yeri iç ortamlarında yüksek konsantrasyonlarda elde edilen toluen bileşiği dikkat çekmiştir.

Tablo 6.20. Çalışmada elde edilen sonuçların sınır değerler ve literatür çalışmalarıyla karşılaştırılması ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Ortam	İş Yeri	SO ₂		NO ₂		O ₃		UOB		PM _{2,5}		Kaynak
Sınır Değerler	-	13000 (OSHA)		101 (US EPA)		160 (US EPA)		300 (WHO/EUROPE)		65 (US EPA)		(Wahab ve diğ., 2015)
İç Ortam		Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Bu Çalışma
	Fırın	19,54	57,91	37,16	21,70	8,14	3,98	125,50 (Σ UOB) 3,29 (Benzen) 3,98 (Toluen) 0,60 (Etilbenzen) 1,15 (m+p Ksilen) 0,93 (o-Ksilen)	112,65 (Σ UOB) 1,08 (Benzen) 2,44 (Toluen) 0,32 (Etilbenzen) 0,59 (m+p Ksilen) 0,64 (o-Ksilen)	215,77	91,42	
	Fotokopi Merkezi	9,27	31,91	26,43	20,34	118,84	6,03	291,9 (Σ UOB) 4,81 (Benzen) 24,83 (Toluen) 2,33 (Etilbenzen) 4,72 (m+p Ksilen) 4,37 (o-Ksilen)	154,78 (Σ UOB) 1,33 (Benzen) 10,54 (Toluen) 1,07 (Etilbenzen) 1,94 (m+p Ksilen) 1,82 (o-Ksilen)	101,92	180,91	
	Restoran (Barbekü)	35,25	16,44	87,68	20,62	51,79	12,89	195,91 (Σ UOB) 12,79 (Benzen) 13,54 (Toluen) 6,07 (Etilbenzen) 2,83 (m+p Ksilen) 3,22 (o-Ksilen)	126,42 (Σ UOB) 9,8 (Benzen) 5,26 (Toluen) 1,29 (Etilbenzen) 1,03 (m+p Ksilen) 1,73 (o-Ksilen)	775,20	65,19	
	Kuaför	44,73	27,53	59,82	24,20	9,22	6,13	299,5 (Σ UOB) 5,17 (Benzen) 14,91 (Toluen) 2,04 (Etilbenzen) 3,89 (m+p Ksilen) 2,69 (o-Ksilen)	172,67 (Σ UOB) 1,37 (Benzen) 4,31 (Toluen) 0,65 (Etilbenzen) 1,24 (m+p Ksilen) 0,93 (o-Ksilen)	1953,14	230,17	

Tablo 6.20. (Devam) Çalışmada elde edilen sonuçların sınır değerler ve literatür çalışmalarıyla karşılaştırılması ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Ortam	İş Yeri	SO ₂		NO ₂		O ₃		UOB		PM _{2,5}		Kaynak
		Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz	
İç Ortam	Market	30,26	16,92	35,68	13,12	22,39	3,61	93,53 (Σ UOB) 2,62 (Benzen) 4,66 (Toluen) 0,70 (Etilbenzen) 1,77 (m+p Ksilen) 2,34 (o-Ksilen)	177,38 (Σ UOB) 0,91 (Benzen) 8,25 (Toluen) 0,59 (Etilbenzen) 1,81 (m+p Ksilen) 1,74 (o-Ksilen)	98,27	53,6	Bu Çalışma
	Otel	20,39	11,28	39,89	17,41	29,48	5,52	110,96 (Σ UOB) 1,95 (Benzen) 12,79 (Toluen) 5,22 (Etilbenzen) 8,28 (m+p Ksilen) 5,52 (o-Ksilen)	107,29 (Σ UOB) 0,80 (Benzen) 5,43 (Toluen) 1,15 (Etilbenzen) 2,24 (m+p Ksilen) 1,56 (o-Ksilen)	45,79	37,7	
	Kuru Temizleme	35,56	55,55	43,98	18,83	31,54	6,61	853,5 (Σ UOB) 3,04 (Benzen) 190,55 (Toluen) 5,74 (Etilbenzen) 5,24 (m+p Ksilen) 1,56 (o-Ksilen)	985,24 (Σ UOB) 1,15 (Benzen) 280,8 (Toluen) 6,20 (Etilbenzen) 1,62 (m+p Ksilen) 3,13 (o-Ksilen)	183,26	93,99	
İç Ortam	Fotokopi Merkezi							2,37 (Benzen) 7,96 (Toluen) 1,33 (Etilbenzen) 1,88 (m+p Ksilen) 0,67 (o-Ksilen)	1,14 (Benzen) 11,6 (Toluen) 2,43 (Etilbenzen) 1,58 (m+p Ksilen) 1,08 (o-Ksilen)			(Çankaya ve diğ., 2018)
	Restoran (Barbekü)							20,10 (Benzen) 17,4 (Toluen) 2,68 (Etilbenzen) 3,33 (m+p Ksilen) 2,15 (o-Ksilen)	7,30 (Benzen) 20,47 (Toluen) 3,84 (Etilbenzen) 8,59 (m+p Ksilen) 6,21 (o-Ksilen)			
	Kuru Temizleme							3,40 (Benzen) 480 (Toluen) 1,18 (Etilbenzen) 1,89 (m+p Ksilen)	1,23 (Benzen) 261,9 (Toluen) 2,37 (Etilbenzen) 5,01 (m+p Ksilen)			

Tablo 6.20. (Devam) Çalışmada elde edilen sonuçların sınır değerler ve literatür çalışmalarıyla karşılaştırılması ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Ortam	İş Yeri	SO ₂		NO ₂		O ₃		UOB		PM _{2.5}		Kaynak
		Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz	
İç Ortam	Kuaför							6-38 (Σ UOB)				(Ana ve diğ., 2018)
İç Ortam	Kuaför									14		(Pattinson ve diğ., 2018)
İç Ortam	Ofis									227,44		(Massey ve diğ., 2016)
İç ortam	Restoran	19,4				2,33				1107		(Li ve diğ., 2015)
İç Ortam	Kuaför							911,08 (Σ UOB)				(De Gennaro ve diğ., 2014)
İç Ortam	Restoran									9,6		(Wu ve diğ., 2012)
	Kuaför									18,8		
	Market									8,2		
	Ofis									7,3		
İç Ortam	Baskı Endüstrisi	47		96,6		18,2		69,4 (Benzen) 155 (Toluen) 59,9 (m+p Ksilen) 17,3 (o-Ksilen)		151		(Saraga ve diğ., 2011)
	Ofis			45,7		238		15,3 (Benzen) 90,2 (Toluen) 241 (m+p Ksilen) 174 (o-Ksilen)		30,7		

Tablo 6.20. (Devam) Çalışmada elde edilen sonuçların sınır değerler ve literatür çalışmalarıyla karşılaştırılması ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Ortam	İş Yeri	SO ₂		NO ₂		O ₃		UOB		PM _{2.5}		Kaynak
		Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz	
İç Ortam	Restoran							10,34 (Benzen) 85,77 (Toluen) 8,59 (Etilbenzen) 10,93 (m+p Ksilen) 5,94 (o-Ksilen)				(Guo et al., 2003)
	Ofis							4,40 (Benzen) 47,29 (Toluen) 7,81 (Etilbenzen) 12,99 (m+p Ksilen) 14,54 (o-Ksilen)				
İç Ortam	Restoran (Barbekü)							18,4 (Benzen) 156,1 (Toluen)		1167		(Lee ve diğ., 2001)
İç Ortam	Kuaför							470	150	210	100	(Van Der Wal ve diğ., 1997)

6.4. Kanserojen ve Kanserojen Olmayan Kimyasalların Risk Değerlendirilmesi

Seçilen 7 iş yerinde çalışan 9 farklı gönüllü ile gerçekleştirilen kişisel örnekleme çalışmalarından elde edilen UOB konsantrasyonları ile solunabilir risk değerlendirmesi yapılmıştır. Kronik günlük alım miktarı birçok faktöre bağlı olarak değişen bir parametredir. Çalışma esnasında kullanılan anket ile gönüllülerin günlük kaç saat, haftalık kaç gün ve yılda kaç gün çalıştıkları bilgisi not edilmiştir. Gerçekleştirilen risk hesaplamalarında kullanılan değerler uygulanan anket verilerinden alınmıştır. Çalışanların maksimum 30 yıl aynı işyerinde çalıştıkları kabul edilmiştir. Kanserojenik risk hesaplamaları için Eşitlik 5.1 ve 5.3'teki formüller kullanılmıştır. Bir insan ömrü 70 yıl olarak kabul edilerek CD_{Ica} (kanserojen olan kimyasalların kronik günlük alım miktarı) hesaplanmıştır. Elde edilen kanserojenik risk değeri birimsizdir.

Kanser riski hesaplamalarından elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde EPA'nın önerdiği kanserojenik risk değeri, 1×10^{-6} (1,0E-06) dikkate alınmıştır. Bu değer, kanser riski olarak 1,0E-06 değerine karşılık gelen konsantrasyonlarda, 1 milyon kişiden 1 kişinin kanser olma riskini taşıdığını ifade etmektedir.

Risk hesaplamalarında kanserojen olmayan maddeler için risk değerlendirmesi tehlike indeksi (HQ) olarak tanımlanır ve birimsizdir. Kanserojen olmayan risk hesaplamalarında Eşitlik 5.2 ve 5.4'teki formüller kullanılarak öncelikle CD_{Inc} (kanserojen olmayan kimyasalların kronik günlük alım miktarı) ve HQ değerleri hesaplanmıştır. Bileşiklerin kanserojen olmayan etkilerinin değerlendirilmesi için tehlike indeksi değeri (HQ) dikkate alınmıştır. HQ değerinin, 1'e eşit ve 1'den büyük olması riskin söz konusu olduğunu; 1'den küçük olması ise riskin mevcut olmadığını göstermektedir.

6.4.1. Kanserojenik Risklerin Değerlendirilmesi

Fırında ekmek yapım ve pişirme kısmında çalışan kişinin koluna takılan örneklerin analizlerinden elde edilen UOB konsantrasyonu ve diğer parametreler kişinin CD_{Ica} değerini hesaplamada kullanılmıştır. CD_{Ica} değeri, bileşiklerin UR, IR ve BW değerleri kullanılarak hesaplanmış SF değeri ile çarpılmıştır ve elde edilen kanserojenik risk

sonuçları yaşam boyu kanser riski olarak (LTCR) Tablo 6.21’de verilmiştir. Fırın için hesaplanan kanser riski en yüksek benzen bileşiği için (2,49E-06) elde edilirken, EPA sınır değerini de aştığı gözlenmiştir. Kanserojen bileşiklerin toplam kanser risk değeri ise 2,95E-06 olup, EPA sınır değerinin yaklaşık 3 katı olarak tespit edilmiştir.

Tablo 6.21. Fırın çalışanında ölçülen UOB’lerin kanserojenik risk değerleri

Bileşik	IUR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	C ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CDIca ($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{gün}$)	LTCR
Benzen	7,80E-06	2,732	9,14E-02	2,49E-06
Etilbenzen	2,50E-06	1,455	4,86E-02	4,26E-07
Stiren	1,60E-07	1,656	5,54E-02	3,10E-08
ΣKanser Risk				2,95E-06

Tez kapsamında örnekleme nin gerçekleştirildiği fotokopi merkezinde, fotokopi ve baskı işlemlerini gerçekleştiren gönüllü çalışanın CDIca değeri ile hesaplanmış LTCR sonuçları Tablo 6.22’de verilmiştir. Fotokopi merkezi çalışanı için hesaplanan LTCR değerlerinde sadece benzen bileşiği için 7,00E-06 olarak hesaplanan kanser riski EPA sınır değerinin üzerinde bulunmuştur. Elde edilen toplam kanser riski ise 8,13E-06 olup, sınır değerin 8 katı olduğu gözlenmiştir.

Tablo 6.22. Fotokopi merkezi çalışanında ölçülen UOB’lerin kanserojenik risk değerleri

Bileşik	IUR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	C ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CDIca ($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{gün}$)	LTCR
Benzen	7,80E-06	5,115	2,57E-01	7,00E-06
Etilbenzen	2,50E-06	2,25	1,13E-01	9,87E-07
Stiren	1,60E-07	5,09	2,55E-01	1,43E-07
ΣKanser Risk				8,13E-06

Ocak başı restoranında ızgara başında pişirme işlemini gerçekleştiren aşçı için CDİca değerleri hesaplanarak LTCR değerleri bulunmuştur. Tablo 6.23'te verilen LTCR değerlerine göre, benzen ve etilbenzen LTCR değerleri 1,0E-06 sınır değerinin üzerinde bulunmuştur. Restoranda elde edilen toplam kanser riski ise 5,70E-05 olarak hesaplanmıştır (EPA sınır değerinden 57 kat daha yüksektir).

Tablo 6.23. Restoran çalışanında ölçülen UOB'lerin kanserojenik risk değerleri

Bileşik	IUR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	C ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CDİca ($\mu\text{g}/\text{kg.gün}$)	LTCR
Benzen	7,80E-06	34,065	2,01E+00	5,48E-05
Etilbenzen	2,50E-06	3,985	2,35E-01	2,05E-06
Stiren	1,60E-07	4,429	2,61E-01	1,46E-07
ΣKanser Risk				5,70E-05

Kuaförde kişisel örnekleme saç boyama, kesme ve şekillendirme işlemlerini gerçekleştiren çalışan ile gerçekleştirilmiştir. Kuaför çalışanı için örneklemeden elde edilen bileşik konsantrasyonları ile ilk olarak CDİca değeri, sonrasında da LTCR değerleri hesaplanmıştır (Tablo 6.24). Bu değerler incelendiğinde, sadece benzen riskinin sınır değeri aştığı görülmektedir. Kuaförde elde edilen toplam kanser riski ise 6,18E-06 olup, EPA sınır değerinin 6 katı olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 6.24. Kuaför çalışanında ölçülen UOB'lerin kanserojenik risk değerleri

Bileşik	IUR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	C ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CDİca ($\mu\text{g}/\text{kg.gün}$)	LTCR
Benzen	7,80E-06	3,31	1,99E-01	5,43E-06
Etilbenzen	2,50E-06	1,355	8,14E-02	7,12E-07
Stiren	1,60E-07	1,3	7,81E-02	4,37E-08
ΣKanser Risk				6,18E-06

Kuru temizlemede kuru ve ıslak temizleme, kurutma ve tekstil boyama gibi işlemleri gerçekleştiren gönüllü çalışan için CDİca değeri ve sonrasında da LTCR değerleri hesaplanmıştır. Söz konusu değerler Tablo 6.25'te verilmiştir. Tablo 7.5'e göre, kuru temizleme çalışanı için benzen bileşiği LTCR değerinin EPA sınır değerini aştığı görülmüştür. Kuru temizleme çalışanlarının toplam kanser risk değeri ise 4,21E-06 olarak bulunmuştur. Bu değerin, sınır değerden 4 kat fazla olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 6.25. Kuru temizleme çalışanında ölçülen UOB'lerin kanserojenik risk değerleri

Bileşik	IUR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	C ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CDİca ($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{gün}$)	LTCR
Benzen	7,80E-06	1,982	1,19E-01	3,25E-06
Etilbenzen	2,50E-06	1,757	1,06E-01	9,23E-07
Stiren	1,60E-07	1,06	6,37E-02	3,56E-08
ΣKanser Risk				4,21E-06

Market örneklemesinde reyon ve kasa görevlisi için LTCR değerleri Tablo 6.26'da verilmiş olup, benzene ait risk değerinin sınır değeri az da olsa aştığı görülmüştür. Market çalışanları için toplam kanser risk değeri ise 1,77E-06 olarak hesaplanmış olup sınır değeri aşmıştır.

Tablo 6.26. Market çalışanında ölçülen UOB'lerin kanserojenik risk değerleri

Bileşik	IUR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	C ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CDİca ($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{gün}$)	LTCR
Benzen	7,80E-06	1,672	5,59E-02	1,53E-06
Etilbenzen	2,50E-06	0,7125	2,38E-02	2,08E-07
Stiren	1,60E-07	1,8	6,02E-02	3,37E-08
ΣKanser Risk				1,77E-06

Otelde gerçekleştirilen kişisel örnekleme çalışması, 3 farklı ortamda çalışan personel (resepsiyonist, aşçı ve temizlik personeli) ile yapılmıştır. Çalışanlar için CDİca

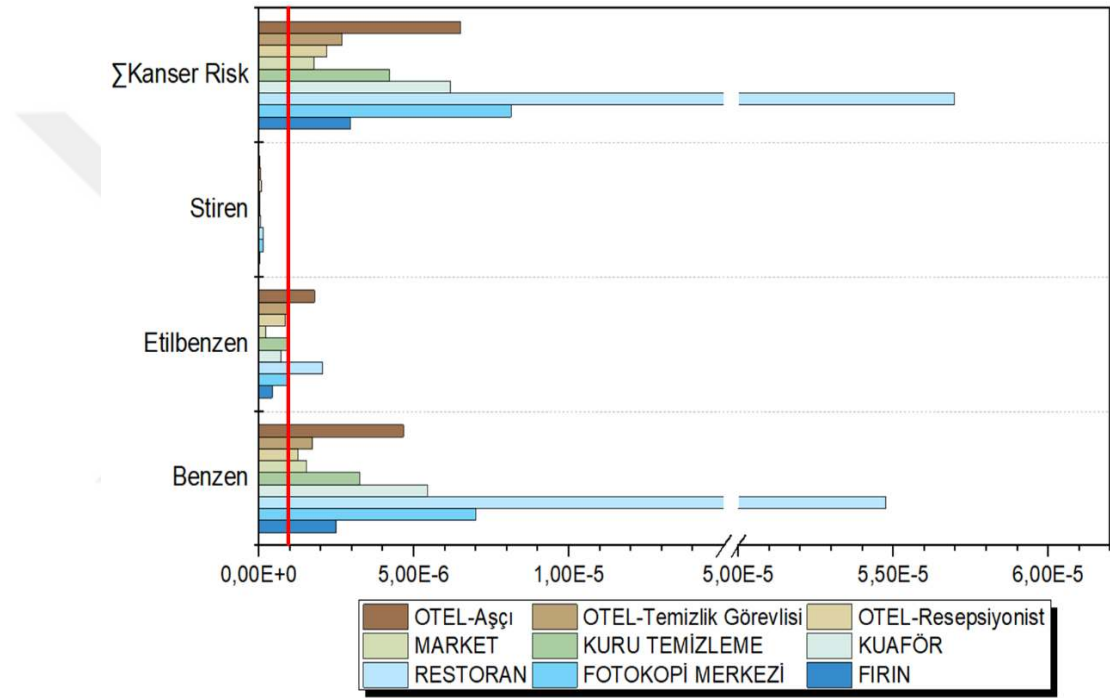
ve LTCR değerleri Tablo 6.27’de verilmiştir. Tabloya göre, 3 çalışan için de hesaplanan benzen kanser riskleri sınır değeri aşmıştır. Toplam kanser riskleri ise, aşçı için $6,50E-06$, temizlik görevlisi için $2,68E-06$ ve resepsiyonist için $2,18E-06$ şeklinde bulunmuştur. Bu değerlerin, sınır değeri aşçı için 6 buçuk kat, temizlik görevlisi için 2 buçuk kat ve resepsiyonist için yaklaşık 2 kat aştığı görülmüştür.



Tablo 6.27. Otel çalışanlarında ölçülen UOB'lerin kanserojenik risk değerleri

Resepsiyonist					Aşçı				Temizlik Görevlisi			
Bileşik	IUR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	C ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CDIca ($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{gün}$)	LTCR	IUR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	C ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CDIca ($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{gün}$)	LTCR	IUR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	C ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CDIca ($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{gün}$)	LTCR
Benzen	7,80E-06	1,395	4,66E-02	1,27E-06	7,80E-06	5,115	1,71E-01	4,67E-06	7,80E-06	1,9	6,35E-02	1,73E-06
Etilbenzen	2,50E-06	2,877	9,62E-02	8,42E-07	2,50E-06	6,145	2,05E-01	1,80E-06	2,50E-06	3,04	1,02E-01	8,89E-07
Stiren	1,60E-07	3,685	1,23E-01	6,90E-08	1,60E-07	1,717	5,74E-02	3,22E-08	1,60E-07	3,25	1,09E-01	6,09E-08
ΣKanser Risk				2,18E-06				6,50E-06				2,68E-06

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, 7 farklı iş yerinde 9 farklı çalışana ait toplam kanser riski değerleri ve ayrıca benzen risk değerleri EPA sınır değerini aşmıştır. Dolayısıyla, incelenen iç ortamlarda çalışan insanların mesleki aktivitelerden ötürü maruz kaldıkları kirleticiler sonucunda kanser hastalığına yakalanma risklerinin söz konusu olduğu tespit edilmiştir. Şekil 6.50’de, tüm iş yerlerinden elde edilen kanser riski değerleri bileşik bazında ve toplam risk olarak verilmiştir. En yüksek risk değeri ocakbaşı restoranda çalışan aşçıda belirlenmiştir. En düşük LTCR değerleri ise market çalışanında ve sonrasında da resepsiyonistte elde edilmiştir.



Şekil 6.50. Kanser riski değerlerinin tüm iş yerleri için birlikte değerlendirilmesi

6.4.2. Kanserojenik Olmayan Risklerin Değerlendirilmesi

Kanserojenik olmayan risklerin hesaplanmasında, örneklemelerin gerçekleştiği farklı iş yerlerinde UOB’lerin ortalama konsantrasyonları (C) kullanılmıştır. Elde edilen değerler her bir iş yeri için Tablo 6.28 – 6.34’te verilmiştir.

Tablo 6.28. *Fırın çalışanında ölçülen UOB'lerin toplam kanserojenik olmayan riskleri*

Bileşik	RfD (mg/kg.gün)	C (µg/m³)	CDInc (mg/kg.gün)	HQ
Benzen	8,57E-03	2,7325	9,14E-05	1,07E-02
Etilbenzen	2,86E-01	1,455	4,86E-05	1,70E-04
Stiren	2,86E-01	1,66	5,54E-05	1,94E-04
Toluen	1,43E+00	4,75	3,18E-04	2,22E-04
m+p-Ksilen	2,86E-02	1,09	7,29E-05	2,55E-03
o-Ksilen	2,86E-02	0,92	6,15E-05	2,15E-03
Sikloheksan	1,71E+00	0,695	2,32E-05	1,36E-05
n-Hekzan	2,00E-01	1,5175	5,08E-02	2,54E-01
1,3,5- Trimetilbenzen	1,71E-02	2,3875	7,98E-05	4,66E-03
1,2,4-Trimetilbenzen	1,71E-02	0,28	9,36E-06	5,46E-04
1,2,3-Trimetilbenzen	1,71E-02	0,31	1,04E-05	6,05E-04
n-Undekan	2,39E-01	1,26	4,21E-05	1,76E-04
ΣTehlike İndeksi				2,76E-01

Tablo 6.29. Fotokopi merkezi çalışanında ölçülen UOB'lerin toplam kanserojenik olmayan riskleri

Bileşik	RfD (mg/kg.gün)	C (µg/m ³)	CDInc (mg/kg.gün)	HQ
Benzen	8,57E-03	5,115	2,57E-04	2,99E-02
Etilbenzen	2,86E-01	2,25	1,13E-04	3,95E-04
Stiren	2,86E-01	5,09	2,55E-04	8,93E-04
Toluen	1,43E+00	23,265	2,33E-03	1,63E-03
m+p-Ksilen	2,86E-02	4,775	4,79E-04	1,68E-02
o-Ksilen	2,86E-02	4,34	4,35E-04	1,52E-02
Sikloheksan	1,71E+00	2,92	1,46E-04	8,54E-05
n-Hekzan	2,00E-01	9,62	4,83E-01	2,41E+00
1,3,5- Trimetilbenzen	1,71E-02	2,515	1,26E-04	7,36E-03
1,2,4-Trimetilbenzen	1,71E-02	1,83	9,18E-05	5,35E-03
1,2,3-Trimetilbenzen	1,71E-02	2,485	1,25E-04	7,27E-03
n-Undekan	2,39E-01	1,82	9,13E-05	3,82E-04
ΣTehlike İndeksi				2,50E+00

Tablo 6.30. Restoran çalışanında ölçülen UOB'lerin toplam kanserojenik olmayan riskleri

Bileşik	RfD (mg/kg.gün)	C (µg/m ³)	CDInc (mg/kg.gün)	HQ
Benzen	8,57E-03	34,065	2,01E-03	2,34E-01
Etilbenzen	2,86E-01	3,985	2,35E-04	8,21E-04
Stiren	2,86E-01	4,43	2,61E-04	9,13E-04
Toluen	1,43E+00	17,487	2,06E-03	1,44E-03
m+p-Ksilen	2,86E-02	2,35	2,77E-04	9,69E-03
o-Ksilen	2,86E-02	4,432	5,22E-04	1,83E-02
Sikloheksan	1,71E+00	0,8425	4,96E-05	2,89E-05
n-Hekzan	2,00E-01	12,795	7,54E-01	3,77E+00
1,3,5- Trimetilbenzen	1,71E-02	3,58	2,11E-04	1,23E-02
1,2,4-Trimetilbenzen	1,71E-02	1,715	1,01E-04	5,89E-03
1,2,3-Trimetilbenzen	1,71E-02	3,623	2,13E-04	1,24E-02
n-Undekan	2,39E-01	3,253	1,92E-04	8,02E-04
ΣTehlike İndeksi				4,07E+00

Tablo 6.31. *Kuaför çalışanında ölçülen UOB'lerin toplam kanserojenik olmayan riskleri*

Bileşik	RfD (mg/kg.gün)	C (µg/m³)	CDInc (mg/kg.gün)	HQ
Benzen	8,57E-03	3,31	1,99E-04	2,32E-02
Etilbenzen	2,86E-01	1,355	8,14E-05	2,85E-04
Stiren	2,86E-01	1,30	7,81E-05	2,73E-04
Toluen	1,43E+00	9,29	1,12E-03	7,81E-04
m+p-Ksilen	2,86E-02	2,4225	2,91E-04	1,02E-02
o-Ksilen	2,86E-02	1,8075	2,17E-04	7,60E-03
Sikloheksan	1,71E+00	0,8	4,80E-05	2,80E-05
n-Hekzan	2,00E-01	1,2975	7,80E-02	3,90E-01
1,3,5- Trimetilbenzen	1,71E-02	0,72	4,32E-05	2,52E-03
1,2,4-Trimetilbenzen	1,71E-02	2,38	1,43E-04	8,34E-03
1,2,3-Trimetilbenzen	1,71E-02	0,5	3,00E-05	1,75E-03
n-Undekan	2,39E-01	0,33	1,98E-05	8,30E-05
Σ Tehlike İndeksi				4,45E-01

Tablo 6.32. Kuru temizleme çalışanında ölçülen UOB'lerin toplam kanserojenik olmayan riskleri

Bileşik	RfD (mg/kg.gün)	C (µg/m ³)	CDInc (mg/kg.gün)	HQ
Benzen	8,57E-03	1,982	1,19E-04	1,39E-02
Etilbenzen	2,86E-01	1,757	1,06E-04	3,69E-04
Stiren	2,86E-01	1,06	6,37E-05	2,23E-04
Toluen	1,43E+00	123,592	1,48E-02	1,04E-02
m+p-Ksilen	2,86E-02	1,292	1,55E-04	5,43E-03
o-Ksilen	2,86E-02	1,212	1,46E-04	5,10E-03
Sikloheksan	1,71E+00	0,592	3,56E-05	2,08E-05
n-Hekzan	2,00E-01	0,417	2,51E-02	1,25E-01
1,3,5- Trimetilbenzen	1,71E-02	0,86	5,16E-05	3,01E-03
1,2,4-Trimetilbenzen	1,71E-02	0,7675	4,61E-05	2,69E-03
1,2,3-Trimetilbenzen	1,71E-02	0,7	4,20E-05	2,45E-03
n-Undekan	2,39E-01	0,27	1,62E-05	6,79E-05
ΣTehlike İndeksi				1,69E-01

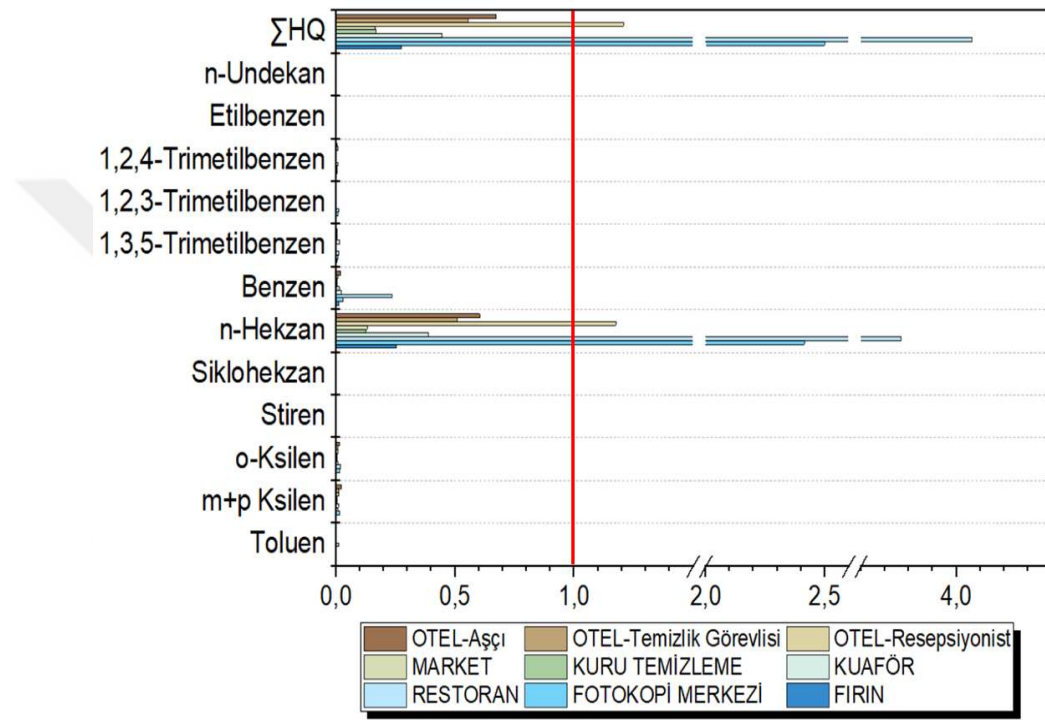
Tablo 6.33. *Market alışanında llen UOB'lerin toplam kanserojenik olmayan riskleri*

Bileşik	RfD (mg/kg.gn)	C (g/m³)	CDInc (mg/kg.gn)	HQ
Benzen	8,57E-03	1,672	5,59E-05	6,52E-03
Etilbenzen	2,86E-01	0,712	2,38E-05	8,34E-05
Stiren	2,86E-01	1,80	6,02E-05	2,11E-04
Toluen	1,43E+00	7,087	4,74E-04	3,32E-04
m+p-Ksilen	2,86E-02	1,73	1,16E-04	4,05E-03
o-Ksilen	2,86E-02	2,2	1,47E-04	5,15E-03
Sikloheksan	1,71E+00	0,386	1,29E-05	7,54E-06
n-Hekzan	2,00E-01	0,785	2,63E-02	1,31E-01
1,3,5- Trimetilbenzen	1,71E-02	7,765	2,60E-04	1,51E-02
1,2,4-Trimetilbenzen	1,71E-02	0,783	2,62E-05	1,53E-03
1,2,3-Trimetilbenzen	1,71E-02	0,275	9,19E-06	5,36E-04
n-Undekan	2,39E-01	1,85	6,19E-05	2,59E-04
ΣTehlike İndeksi				1,65E-01

Tablo 6.34. Otel çalışanlarında ölçülen UOB'lerin toplam kanserojenik olmayan riskleri

Bileşik	RfD (mg/kg.gün)	Resepsiyonist			Aşçı			Temizlik Görevlisi		
		C (µg/m ³)	CDInc (mg/kg.gün)	HQ	C (µg/m ³)	CDInc (mg/kg.gün)	HQ	C (µg/m ³)	CDInc (mg/kg.gün)	HQ
Benzen	8,57E-03	1,395	4,66E-05	5,44E-03	5,115	1,71E-04	2,00E-02	1,9	6,35E-05	7,41E-03
Etilbenzen	2,86E-01	2,877	9,62E-05	3,37E-04	6,145	2,05E-04	7,19E-04	3,04	1,02E-04	3,56E-04
Stiren	2,86E-01	3,69	1,23E-04	4,31E-04	1,72	5,74E-05	2,01E-04	3,25	1,09E-04	3,80E-04
Toluen	1,43E+00	10,927	7,31E-04	5,12E-04	16,49	1,10E-03	7,72E-04	10,022	6,70E-04	4,69E-04
m+p-Ksilen	2,86E-02	4,635	3,10E-04	1,08E-02	9,6325	6,44E-04	2,25E-02	5,015	3,35E-04	1,17E-02
o-Ksilen	2,86E-02	3,255	2,18E-04	7,62E-03	5,787	3,87E-04	1,35E-02	3,267	2,19E-04	7,65E-03
Sikloheksan	1,71E+00	0,5	1,67E-05	9,75E-06	0,42	1,40E-05	8,19E-06	0,39	1,30E-05	7,61E-06
n-Hekzan	2,00E-01	7,023	2,35E-01	1,17E+00	3,6125	1,21E-01	6,04E-01	3,05	1,02E-01	5,10E-01
1,3,5- Trimetilbenzen	1,71E-02	1,6125	5,39E-05	3,15E-03	2,1225	7,10E-05	4,14E-03	2,05	6,85E-05	4,00E-03
1,2,4-Trimetilbenzen	1,71E-02	1,423	4,76E-05	2,78E-03	2,195	7,34E-05	4,28E-03	4,966	1,66E-04	9,69E-03
1,2,3-Trimetilbenzen	1,71E-02	0,29	9,70E-06	5,66E-04	1,445	4,83E-05	1,40E-03	0,72	2,41E-05	2,82E-03
n-Undekan	2,39E-01	3,1	1,04E-04	4,34E-04	1,293	4,32E-05	1,81E-04	2,033	6,80E-05	2,85E-04
ΣTehlike İndeksi				1,21E+00			6,72E-01			5,55E-01

Her bir iş yeri için hesaplanan toplam tehlike indeksi için referans değer (1) dikkate alındığında, fotokopi merkezinde çalışan kişi için referans değer 2,5 katı, restorandaki aşçı için sınır değerin 4 katı ve resepsiyonist için 1,21 katı HQ değerleri bulunmuştur. Diğer iş yerlerinden elde edilen HQ değerleri ise < 1 şeklindedir. Genel olarak bakıldığında, sınır değeri aşan 3 iş yerinde de en yüksek HQ değeri n-hekzan bileşiğine aittir. Şekil 6.51’de, tehlike indeksi değerlerinin tüm iş yerleri için birlikte değerlendirilmesi yer almaktadır.



Şekil 6.51. Kişisel örneklemelere ait tehlike indeksi değerlendirilmesi

Kanser riski ve kanserojenik olmayan risk değerleri birlikte değerlendirildiğinde, restoranda çalışan aşçı, fotokopi merkezindeki görevli kişi ve otelde resepsiyonisten elde edilen sonuçlardan kanser riski EPA sınır değerini ve Tehlike İndeksi Değeri (HQ) de referans değeri (1) aşmaktadır. Genel olarak değerlendirilirse, seçilen iş yerlerinde çalışanları için özellikle benzen kaynaklı kanser riskinin bulunduğu, n-hekzan’dan dolayı da kanserojen olmayan riskin söz konusu olduğu görülmektedir.

7. SONUÇ ve ÖNERİLER

Son yıllarda evrensel olarak iç ortam hava kalitesinin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerine dikkat çekilmektedir. İnsanların yaşamları boyunca iç ortamda geçirdikleri sürelerin dış ortamda geçirdikleri süreden oldukça fazla olduğu bilinmektedir. Günlük hayat düşünüldüğünde bir insanın zamanının yaklaşık % 90'ını kapalı alanlarda geçirdiği tespit edilmiştir. Buna dayanarak, araştırmalar maruz kalınan iç ortam hava kalitesinin yüksek olmasının insan sağlığı ve çalışma verimliliği açısından büyük önem taşıdığına dikkat çekmektedir. Söz konusu iç ortamlar arasında, insanların günlerinin en az sekiz saatini geçirdiği iş yeri ortamı ayrı bir öneme sahiptir. Her iş yerinin kendine özgü aktiviteleri olmasından dolayı, ortaya çıkan kirletici türü, yoğunluğu ve kirlilik kaynakları da farklılık göstermektedir. Bu yüzden, literatürde yer alan ve iç ortam hava kalitesini araştıran çalışmalarda iş yerleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Tez çalışması kapsamında, Eskişehir ilinde 7 farklı iş yerinde (fırın, fotokopi merkezi, restoran, kuaför, kuru temizleme, market ve otel), mevsimsel ve iş yeri yoğunluk farklılıklarını göz önüne alarak çeşitli periyotlarda (yaz-kış, hafta içi-hafta sonu, işlektenha saatler) iç ortam, dış ortam ve kişisel maruziyeti belirlemek adına örneklemeler gerçekleştirilmiştir. SO₂, NO₂, O₃, UOB örneklemeleri pasif örnekleme yöntemi ile gerçekleştirilirken, PM_{2.5} ölçümleri Dusttrak toz ölçüm cihazları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tüm kirleticiler için yaz ve kış mevsimini temsil eden günlerde örnekleme çalışmaları planlanmıştır. SO₂, NO₂, O₃, UOB örnekleri hafta içi ve hafta sonu olarak farklı periyotlarda toplanırken, PM_{2.5} ölçümleri ise iş yerinin aynı günde yoğun ve tenha saatlerinde yapılmıştır. Böylece değişen iş yeri aktivite yoğunluğunun iç ortam hava kirliliği üzerindeki etkisi incelenmiştir. Pasif örnekler ardışık 2 gün mesai saatlerinde toplanırken, PM_{2.5} ölçümleri ise 1 saatlik olarak gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, O₃ hariç diğer kirleticilerin birkaç örnekleme periyodu dışında iş yerlerinin iç ortamlarında elde edilen konsantrasyonları dış ortam konsantrasyonlarından yüksek bulunmuştur. O₃ için ise genel olarak dış ortamda daha yüksek konsantrasyonlar elde edilirken, fotokopi merkezinde kış mevsiminde iç ortamda elde edilen yüksek konsantrasyonlar dikkat çekmiştir. PM_{2.5}, NO₂ ve O₃ konsantrasyonları tüm iş yerlerinde kış mevsiminde yazdan daha yüksek olarak tespit

edilirken, SO₂ ve UOB konsantrasyonları ise birkaç örnekleme periyodu dışında kış mevsiminde daha yüksek elde edilmiştir.

Fırında hem yaz hem de kış kampanyalarında fırının bulunduğu mutfak alanında, özellikle NO₂, SO₂ ve UOB açısından satış yapılan bölüme nazaran daha yüksek konsantrasyonlar gözlenmiştir. Ek olarak, mutfakta çalışan fırın ustasından elde edilen kişisel örnekleme sonuçlarında ise aynı durumla karşılaşılmıştır. 24 saat boyunca açık olan fırında sadece gündüz vardiyası ele alınarak örnekleme gerçekleştirilmiştir. Hafta içi ve hafta sonu sonuçları arasında dikkat çeken farklılıklar olmamıştır. Ayrıca, PM_{2.5} sonuçlarında da genel olarak iş yerinin yoğun saatlerindeki ölçümler تنها saatlerindeki ölçümlerden daha yüksek bulunurken, kışın elde edilen konsantrasyonlar ile yaz sonuçları arasında da oldukça büyük bir fark gözlenmiştir. İ/D oranlarında ise PM_{2.5} için yoğun zamandaki sonuçlar > 1 bulunurken, kış kampanyasında SO₂, yaz kampanyasında ise UOB oranları > 1 olarak hesaplanmıştır. Fırında kullanılan tahıl ürünlerinin iç ortam PM_{2.5} seviyelerinin ana kaynağı olduğu ve fırında kullanılan yakıtın ise NO₂, SO₂ ve UOB kirlilik seviyelerine katkıda bulunduğu (Elms ve diğ., 2005; Guo ve diğ., 2003; Moghaddasi ve diğ., 2014; Stobnicka & Górny, 2015) bilinmektedir.

Fotokopi merkezinde iki mevsimde de fotokopi ve baskı işlemlerinin yapıldığı alanlardan ve bu işlemleri gerçekleştiren kişiden elde edilen konsantrasyonlar (NO₂, SO₂, O₃ ve UOB) kırtasiye malzemelerinin satıldığı bölümden oldukça yüksek bulunmuştur. PM_{2.5} sonuçlarında ise, yaz dönemi hafta içi işlek saat periyodu hariç tüm örnekleme kampanyalarında birbirine yakın değerler elde edilmiştir. Yaz dönemi hafta içi işlek saatte gerçekleştirilen ölçüm esnasında alınan notlarda yer alan iş yerindeki duvar tadilatının PM_{2.5} konsantrasyonlarını arttırdığı gözlemlenmiştir. Dolayısıyla, elde edilen sonuç fotokopi merkezinin olağan iç ortam konsantrasyonunu yansıtmamaktadır. Fotokopi merkezlerinde kullanılan ekipmanların içerdiği çeşitli kimyasallar, kartuş, toner, mürekkep gibi malzemelerin daha önceki çalışmalarla (Arı, 2020; El-Hashemy ve Ali, 2018; S. C. Lee ve diğ., 2001; D. E. Saraga ve diğ., 2014) benzer şekilde bu çalışma sonucunda da iç ortam havasındaki O₃ ve UOB kaynağı olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca tez çalışması kapsamında örnekleminin gerçekleştirildiği fotokopi merkezinde fotokopi işlemlerinin -1. katta yapılmasının yanı sıra, havalandırma için portatif fan ve hava koşullarına göre klima kullanılması iç ortamın verimli bir şekilde havalandırılmadığını göstermektedir. Çalışan kişinin 12 saat çalıştığı bilgisine göre, yaklaşık 10 saatini yetersiz

havalandırılan alanda ve çeşitli cihazların arasında geçirdiği düşünüldüğünde, iç ortam havasının kişinin sağlığında olumsuz etkilere sebep olacağı kaçınılmaz olarak görülmektedir.

Restorandaki sonuçlarda ise özellikle kış mevsiminde ocakbaşında çalışan aşçıdan elde edilen kişisel NO₂ örnekleme sonuçlarının diğer örnekleme noktalarından daha yüksek konsantrasyonlarda elde edilmesi dikkat çekmiştir. Ek olarak, salonda gerçekleştirilen PM_{2.5} ölçüm sonuçlarına göre de iş yerinin yoğun olduğu yani müşteri sayısının ve pişirme aktivitesinin yoğun olduğu zamanlarda oldukça fazla konsantrasyonlar elde edilmiştir. Aşçının mangal başında kömür yanmasının sebep olduğu yoğun kirleticilere doğrudan maruz kaldığı gözlenmiştir. Ayrıca, bir diğer dikkat çeken kirletici grubu ise Σ UOB'ler olmuştur. Kış mevsiminde, her örnekleme noktasında yüksek konsantrasyonlarda elde edilen Σ UOB'lerin kaynağı olarak, iş yerinde sürekli olarak kullanılan otomatik koku spreyleri görülmektedir. Yaz mevsiminde ise doğal havalandırma yöntemlerinin çalışma saati boyunca uygulanmasından dolayı, oda spreynin etkisi kış mevsiminde olduğundan daha az görülmüştür. Bu uygulamadaki amaç duman kokusunu gidermek olsa da daha fazla iç ortam havasını kirlettiği ortaya çıkmış ve iş yeri sahipleri bu konuda bilgilendirilmiştir. Bunun üzerine alınacak önlemler üzerinde karşılıklı fikir paylaşımı yapılarak, mangal/ızgara alanı ile aspiratör arasındaki açık alanın kapatılmasıyla, dumanın restoranın salonuna yayılmadan aspiratörle çekilmesi şeklinde bir uygulamanın gerçekleştirilebileceği görüşülmüştür. Yaz dönemindeki örnekleme tarihinde bu fikrin uygulandığı görülmüştür. Yaz döneminde elde edilen sonuçlar incelendiğinde, iç ortam konsantrasyonlarının kış döneminden oldukça düşük seviyede olduğu gözlenmiştir. Yaz mevsiminden dolayı doğal havalandırma işlemlerinin artması ve ayrıca ocakbaşı ve aspiratör arasının kapalı olması sonuçlardaki düşüşün sebebi olarak görülmektedir. Ayrıca, restorandan elde edilen sonuçlarda O₃ hariç diğer bileşiklerde iç ortam konsantrasyonları dış ortamdan daha yüksek elde edilmiştir.

Kuaförde elde edilen sonuçlarda; saç boyama/açma, tırnak cilalama ve makyaj gibi işlemlerin gerçekleştirildiği makyaj alanında her iki mevsimin tüm periyotlarında yüksek konsantrasyonlara rastlanmıştır. Kişisel örnekleme gerçekleştirilen çalışan kişinin sigara kullanımı ve iç ortamda sigara içilmesinin sonucu olarak kış mevsiminde özellikle havalandırmanın yetersiz olmasından dolayı NO₂ ve SO₂ değerleri dikkat çekmiştir. Yaz

mevsiminde ise ölçülen daha düşük kirletici seviyeleri, hava şartlarının iyileşmesiyle sigara içme aktivitelerinin dış ortamda gerçekleştirilmesine bağlanmaktadır. PM_{2.5} sonuçlarında en göze çarpan iş yeri olan kuaförde elde edilen sonuçlarda kullanılan iş yeri ekipmanları ve iş yerine özel aktiviteler önemli rol oynamaktadır. Literatürde incelenen çalışmalarda da özellikle fön makinelerinin ve saç maşalarının yüksek PM_{2.5} seviyelerine katkısı tespit edilmiştir. Kış mevsiminde SO₂ ve Σ UOB konsantrasyonları iç ortamda dış ortamdaki daha yüksek elde edilirken, yaz mevsiminde NO₂ ve Σ UOB konsantrasyonları daha yüksek bulunmuştur.

Kuru temizleyicide temizlik kimyasallarının kullanılmasının Σ UOB konsantrasyonlarına katkısı her iki mevsimde de görülmektedir. Kışın yıkama alanında en yüksek konsantrasyonlara rastlanırken, yazın yıkama alanında hemen hemen kış dönemi ile aynı seviyeler ölçülmüş, fakat boyama işleminin gerçekleştirildiği alana nazaran çok daha yüksek konsantrasyonlar elde edilmiştir. Bu durum, boyama işleminde kullanılan kimyasalların iç ortamda önemli bir UOB kaynağı olduğunu göstermektedir. Literatürde yer alan çalışmalarda da kuru temizlemecilerdeki organik kirletici varlığının temizlik ve boya kimyasallarından oluştuğu vurgulanmıştır. Tüm örnekleme periyotlarında iç ortam Σ UOB seviyeleri dış ortamdaki oldukça yüksek bulunmuştur. Bu durumda, UOB'lerin ana kaynağı olarak kuru temizleme aktiviteleri önem kazanmaktadır. Ayrıca, bu iş yerinde çalışan 2 kişinin de günlük çalışma sürelerinin 12 saat olması ve bu sürenin büyük bir kısmını iş yeri iç ortamında geçirdikleri düşünüldüğünde, maruz kaldıkları yüksek seviyede UOB kirleticilerinin kişilerin sağlığında uzun süreli etkilere sebep olması kaçınılmaz olarak görülmektedir. İç ortamda rastlanan yüksek NO₂ ve SO₂ seviyelerinin iş yeri iç ortamında sigara kullanması ile ilişkilendirilmektedir. PM_{2.5} sonuçlarında ise hafta sonu seyrek saatler dışında diğer periyotlarda elde edilen sonuçlarda iç ortam ve dış ortam konsantrasyonları birbirine çok yakın tespit edilmiştir. Bu durum, iş yerinin işlek bir caddede bulunmasından dolayı dış ortam PM_{2.5} konsantrasyonlarının iç ortama katkısı ile açıklanmaktadır. İş yerinde iç ortam havalandırma sistemi olarak üst katta sadece yaklaşık 40-50 cm çapındaki portatif fan bulunması, kirleticilerin iç ortamda uzun süre kalmasına neden olmaktadır. Daha etkili ve sürekli yapılan havalandırma işleminin ortaya çıkan kirleticilerin konsantrasyonlarının azalmasında etkili olacağı iş yeri ile paylaşılmıştır.

Markette elde edilen sonuçlarda, kışın yaz dönemine göre daha yüksek hafta içi konsantrasyonları ölçülürken, yaz döneminde hafta sonu daha yüksek konsantrasyonlar gözlenmiştir. Markette elde edilen Σ UOB sonuçlarının iş yeri temizliğinin yanı sıra reyonlardaki temizlik ürünlerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Paketli ürünler de olsa keskin bir kokuya sahip temizlik reyonlarının UOB yayma ihtimalinin, elde ettiğimiz sonuçlar doğrultusunda yüksek olduğu görülmüştür. Kesin bir yargıda bulunmak için elbette ki daha detaylı çalışmaların yapılması gerekmektedir. İç ortam ve dış ortam sonuçları çoğu periyotta birbirine yakın elde edilirken, özellikle yaz döneminde dış ortamda elde edilen yüksek O_3 konsantrasyonları ile azalan dış ortam NO_2 konsantrasyonları diğer iş yerlerine göre daha çok dikkat çekmiştir. Elde edilen $PM_{2.5}$ ölçüm sonuçları ise genel olarak dış ortam konsantrasyonlarının iç ortamdan daha yüksek olması ve mevcut konumdaki yoğun trafiğin elde edilen sonuçta etkili olduğunu göstermiştir.

Otelde elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, her iki mevsimde de iç ortamlarda en yüksek NO_2 ve SO_2 konsantrasyonları mutfakta elde edilirken, en yüksek O_3 konsantrasyonu ise odaların bulunduğu kat koridorunda elde edilmiştir. Mutfaktaki yanma, pişirme işlemleri NO_2 , SO_2 ve UOB kaynağı olarak görülürken (Guo ve diğ., 2003; Lee ve diğ., 2002; Seow ve diğ., 2015; Wang ve diğ., 2017), otellerde temizlik için kullanılan kimyasalların O_3 ve UOB oluşumuna katkıda bulunduğu (Arı ve diğ., 2020; Parra ve diğ., 2008; Singer ve diğ., 2006) bilinmektedir. Σ UOB konsantrasyonları ise kışın mutfak alanında yüksek ölçülürken, yazın kat koridorunda daha yüksek bulunmuştur. Kış mevsimine ait kişisel örneklerde her periyotta iç ortamdan daha yüksek konsantrasyonlar elde edilmiştir. Her iki mevsimde de O_3 konsantrasyonları dış ortamda daha yüksek elde edilirken, diğer bileşiklerin genel olarak iç ortam konsantrasyonları dış ortam konsantrasyonundan daha yüksek bulunmuştur. $PM_{2.5}$ için işlek saatlerde daha yüksek seviyeler gözlenirken, tüm periyotlarda dış ortamda daha yüksek $PM_{2.5}$ konsantrasyonları elde edilmiştir. Otelin 5 yıldızlı büyük bir iş yeri olmasından dolayı spesifik kaynakların tespiti için daha detaylı çalışmaların gerekli olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, dikkat çeken bir diğer konu ise otelde kullanılan sürekli ve çok çeşitli havalandırma sistemlerinin etkisidir. 7 iş yeri birlikte düşünüldüğünde, en az seviyede kirlilik konsantrasyonlarına sahip iş yerinin otel olduğu tespit edilmiştir ve bunun en önemli nedeni kaliteli ve sürekli havalandırma sistemlerinin kullanılması olarak görülmektedir.

Elde edilen sonuçlarda mevsimsel farklılıkların etkisi, hesaplanan Kış/Yaz oranları ile görülmüştür. İş yerlerinde birkaç kirletici dışında tüm kirleticiler kış mevsiminde daha yüksek konsantrasyonlarda bulunmuştur. Sonuçlara göre, restoran ve fırında SO₂ ve NO₂ bileşikleri en yüksek seviyede bulunurken, O₃ bileşiği dikkat çekici bir şekilde fotokopi merkezinde, ΣUOB konsantrasyonu kuru temizleme ve kuaförde, PM_{2.5} sonuçları ise göz ardı edilmeyecek seviyede restoran ve kuaförde gözlenmiştir.

Kanserojen risk hesaplamaları değerlendirildiğinde, benzen için 7 iş yerindeki kişisel örneklerden elde edilen risk değerlerinin EPA sınır değerini aştığı tespit edilmiştir. Kanserojen olmayan kirleticiler için hesaplanan tehlike indeksi değerlerinin ise restorandaki aşçı, fotokopi merkezindeki görevli ve resepsiyonist için belirlenen referans değeri (1) aştığı görülmüştür. Dolayısıyla, elde edilen sonuçlar bu tip iş yerlerinde çalışmanın kişinin başta sağlığını olumsuz etkileyeceğini ve çalışma şartlarında ve iş yeri ortamlarında iyileşmeye gidilmesi gerektiğini ortaya koymuştur.

Çalışma kapsamında ele alınan iş yerlerinin çoğunun fiziki olarak küçük olmasının yanı sıra, elde edilen kirlilik seviyelerinin yüksek olması dikkat çekmiştir. Birçoğunda ise, ortamdaki kirlilik seviyelerini düşürecek veya iş yeri ortamından uzaklaştıracak herhangi bir sistemi verimli bir şekilde kullanmadıkları gözlenmiştir. Dolayısıyla, iç ortamlarda olumsuz etkilere sebep olan hava kirleticilerini uzaklaştırarak kaliteli çalışma alanlarını mümkün kılmak için iş yerlerinin aktivitelerine göre tercih edilebilecek çeşitli baca çekiş sistemleri, havalandırma ve iklimlendirme sistemleri önerilmektedir. İleriki dönemlerde, küçük görünen fakat birçok insanın çalıştığı bu tarz işletmelerde daha detaylı çalışmaların yapılması ve sonuçların sağlık riski açısından değerlendirilmesi fayda sağlayacaktır.

Ayrıca ülkemizde mevcut iç ortam hava kalitesi standartlarının bulunmaması, iç ortam hava kalitesi belirleme çalışmalarının yapılmasını daha da önemli kılmaktadır. Bu çalışma ve daha önce gerçekleştirilen benzer çalışmaların yanı sıra daha kapsamlı ve sonuç odaklı gerçekleştirilecek çalışmaların ulusal iç ortam hava kalitesi standartlarının belirlenmesinde önemli rol oynayacağı öngörülmektedir.

KAYNAKÇA

- Al-bukhaiti, W. Q., Noman, A., Qasim, A. S., & Al-farga, A. (2017). Gas Chromatography : Principles , Advantages and Applications in Food Analysis. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 6(1), 123–128.
- Alberts, W. M. (1994). Indoor air pollution : NO , NO 2 , CO , and CO. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, August(2), 289–295.
- Altuğ, H. (2013). *Bazı hava kirleticilerin ilkökul çocuklarında solunum fonksiyonları ve astım ve allerjik hastalıklarla ilişkili semptom prevalansına etkisi*. Anadolu Üniversitesi.
- Alyüz, B., & Veli, S. (2016). İç ortam havasında bulunan uçucu organik bileşikler ve sağlık üzerine etkileri. *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2), 109–116. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/trakyafbd/issue/22992/245932>
- Ana, G. R., Alli, A. S., Uhiara, D. C., & Shendell, D. G. (2018). Indoor air quality and reported health symptoms among hair dressers in salons in Ibadan, Nigeria. *Journal of Chemical Health and Safety*, 995(1), 23–30.
- Arashidani, K., Yoshikawa, M., Kawamoto, T., Matsuno, K., Kayama, F., & Kodama, Y. (1996). Indoor pollution from heating. *Industrial Health*, 34(3), 205–215.
- Arı, A. (2020). A comprehensive study on gas and particle emissions from laser printers: Chemical composition and health risk assessment. *Atmospheric Pollution Research*, 11(2), 269–282.
- Arı, A., Ertürk Arı, P., Yenisoy-Karakaş, S., & Gaga, E. O. (2020). Source characterization and risk assessment of occupational exposure to volatile organic compounds (VOCs) in a barbecue restaurant. *Building and Environment*, 174(March).
- Ashok, V., Gupta, T., Dubey, S., & Jat, R. (2014). Personal exposure measurement of students to various microenvironments inside and outside the college campus. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(2), 735–750.
- Azuma, K., Uchiyama, I., Uchiyama, S., & Kunugita, N. (2016). Assessment of inhalation exposure to indoor air pollutants: Screening for health risks of multiple pollutants in Japanese dwellings. *Environmental Research*, 145, 39–49.

- Baek, S. O., Kim, Y. S., & Perry, R. (1997). Indoor air quality in homes, offices and restaurants in Korean urban areas - Indoor/outdoor relationships. *Atmospheric Environment*, 31(4), 529–544.
- Baghi, R., Helmig, D., Guenther, A., Duhl, T., & Daly, R. (2012). Contribution of flowering trees to urban atmospheric biogenic volatile organic compound emissions. *Biogeosciences*, 9, 3777–3785.
- Bozkurt, Z., Do, G., Arslanba, D., & Pekey, B. (2015). Determination of the personal , indoor and outdoor exposure levels of inorganic gaseous pollutants in different microenvironments in an industrial city. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(590), 1–17.
- Brisman, J., Järnholm, B., & Lillienberg, L. (2000). Exposure-response relations for self reported asthma and rhinitis in bakers. *Occupational and Environmental Medicine*, 930, 335–340.
- Brown, K. W., Sarnat, J. A., & Koutrakis, P. (2012). Concentrations of PM_{2.5} mass and components in residential and non-residential indoor microenvironments: The Sources and Composition of Particulate Exposures study. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 22(2), 161–172.
- Buiarelli, F., Di Filippo, P., Massimi, L., Pomata, D., Riccardi, C., Simonetti, G., & Sonogo, E. (2019). Ultrafine, fine and coarse airborne particle mass concentration in workplaces. *Atmospheric Pollution Research*, 10(5), 1685–1690.
- Çankaya, S., Pekey, H., Pekey, B., & Özerkan Aydın, B. (2018). Volatile organic compound concentrations and their health risks in various workplace microenvironments. *Human and Ecological Risk Assessment*, 1–21.
- Çevre ve Orman Bakanlığı. (2008). *Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü*. 26898. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/06/20080606-6.htm>
- Chalvatzaki, E., Chatoutsidou, S. E., Lehtomäki, H., Almeida, S. M., Eleftheriadis, K., Hänninen, O., & Lazaridis, M. (2019). Characterization of human health risks from particulate air pollution in selected European cities. *Atmosphere*, 10(2), 1–16.
- Chan, C. S., Lee, S. C., Chan, W., Ho, K. F., Tian, L., Lai, S. C., Li, Y. S., & Huang, Y. (2011). Characterisation of volatile organic compounds at hotels in Southern China. *Indoor and Built Environment*, 20(4), 420–429.

- Chan, W., Lee, S. C., Chen, Y., Mak, B., Wong, K., Chan, C. S., Zheng, C., & Guo, X. (2009). Indoor air quality in new hotels' guest rooms of the major world factory region. *International Journal of Hospitality Management*, 28(1), 26–32.
- Çobanoğlu, N., & Kiper, N. (2006). Bina içi solunan havada tehlikeler. *Cocuk Sagligi ve Hastaliklari Dergisi*, 49(1), 71–75.
- Daniel, V. (2014). *Fundamentals of Air Pollution* (pp. 209–210).
- De Gennaro, G., de Gennaro, L., Mazzone, A., Porcelli, F., & Tutino, M. (2014). Indoor air quality in hair salons: Screening of volatile organic compounds and indicators based on health risk assessment. *Atmospheric Environment*, 83, 119–126.
- Demirel, G., Özden, Ö., Döğeroğlu, T., & Gaga, E. O. (2014). Personal exposure of primary school children to BTEX, NO₂ and ozone in Eskişehir, Turkey: Relationship with indoor/outdoor concentrations and risk assessment. *Science of the Total Environment*, 473–474(2), 537–548.
- El-Hashemy, M. A., & Ali, H. M. (2018). Characterization of BTEX group of VOCs and inhalation risks in indoor microenvironments at small enterprises. *Science of the Total Environment*, 645, 974–983.
- Elms, J., Robinson, E., Rahman, S., & Garrod, A. (2005). Exposure to Flour Dust in UK Bakeries : Current Use of Control Measures. *British Occupational Hygiene Society Published by Oxford University Press*, 49(1), 85–91.
- Forbes, P. B. C., & Garland, R. M. (2016). Outdoor air pollution. In *Comprehensive Analytical Chemistry* (Vol. 73). Elsevier Ltd.
- Górecki, T., & Namieśnik, J. (2002). Passive sampling. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 21(4), 276–291.
- Gümrük ve Ticaret Bakanlığı. (2018). *Deterjanlar Hakkında Yönetmelik*.
- Guo, H., Lee, S. C., Li, W. M., & Cao, J. J. (2003a). Source characterization of BTEX in indoor microenvironments in Hong Kong. *Atmospheric Environment*, 37(1), 73–82.
- Guo, H., Lee, S. C., Li, W. M., & Cao, J. J. (2003b). Source characterization of BTEX in indoor microenvironments in Hong Kong. *Atmospheric Environment*, 37(1), 73–82.
- Han, X., & Naeher, L. P. (2006). A review of traffic-related air pollution exposure assessment studies in the developing world. *Environment International*, 32(1), 106–120.

- IRIS. (2020). USEPA. Integrated Risk Information System. https://cfpub.epa.gov/ncea/iris_drafts/atoz.cfm?list_type=alpha
- Jo, W., Kim, S., Jo, W., & Kim, S. (2001). Worker exposure to aromatic volatile organic compounds in dry cleaning stores. *AIHA Journal*, 62, 466–471.
- K. Artun, G., Polat, N., D. YAY, O., Ö.Üzmez, Ö., Arı, A., T. Tuygun, G., Elbir, T., Altuğ, H., Dumanoglu, Y., Döğeroğlu, T., Dawood, A., Odabasi, M., & O. Gaga, E. (2017). An integrative approach for determination of air pollution and its health effects in a coal fired power plant area by passive sampling a , Yetkin Dumanoglu. *Atmospheric Environment*, 150, 331–345.
- Kataoka, H., Ohashi, Y., Mamiya, T., Nami, K., Saito, K., Ohcho, K., & Takigaw, T. (2012). Indoor air monitoring of volatile organic compounds and evaluation of their emission from various building materials and common products by gas chromatography-mass Spectrometry. *Advanced Gas Chromatography - Progress in Agricultural, Biomedical and Industrial Applications*, 9, 161–184.
- Kiurski, J. S., Oros, I. B., Kecic, V. S., & Kovacevic, I. M. (2016). The temporal variation of indoor pollutants in photocopying shop. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 30(4), 1289–1300.
- Klee, M. S. (2012). Detectors. In *Gas Chromatography*. Elsevier Inc.
- Klinmalee, A., Srimongkol, K., & Kim Oanh, N. T. (2009). Indoor air pollution levels in public buildings in Thailand and exposure assessment. *Environmental Monitoring and Assessment*, 156(1–4), 581–594.
- Küçükaçıl, G. (2016). Kütahya Bölgesinde Uçucu Organik Bileşiklerin Alansal Dağılımlarının ve Kaynaklarının Pasif Örnekleme Metodu ile Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi Anadolu Üniversitesi*.
- Lee, C. W., Dai, Y. T., Chien, C. H., & Hsu, D. J. (2006). Characteristics and health impacts of volatile organic compounds in photocopy centers. *Environmental Research*, 100(2), 139–149.
- Lee, S. C., Lam, S., & Kin Fai, H. (2001). Characterization of VOCs, ozone, and PM10 emissions from office equipment in an environmental chamber. *Building and Environment*, 36(7), 837–842.
- Lee, S., Guo, H., Li, W., & Chan, L. (2002). Inter-comparison of air pollutant concentrations in different indoor environments in Hong Kong. *Atmospheric*

- Environment*, 36, 1929–1940.
- Lee, Shun Cheng, Li, W. M., & Yin Chan, L. (2001). Indoor air quality at restaurants with different styles of cooking in metropolitan Hong Kong. *Science of the Total Environment*, 279(1–3), 181–193.
- Li, Y. C., Shu, M., Ho, S. S. H., Wang, C., Cao, J. J., Wang, G. H., Wang, X. X., Wang, K., & Zhao, X. Q. (2015). Characteristics of PM_{2.5} emitted from different cooking activities in China. *Atmospheric Research*, 166, 83–91.
- Li, Z., Wen, Q., & Zhang, R. (2017). Sources, health effects and control strategies of indoor fine particulate matter (PM_{2.5}): A review. *Science of the Total Environment*, 586, 610–622.
- Liao, S. S. T. ., Bacon-Shone, J. ., & Kim, Y. S. (1991). Factors influencing indoor air quality in Hong Kong: Measurements in offices and shops. *Environmental Technology (United Kingdom)*, 12(9), 737–745.
- Lodge, J. P. (1969). Air pollutant monitoring. In D. N. Ghosh & S. K. Ghosh (Eds.), *Environmental Research* (Vol. 2, Issue 3).
- Massey, D. D., Habil, M., & Taneja, A. (2016). Particles in different indoor microenvironments-its implications on occupants. *Building and Environment*, 106, 237–244.
- Mendes, A., Madureira, J., Neves, P., Carvalhais, C., Laffon, B., & Teixeira, J. P. (2011). Chemical exposure and occupational symptoms among portuguese hairdressers. *Journal of Toxicology and Environmental Health - Part A: Current Issues*, 74(15–16), 993–1000.
- Michalski, R. (2015). Principles and applications of ion chromatography in environmental analysis. In M. R. Ganjali, M. Rezapour, P. Norouzi, & F. Faridbod (Eds.), *Environmental Applications of Instrumental Chemical Analysis* (Issue 1).
- Mishra, S. (2017). Is smog innocuous? Air pollution and cardiovascular disease. *Indian Heart Journal*, 69(4), 425–429.
- Moghaddasi, Y., Mirmohammadi, S., Ahmad, A., Nejad, S. E., & Yazdani, J. (2014). Health-risk assessment of workers exposed to flour dust: A cross- sectional study of random samples of bakeries workers. *Atmospheric Pollution Research*, 5(1), 113–118.

- Morawska, L., Afshari, A., Bae, G. N., Buonanno, G., Chao, C. Y. H., Hänninen, O., Hofmann, W., Isaxon, C., Jayaratne, E. R., Pasanen, P., Salthammer, T., Waring, M., & Wierzbicka, A. (2013). Indoor aerosols: From personal exposure to risk assessment. *Indoor Air*, 23(6), 462–487.
- National Research Council. (1983). *Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/366>
- Özden, Ö. (2005). Hava kalitesinin monitorlanmasında pasif örnekleyicilerin kullanılması. *Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi*.
- Özden, Ö., Koçaker, S., & Döğeroğlu, T. (2008). Eskişehir’de Azot Dioksit (NO₂) ve Kükürt Dioksit (SO₂) Kış Dönemi İç ve Dış Seviyelerinin Pasif Örneklem Yöntemiyle Ölçümü. *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu*, 2(2), 618–630.
- Parra, M. A., Elustondo, D., Bermejo, R., & Santamaría, J. M. (2008). Quantification of indoor and outdoor volatile organic compounds (VOCs) in pubs and cafés in Pamplona, Spain. *Atmospheric Environment*, 42(27), 6647–6654.
- Pattinson, W., Targino, A. C., Gibson, M. D., Krecl, P., Cipoli, Y., & Sá, V. (2018). Quantifying variation in occupational air pollution exposure within a small metropolitan region of Brazil. *Atmospheric Environment*, 182, 138–154.
- Pekey, B., Bozkurt, Z. B., Pekey, H., Doğan, G., Zararsız, A., Efe, N., & Tuncel, G. (2010). Indoor/outdoor concentrations and elemental composition of PM₁₀/PM_{2.5} in urban/industrial areas of Kocaeli City, Turkey. *Indoor Air*, 20(2), 112–125.
- Peluso, A. s M., Thomas, H. J., & Sambeth, J. E. (2011). Volatile organic compounds. In S. O. Hanks, Jonathan C. and Loughlin (Ed.), *Volatile Organic Compounds* (p. 154).
- Polat, N. (2016). Kütahya İnorganik Kirleticilerin Alansal Dağılımlarının ve Mevsimsel Değişimlerinin Pasif Örneklem Metodu ile Belirlenmesi. *Doktora Tezi. Anadolu Üniversitesi*.
- Rasmussen, P. E., Levesque, C., Chénier, M., & Gardner, H. D. (2018). Contribution of metals in resuspended dust to indoor and personal inhalation exposures: Relationships between PM₁₀ and settled dust. *Building and Environment*, 143(July), 513–522.
- Rutkiewicz, I., Jakubowska, N., Polkowska, Z., & Namieśnik, J. (2011). Monitoring of occupational exposure to volatile organohalogen solvents (VOXs) in human urine

- samples of dry-cleaner workers by TLHS-DAIGC-ECD procedure. *Industrial Health*, 49(1), 126–132.
- Saraga, D. E., Volanis, L., Maggos, T., Vasilakos, C., Bairachtari, K., & Helmis, C. G. (2014). Workplace personal exposure to respirable PM fraction: A study in sixteen indoor environments. *Atmospheric Pollution Research*, 5(3), 431–437.
- Saraga, D., Pateraki, S., Papadopoulos, A., Vasilakos, C., & Maggos, T. (2011a). Studying the indoor air quality in three non-residential environments of different use: A museum, a printery industry and an office. *Building and Environment*, 46(11), 2333–2341.
- Saraga, D., Pateraki, S., Papadopoulos, A., Vasilakos, C., & Maggos, T. (2011b). Studying the indoor air quality in three non-residential environments of different use: A museum, a printery industry and an office. *Building and Environment*, 46(11), 462–474.
- Sarigiannis, D. A., Karakitsios, S. P., Gotti, A., Liakos, I. L., & Katsoyiannis, A. (2011). Exposure to major volatile organic compounds and carbonyls in European indoor environments and associated health risk. *Environment International*, 37(4), 743–765.
- Seow, W. J., Downward, G. S., Wei, H., Rothman, N., Reiss, B., Xu, J., Bassig, B. A., Li, J., He, J., Hosgood, H. D., Wu, G., Chapman, R. S., Tian, L., Wei, F., Caporaso, N. E., Vermeulen, R., & Lan, Q. (2015). Indoor concentrations of nitrogen dioxide and sulfur dioxide from burning solid fuels for cooking and heating in Yunnan Province, China. *Indoor Air*, 26(5), 776–783.
- Singer, B. C., Coleman, B. K., Destailats, H., Hodgson, A. T., Lunden, M. M., Weschler, C. J., & Nazaroff, W. W. (2006). Indoor secondary pollutants from cleaning product and air freshener use in the presence of ozone. *Atmospheric Environment*, 40, 6696–6710.
- Stobnicka, A., & Górny, R. L. (2015). Exposure to flour dust in the occupational environment. *International Journal Of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE)*, 21(3), 241–249.
- Stranger, M., Potgieter-Vermaak, S. S., & Van Grieken, R. (2008). Characterization of indoor air quality in primary schools in Antwerp, Belgium. *Indoor Air*, 18(6), 454–463.

- Su, F., Mukherjee, B., & Batterman, S. (2013). Determinants of personal , indoor and outdoor VOC concentrations : An analysis of the RIOPA data. *Environmental Research*, 126, 192–203.
- Tecer, L. H., & Tagil, S. (2013). Spatial-temporal variations of sulphur dioxide concentration, source, and probability assessment using a GIS-based geostatistical approach. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22(5), 1491–1498.
- TSI. (2012). *Aerosol monitor theory of operation*. http://www.tsi.com/uploadedFiles/_Site_Root/Products/Literature/Application_Notes/EXPMN-001_DustTrakII_Theory_of_Operation.pdf
- Tuduri, L., Millet, M., Briand, O., & Montury, M. (2012). Passive air sampling of semi-volatile organic compounds. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 31, 38–49.
- USEPA. (1989). *Risk Assessment Guidance for Superfund. Volume I Human Health Evaluation Manual (Part A): Vol. I* (Issue December).
- USEPA. (1997). Exposure Factors Handbook; EPA, Environmental Protection Agency. In *U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC EPA/600/R-090/052F* (Issue September).
- USEPA. (2009). Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part F, Supplemental Guidance for Inhalation Risk Assessment). In *Office of Superfund Remediation and Technology Innovation Environmental Protection Agency: Vol. I* (Issue January).
- Van Der Wal, J. F., Hoogeveen, A. W., Moons, A. M. M., & Wouda, P. (1997). Investigation on the exposure of hairdressers to chemical agents. *Environment International*, 23(4), 433–439.
- Wahab, S. A. A., En, S. C. F., Elkamel, A., Ahmadi, L., & Yetilmezsoy, K. (2015). A review of standards and guidelines set by international bodies for the parameters of indoor air quality. *Atmospheric Pollution Research*, 6(5), 751–767.
- Wallace, L. A. (2001). Human exposure to volatile organic pollutants : Implications for indoor air studies. *Annual Review of Energy and the Environment*, 26, 269–301.
- Wang, L., Xiang, Z., Stevanovic, S., Ristovski, Z., Salimi, F., Gao, J., Wang, H., & Li, L. (2017). Role of Chinese cooking emissions on ambient air quality and human health. *Science of the Total Environment*, 589, 173–181.

- Wang, Z., & Jocelyn Paré, J. R. (1997). Gas chromatography (GC): Principles and applications. In *Techniques and Instrumentation in Analytical Chemistry* (Vol. 18, Issue C, pp. 61–91).
- Wolkoff, P., Wilkins, C. K., Clausen, P. A., & Larsen, K. (1993). Comparison of volatile organic compounds from processed paper and toners from office copiers and printers: Methods, emission rates, and modeled concentrations. In *Indoor Air* (Vol. 3, Issue 2, pp. 113–123).
- Woolfenden, E. (2012). Thermal desorption for gas chromatography. In *Gas Chromatography* (pp. 235–289).
- Wu, X., Apte, M. G., & Bennett, D. H. (2012). Indoor particle levels in small- and medium-sized commercial buildings in california. *Environmental Science and Technology*, 46(22), 12355–12363.
- Xiang, Z., Xue, B., Enshen, L., & Tang, Y. (2010). Indoor air pollution effects on human beings and healthy building design measures. *2010 4th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering, ICBBE 2010*, 1–5.
- Zhao, X., Hu, Q., & Wang, X. (2015). Composition profiles of organic aerosols from Chinese residential cooking: case study in urban Guangzhou , south China. *Springer*, 72, 1–18.
- http-1.** <https://www.epa.gov/ground-level-ozone-pollution> (erişim tarihi 08.01.20)
- http-2.** <https://shodexhplc.com/applications/ion-suppression-chromatography/> (erişim tarihi 20.02.20)
- http-3.** <https://www.markes.com/Resources/What-is-analytical-thermal-desorption.aspx> (erişim: 07.02.2020- 12:50).
- http-4.** <https://blog.sepscience.com/gaschromatography/the-flame-ionization-detector-> (erişim tarihi 20.02.20)

EKLER

Ek-1.Anket Çalışması: Fırın

ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKET ÇALIŞMASI

FARKLI İŞ YERİ ORTAMLARINDA İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİN BELİRLENMESİ VE ÇALIŞANLARIN KİŞİSEL MARUZİYETLERİNİN İNCELENMESİ

Anket çalışmamızda vereceğiniz bilgiler tarafımızca yalnız tez çalışması sonuçlarında daha doğru ve etkin yorumlar yapabilmek için kullanılacak olup hiçbir şekilde kişisel değerlendirilmeyecektir. Bu kapsamda vereceğiniz bilgiler iş yeri hava kalitesinin değerlendirilmesinde önem taşıyacaktır.

Teşekkür ederiz.

FIRIN:

Örnekleme başlama tarihi (gün ve saat olarak) :

Örnekleme bitiş tarihi (gün ve saat olarak) :

İş yerinin alanı (m²) ve hacmi :

Ortalama sıcaklık (°C):

1) İş yeri adı :

2) İş yeri özelliği ve açık olduğu saatler :

3) İş yeri adresi :

4) İş yeri telefonları :

5) Binanın yaşı:

6) İş yeri kapasitesi (müşteri sayısı için):

7) İş yerinde çalışan personel sayısı: Fırın ustası: Kasiyer: Diğer:

8) Kullanılan pişirme ekipmanları ve sayısı :

.....

9) Pişirmede kullanılan yakıt(lar) :

.....

10) Kişisel örneklemeye katılanlara ait bilgiler:

	Adı Soyadı	Yaşı	İçtiği sigara sayısı (mesai saatlerinde)	Cinsiyeti / Ne kadar zamandır bu iş yerinde çalışıyor	İş yerindeki Görevi

11) İş yerinin zemini ne ile kaplı ?

.....

12) Yakın zaman içerisinde iş yerinde boya-badana veya tadilat yapıldı mı?

a. Evet b. Hayır Yapıldıysa tarihi ?.....

13) İş yerindeki malzemeler (masa, sandalye vb.) hangi malzemedен üretilmiş?

- a. Ahşap ☐
- b. Plastik ☐
- c. Metal ☐
- d. Diğer ☐

14) İş yerinde büro malzemeleri var mı varsa kaç adet bulunmaktadır?

.....

15) İş yerinin bulunduğu konum:

a. Cadde üzerinde b. Sokak arasında c. Kapalı yerde d. Sanayide

16) İş yerinin trafiğe yaklaşık uzaklığı (metre) ve trafik yoğunluğu?

17) İş yerinde havalandırma sistemi var mı? (Cevabınız evet ise 18 nolu soruyu cevaplayınız)

a. Evet b. Hayır

18) İş yerinde ne tür havalandırma sistemi mevcut? (portatif fan, tavan fanı, aspiratör, klima)

.....

19) Doğal havalandırma yapılıyor mu?

a. Evet b. Hayır Ne sıklıkla

20) İş yerindeki ısınma şekli nedir?

Isınma şekli Isınmanın sağlandığı iş yeri bölümleri

a. Kalorifer

b. Soba

c. Elektrikli ısıtıcı

d. Diğer

21) Isınma amaçlı olarak ne tür yakıt kullanılıyor?

a. Doğal gaz ☐

b. Kömür ☐

c. Odun ☐

d. Elektrik ☐

e. Diğer

22) İş yerinin temizliği nasıl ve ne sıklıkla yapılmaktadır?

.....

23) Temizlikte ne tür ürünler kullanılmaktadır?

.....

24) Çalışanlar içerisinde kalıcı bir hastalığa sahip olan var mı?

a. Evet b. Hayır

Çalıştığınız iş yeri ile ilgili olarak eklemek istediğiniz diğer bilgiler:

.....

.....

Ek-2:Anket Çalışması: Fotokopi Merkezi

ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKET ÇALIŞMASI

**FARKLI İŞ YERİ ORTAMLARINDA İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİN
BELİRLENMESİ VE ÇALIŞANLARIN KİŞİSEL MARUZİYETLERİNİN
İNCELENMESİ**

Anket çalışmamızda vereceğiniz bilgiler tarafımızca yalnız tez çalışması sonuçlarında daha doğru ve etkin yorumlar yapabilmek için kullanılacak olup hiçbir şekilde kişisel değerlendirilmeyecektir. Bu kapsamda vereceğiniz bilgiler iş yeri hava kalitesinin değerlendirilmesinde önem taşıyacaktır.

Teşekkür ederiz.

FOTOKOPİ MERKEZİ:

Örnekleme başlama tarihi (gün ve saat olarak) :

Örnekleme bitiş tarihi (gün ve saat olarak) :

İş yerinin alanı (m²) ve hacmi :

Ortalama sıcaklık (°C):

1) İş yeri adı :

2) İş yeri özelliği ve açık olduğu saatler :

3) İş yeri adresi :

4) İş yeri telefonları :

5) Binanın yaşı:

6) İş yeri kapasitesi (müşteri sayısı için):

7) İş yerinde çalışan personel sayısı: Fotokopici: Kasiyer: Diğer:

8) Kullanılan fotokopi ekipmanlarının tipi ve sayısı :

.....

9) Kullanılan kimyasal(lar):

.....

10) Kişisel örneklemeye katılanlara ait bilgiler:

	Adı Soyadı	Yaşı	İçtiği sigara sayısı (mesai saatlerinde)	Cinsiyeti / Ne kadar zamandır bu iş yerinde çalışıyor	İş yerindeki Görevi

11) İş yerinin zemini ne ile kaplı ?

.....

12) Yakın zaman içerisinde iş yerinde boya-badana veya tadilat yapıldı mı?

a. Evet b. Hayır Yapıldıysa tarihi ?.....

13) İş yerindeki malzemeler (masa, sandalye vb.) hangi malzemeden üretilmiş?

- a. Ahşap ☐
- b. Plastik ☐
- c. Metal ☐
- d. Diğer ☐

14) İş yerinde aşağıdaki büro malzemelerinden kaç adet bulunmaktadır?

- a. Bilgisayar b. Yazıcı
- c. Faks cihazı e. Diğer

15) İş yerinin bulunduğu konum:

- a. Cadde üzerinde b. Sokak arasında c. Kapalı yerde d. Sanayide

16) İş yerinin trafiğe yaklaşık uzaklığı (metre) ve trafik yoğunluğu?

.....

17) İş yerinde havalandırma sistemi var mı? (Cevabınız evet ise 18 nolu soruyu cevaplayınız)

- a. Evet b. Hayır

18) İş yerinde ne tür havalandırma sistemi mevcut? (portatif fan, tavan fanı, aspiratör, klima)

.....

19) Doğal havalandırma yapılıyor mu?

a. Evet b. Hayır Ne sıklıkla

20) İş yerindeki ısıtma şekli nedir?

Isıtma şekli Isınmanın sağlandığı iş yeri bölümleri

a. Kalorifer

b. Soba

c. Elektrikli ısıtıcı

d. Diğer

21) Isıtma amaçlı olarak ne tür yakıt kullanılıyor?

a. Doğal gaz ☐

b. Kömür ☐

c. Odun ☐

d. Elektrik ☐

e. Diğer

22) İş yerinin temizliği nasıl ve ne sıklıkla yapılmaktadır?

.....

23) Temizlikte ne tür ürünler kullanılmaktadır?

.....

24) Çalışanlar içerisinde kalıcı bir hastalığa sahip olan var mı?

a. Evet b. Hayır

Çalıştığınız iş yeri ile ilgili olarak eklemek istediğiniz diğer bilgiler:

.....

.....

ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKET ÇALIŞMASI

**FARKLI İŞ YERİ ORTAMLARINDA İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİN
BELİRLENMESİ VE ÇALIŞANLARIN KİŞİSEL MARUZİYETLERİNİN
İNCELENMESİ**

Anket çalışmamızda vereceğiniz bilgiler tarafımızca yalnız tez çalışması sonuçlarında daha doğru ve etkin yorumlar yapabilmek için kullanılacak olup hiçbir şekilde kişisel değerlendirilmeyecektir. Bu kapsamda vereceğiniz bilgiler iş yeri hava kalitesinin değerlendirilmesinde önem taşıyacaktır.

Teşekkür ederiz.

RESTORAN:

Örnekleme başlama tarihi (gün ve saat olarak) :

Örnekleme bitiş tarihi (gün ve saat olarak) :

İş yerinin alanı (m²) ve hacmi :

Ortalama sıcaklık (°C):

1) İş yeri adı :

2) İş yeri özelliği ve açık olduğu saatler :

3) İş yeri adresi :

4) İş yeri telefonları :

5) Binanın yaşı:

6) İş yeri kapasitesi (müşteri sayısı için):

7) İş yerinde çalışan personel sayısı: Aşçı: Garson: Kasiyer:

8) Kullanılan pişirme ekipmanları ve sayısı :

.....

9) Pişirmede Kullanılan Yakıt(lar) :

.....

10) Kişisel örneklemeye katılanlara ait bilgiler:

	Adı Soyadı	Yaşı	İçtiği sigara sayısı(mesai saatlerinde)	Cinsiyeti / Ne kadar zamandır bu iş yerinde çalışıyor	İş yerindeki Görevi

11) İş yerinin zemini ne ile kaplı ?

.....

12) Yakın zaman içerisinde iş yerinde boya-badana veya tadilat yapıldı mı?

a. Evet b. Hayır Yapıldıysa tarihi ?.....

13) İş yerindeki malzemeler (masa, sandalye vb.) hangi malzemedен üretilmiş?

- a. Ahşap ☐
- b. Plastik ☐
- c. Metal ☐
- d. Diğer ☐

14) İş yerinde aşağıdaki büro malzemelerinden kaç adet bulunmaktadır?

- a. Bilgisayar b. Yazıcı
- c. Fotokopi makinesi d. Faks cihazı e. Diğer

15) İş yerinin bulunduğu konum:

- a. Cadde üzerinde b. Sokak arasında c. Kapalı yerde d. Sanayide

16) İş yerinin trafiğe yaklaşık uzaklığı (metre) ve trafik yoğunluğu?

.....

17) İş yerinde havalandırma sistemi var mı? (Cevabınız evet ise 18 nolu soruyu cevaplayınız)

- a. Evet b. Hayır

18) İş yerinde ne tür havalandırma sistemi mevcut? (portatif fan, tavan fanı, aspiratör, klima)

.....

19) Doğal havalandırma yapıyor mu?

a. Evet b. Hayır Ne sıklıkla

20) İş yerindeki ısınma şekli nedir?

Isınma şekli Isınmanın sağlandığı iş yeri bölümleri

a. Kalorifer

b. Soba

c. Elektrikli ısıtıcı

d. Diğer

21) Isınma amaçlı olarak ne tür yakıt kullanılıyor?

a. Doğal gaz ☐

b. Kömür ☐

c. Odun ☐

d. Elektrik ☐

e. Diğer

22) İş yerinin temizliği nasıl ve ne sıklıkla yapılmaktadır?

.....

23) Temizlikte ne tür ürünler kullanılmaktadır?

.....

24) Çalışanlar içerisinde kalıcı bir hastalığa sahip olan var mı?

a. Evet b. Hayır

Çalıştığınız iş yeri ile ilgili olarak eklemek istediğiniz diğer bilgiler:

.....

.....

Ek-4: Anket Çalışması: Kuaför

ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ANKET ÇALIŞMASI
FARKLI İŞ YERİ ORTAMLARINDA İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİN
BELİRLENMESİ VE ÇALIŞANLARIN KİŞİSEL MARUZİYETLERİNİN
İNCELENMESİ

Anket çalışmamızda vereceğiniz bilgiler tarafımızca yalnız tez çalışması sonuçlarında daha doğru ve etkin yorumlar yapabilmek için kullanılacak olup hiçbir şekilde kişisel değerlendirilmeyecektir. Bu kapsamda vereceğiniz bilgiler iş yeri hava kalitesinin değerlendirilmesinde önem taşıyacaktır.

Teşekkür ederiz.

KUAFÖR:

Örnekleme başlama tarihi (gün ve saat olarak) :

Örnekleme bitiş tarihi (gün ve saat olarak) :

İş yerinin alanı (m²) ve hacmi :

Ortalama sıcaklık (°C):

- 1) İş yeri adı :**
- 2) İş yeri özelliği ve açık olduğu saatler :**
- 3) İş yeri adresi :**
- 4) İş yeri telefonları :**
- 5) Binanın yaşı:**
- 6) İş yeri kapasitesi (müşteri sayısı için):**
- 7) İş yerinde çalışan personel sayısı:**
- 8) Kullanılan ekipman tipleri ve sayısı :**

.....

- 9) Kullanılan kimyasallar :**

.....

10) Kişisel örneklemeye katılanlara ait bilgiler:

	Adı Soyadı	Yaşı	İçtiği sigara sayısı (mesai saatlerinde)	Cinsiyeti / Ne kadar zamandır bu iş yerinde çalışıyor	İş yerindeki Görevi

11) İş yerinin zemini ne ile kaplı ?

.....

12) Yakın zaman içerisinde iş yerinde boya-badana veya tadilat yapıldı mı?

a. Evet b. Hayır Yapıldıysa tarihi ?.....

13) İş yerindeki malzemeler (masa, sandalye vb.) hangi malzemedен üretilmiş?

- a. Ahşap ☐
- b. Plastik ☐
- c. Metal ☐
- d. Diğer ☐

14) İş yerinde aşağıdaki büro malzemelerinden kaç adet bulunmaktadır?

- a. Bilgisayar b. Yazıcı
- c. Fotokopi makinesi d. Faks cihazı e. Diğer

15) İş yerinin bulunduğu konum:

- a. Cadde üzerinde b. Sokak arasında c. Kapalı yerde d. Sanayide

16) İş yerinin trafiğe yaklaşık uzaklığı (metre) ve trafik yoğunluğu?

.....

17) İş yerinde havalandırma sistemi var mı? (Cevabınız evet ise 18 nolu soruyu cevaplayınız)

- a. Evet b. Hayır

18) İş yerinde ne tür havalandırma sistemi mevcut? (portatif fan, tavan fanı, aspiratör, klima)

.....

19) Doğal havalandırma yapılıyor mu?

a. Evet b. Hayır Ne sıklıkla

20) İş yerindeki ısınma şekli nedir?

Isınma şekli Isınmanın sağlandığı iş yeri bölümleri

a. Kalorifer

b. Soba

c. Elektrikli ısıtıcı

d. Diğer

21) Isınma amaçlı olarak ne tür yakıt kullanılıyor?

a. Doğal gaz ☐

b. Kömür ☐

c. Odun ☐

d. Elektrik ☐

e. Diğer

22) İş yerinin temizliği nasıl ve ne sıklıkla yapılmaktadır?

.....

23) Temizlikte ne tür ürünler kullanılmaktadır?

.....

24) Çalışanlar içerisinde kalıcı bir hastalığa sahip olan var mı?

a. Evet b. Hayır

Çalıştığınız iş yeri ile ilgili olarak eklemek istediğiniz diğer bilgiler:

.....
.....

Ek-5: Anket Çalışması: Kuru Temizleme

ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKET ÇALIŞMASI

FARKLI İŞ YERİ ORTAMLARINDA İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİN BELİRLENMESİ VE ÇALIŞANLARIN KİŞİSEL MARUZİYETLERİNİN İNCELENMESİ

Anket çalışmamızda vereceğiniz bilgiler tarafımızca yalnız tez çalışması sonuçlarında daha doğru ve etkin yorumlar yapabilmek için kullanılacak olup hiçbir şekilde kişisel değerlendirilmeyecektir. Bu kapsamda vereceğiniz bilgiler iş yeri hava kalitesinin değerlendirilmesinde önem taşıyacaktır.

Teşekkür ederiz.

KURU TEMİZLEME:

Örnekleme başlama tarihi (gün ve saat olarak) :

Örnekleme bitiş tarihi (gün ve saat olarak) :

İş yerinin alanı (m²) ve hacmi :

Ortalama sıcaklık (°C):

1) İş yeri adı :

2) İş yeri özelliği ve açık olduğu saatler:

3) İş yeri adresi :

4) İş yeri telefonları :

5) Binanın yaşı:

6) İş yeri kapasitesi (müşteri sayısı için):

7) İş yerinde çalışan personel sayısı:

Terzi: Kuru Temizleme vs.: Kasiyer:

8) Kullanılan ekipmanların tipi ve sayısı :

.....

9) Kullanılan kimyasal(lar):

.....

10) Kişisel örneklemeye katılanlara ait bilgiler:

	Adı Soyadı	Yaşı	İçtiği sigara sayısı(mesai saatlerinde)	Cinsiyeti / Ne kadar zamandır bu iş yerinde çalışıyor	İş yerindeki Görevi

11) İş yerinin zemini ne ile kaplı ?

.....

12) Yakın zaman içerisinde iş yerinde boya-badana veya tadilat yapıldı mı?

a. Evet b. Hayır Yapıldıysa tarihi ?.....

13) İş yerindeki malzemeler (masa, sandalye vb.) hangi malzemedен üretilmiş?

- a. Ahşap ☐
- b. Plastik ☐
- c. Metal ☐
- d. Diğer ☐

14) İş yerinde hangi büro malzemelerinden kaç adet bulunmaktadır?

.....

15) İş yerinin bulunduğu konum:

a. Cadde üzerinde b. Sokak arasında c. Kapalı yerde d. Sanayide

16) İş yerinin trafiğe yaklaşık uzaklığı (metre) ve trafik yoğunluğu?

.....

17) İş yerinde havalandırma sistemi var mı? (Cevabınız evet ise 18 nolu soruyu cevaplayınız)

a. Evet b. Hayır

18) İş yerinde ne tür havalandırma sistemi mevcut? (portatif fan, tavan fanı, aspiratör, klima)

.....

19) Doğal havalandırma yapılıyor mu?

a. Evet b. Hayır Ne sıklıkla

20) İş yerindeki ısınma şekli nedir?

Isınma şekli Isınmanın sağlandığı iş yeri bölümleri

a. Kalorifer

b. Soba

c. Elektrikli ısıtıcı

d. Diğer

21) Isınma amaçlı olarak ne tür yakıt kullanılıyor?

a. Doğal gaz ☐

b. Kömür ☐

c. Odun ☐

d. Elektrik ☐

e. Diğer

22) İş yerinin temizliği nasıl ve ne sıklıkla yapılmaktadır?

.....

23) Temizlikte ne tür ürünler kullanılmaktadır?

.....

24) Çalışanlar içerisinde kalıcı bir hastalığa sahip olan var mı?

a. Evet b. Hayır

Çalıştığınız iş yeri ile ilgili olarak eklemek istediğiniz diğer bilgiler:

.....
.....

Ek-6: Anket Çalışması: Market

ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKET ÇALIŞMASI

**FARKLI İŞ YERİ ORTAMLARINDA İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİN
BELİRLENMESİ VE ÇALIŞANLARIN KİŞİSEL MARUZİYETLERİNİN
İNCELENMESİ**

Anket çalışmamızda vereceğiniz bilgiler tarafımızca yalnız tez çalışması sonuçlarında daha doğru ve etkin yorumlar yapabilmek için kullanılacak olup hiçbir şekilde kişisel değerlendirilmeyecektir. Bu kapsamda vereceğiniz bilgiler iş yeri hava kalitesinin değerlendirilmesinde önem taşıyacaktır.

Teşekkür ederiz.

MARKET:

Örnekleme başlama tarihi (gün ve saat olarak) :

Örnekleme bitiş tarihi (gün ve saat olarak) :

İş yerinin alanı (m²) ve hacmi :

Ortalama sıcaklık (°C):

1) İş yeri adı :

2) İş yeri özelliği ve açık olduğu saatler :

3) İş yeri adresi :

4) İş yeri telefonları :

5) Binanın yaşı:

6) İş yeri kapasitesi (müşteri sayısı için):

7) İş yerinde çalışan personel sayısı:

.....

8) İş yerinde bulunan ürün reyonları hangileridir?

.....

9) Kişisel örneklemeye katılanlara ait bilgiler:

	Adı Soyadı	Yaşı	İçtiği sigara sayısı (mesai saatlerinde)	Cinsiyeti / Ne kadar zamandır bu iş yerinde çalışıyor	İş yerindeki Görevi

10) İş yerinin zemini ne ile kaplı ?

.....

11) Yakın zaman içerisinde iş yerinde boya-badana veya tadilat yapıldı mı?

a. Evet b. Hayır Yapıldıysa tarihi ?.....

12) İş yerindeki malzemeler (masa, sandalye vb.) hangi malzemeden üretilmiş?

- a. Ahşap ☐
- b. Plastik ☐
- c. Metal ☐
- d. Diğer ☐

13) İş yerinde hangi büro malzemelerinden kaç adet bulunmaktadır:

.....

14) İş yerinin bulunduğu konum:

a. Cadde üzerinde b. Sokak arasında c. Kapalı yerde d. Sanayide

15) İş yerinin trafiğe yaklaşık uzaklığı (metre) ve trafik yoğunluğu?

.....

16) İş yerinde havalandırma sistemi var mı? (Cevabınız evet ise 18 nolu soruyu cevaplayınız)

a. Evet b. Hayır

17) İş yerinde ne tür havalandırma sistemi mevcut? (portatif fan, tavan fanı, aspiratör, klima)

.....

18) Doğal havalandırma yapılıyor mu?

a. Evet b. Hayır Ne sıklıkla

19) İş yerindeki ısınma şekli nedir?

Isınma şekli Isınmanın sağlandığı iş yeri bölümleri

a. Kalorifer

b. Soba

c. Elektrikli ısıtıcı

d. Diğer

20) Isınma amaçlı olarak ne tür yakıt kullanılıyor?

a. Doğal gaz ☐

b. Kömür ☐

c. Odun ☐

d. Elektrik ☐

e. Diğer

21) İş yerinin temizliği nasıl ve ne sıklıkla yapılmaktadır?

.....

22) Temizlikte ne tür ürünler kullanılmaktadır?

.....

23) Çalışanlar içerisinde kalıcı bir hastalığa sahip olan var mı?

a. Evet b. Hayır

Çalıştığınız iş yeri ile ilgili olarak eklemek istediğiniz diğer bilgiler:

.....

.....

Ek-7: Anket Çalışması: Otel

ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKET ÇALIŞMASI

**FARKLI İŞ YERİ ORTAMLARINDA İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİN
BELİRLENMESİ VE ÇALIŞANLARIN KİŞİSEL MARUZİYETLERİNİN
İNCELENMESİ**

Anket çalışmamızda vereceğiniz bilgiler tarafımızca yalnız tez çalışması sonuçlarında daha doğru ve etkin yorumlar yapabilmek için kullanılacak olup hiçbir şekilde kişisel değerlendirilmeyecektir. Bu kapsamda vereceğiniz bilgiler iş yeri hava kalitesinin değerlendirilmesinde önem taşıyacaktır.

Teşekkür ederiz.

OTEL:

Örneklemeye başlama tarihi (gün ve saat olarak) :

Örneklemeye bitiş tarihi (gün ve saat olarak) :

İş yerinin alanı (m²) ve hacmi :

Ortalama sıcaklık (°C):

1) İş yeri adı :

2) İş yeri özelliği ve açık olduğu saatler :

3) İş yeri adresi :

4) İş yeri telefonları :

5) Binanın yaşı:

6) İş yeri kapasitesi (müşteri sayısı için):

7) İş yerinde çalışan personel sayısı:

Yönetim : Aşçı: Garson: Temizlik Pers.: Resepsiyon: Diğer:

8) Mutfak alanında kullanılan pişirme ekipmanları ve sayısı :

.....

9) Pişirmede Kullanılan Yakıt(lar) :

.....

10) Kişisel örneklemeye katılanlara ait bilgiler:

	Adı Soyadı	Yaşı	İçtiği sigara sayısı (mesai saatlerinde)	Cinsiyeti / Ne kadar zamandır bu iş yerinde çalışıyor	İş yerindeki Görevi

11) İş yerinin zemini ne ile kaplı ?

.....

12) Yakın zaman içerisinde iş yerinde boya-badana veya tadilat yapıldı mı?

a. Evet b. Hayır Yapıldıysa tarihi ?.....

13) İş yerindeki malzemeler (masa, sandalye vb.) hangi malzemedен üretilmiş?

- a. Ahşap ☐
- b. Plastik ☐
- c. Metal ☐
- d. Diğer ☐

14) İş yerinde aşağıdaki büro malzemelerinden kaç adet bulunmaktadır?

- a. Bilgisayar b. Yazıcı
- c. Fotokopi makinesi d. Faks cihazı e. Diğer

15) İş yerinin bulunduğu konum:

- a. Cadde üzerinde b. Sokak arasında c. Kapalı yerde d. Sanayide

16) İş yerinin trafiğe yaklaşık uzaklığı (metre) ve trafik yoğunluğu?

.....

17) İş yerinde havalandırma sistemi var mı? (Cevabınız evet ise 18 nolu soruyu cevaplayınız)

- a. Evet b. Hayır

18) İş yerinde ne tür havalandırma sistemi mevcut? (portatif fan, tavan fanı, aspiratör, klima)

.....

19) Doğal havalandırma yapıyor mu?

- a. Evet b. Hayır Ne sıklıkla

20) İş yerindeki ısıtma şekli nedir?

Isıtma şekli Isınmanın sağlandığı iş yeri bölümleri

- a. Kalorifer
b. Soba
c. Elektrikli ısıtıcı
d. Diğer

21) Isıtma amaçlı olarak ne tür yakıt kullanılıyor?

- a. Doğal gaz ☐
b. Kömür ☐
c. Odun ☐
d. Elektrik ☐
e. Diğer

22) İş yerinin temizliği nasıl ve ne sıklıkla yapılmaktadır?

.....

23) Temizlikte kullanılan ürünler nelerdir?

.....

24) Çalışanlar içerisinde kalıcı bir hastalığa sahip olan var mı?

- a. Evet b. Hayır

Çalıştığınız iş yeri ile ilgili olarak eklemek istediğiniz diğer bilgiler:

.....
.....

ASSESSMENT OF PM_{2.5} CONCENTRATIONS IN INDOOR AND OUTDOOR ENVIRONMENTS OF DIFFERENT WORKPLACES

Fatma Nur ERASLAN, Özlem ÖZDEN ÜZMEZ, Eftade O. GAGA

Eskişehir Technical University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering, 26555 Eskisehir, Turkey

*Corresponding author: oozden@eskisehir.edu.tr

This study provides information about indoor-outdoor PM_{2.5} mass concentrations, indoor/outdoor ratios (I/O) of PM_{2.5} for seven different workplaces; photocopier, bakery, restaurant, hairdresser, dry cleaner, market and hotel in Eskisehir, Turkey. Simultaneous measurements of both indoor and outdoor concentrations were performed. Measurement studies were conducted between 13 January - 23 February 2019 and both weekday and weekend measurements were carried out for each workplace. One-hour measurements were performed by using DustTrak II 8530 aerosol monitors during the busy and less-active hours of each workplace. PM_{2.5} concentrations were measured in different indoor microenvironments of the workplaces. The indoor measurement results of the busy hours were higher than those obtained during less-active hours during both weekdays and weekend periods at all workplaces. According to the weekday results, the maximum PM_{2.5} concentration (average 1123.92 µg/m³) was measured at the hairdresser while the minimum concentration was measured at the hotel (27.20 µg/m³) during busy hours. In addition, indoor PM_{2.5} concentrations were higher than outdoor concentrations in restaurant, bakery and hairdresser during the weekday busy hours. The minimum concentration was obtained at the hotel (in average 3.58 µg/m³) and the maximum concentration was measured at the hairdresser (in average 1037.50 µg/m³) during the less-active hours of weekday measurements. According to the weekend results, the maximum concentration (in average 3076.00 µg/m³) was measured at the hairdresser while the minimum concentration was measured at the hotel (77.13 µg/m³) during busy hours similar to weekday results. Indoor PM_{2.5} concentrations were higher than outdoor concentrations in restaurant, bakery, dry cleaner and hairdresser during the busy hours at the weekend. During less-active hours of the weekend, the minimum concentration was obtained in the grocery store (in average 59.80 µg/m³) and the maximum concentration was measured at the hairdresser (in average 2575.17 µg/m³). Measurement results obtained from restaurant, dry cleaner and hairdresser on both weekdays and weekends during less-active hours showed that indoor PM_{2.5} concentrations were higher than outdoor concentrations. When I/O ratios were evaluated, the ratios obtained from hairdresser (I/O=7.26-72.34) and restaurant (I/O=1.60-17.32) were > 1 at all sampling periods. In the dry cleaner, except weekday busy hour (I/O=0.90), all the I/O ratios were > 1 (I/O=1.09-3.24) while the ratios obtained during weekday and weekend busy hours at the bakery were > 1 (weekday I/O=1.84, weekend I/O=2.19). In general, measurement results showed that PM_{2.5} concentrations varied due to several factors such as presence of strong indoor sources, activities, ventilation effect, building's location, traffic density around the building etc.

Key words: PM_{2.5}, indoor and outdoor air measurement, workplaces.

1. Introduction

The term of particulate matter 2.5 (PM_{2.5}), generally refers to the respirable fraction of fine particles aerodynamic diameter less than 2.5 micrometers mean (EPA, U. *Particulate Matter*). Many recent studies have focused on the relationship between outdoor air pollution and health problems (Fromme, H., et al., 2007). Particularly fine fractions of particulate matter (PM_{2.5}, PM, aerodynamic diameter $\leq 2.5 \mu\text{m}$) can have a greater impact on deeper regions of the respiratory system, including trachea and bronchi. Therefore, fine fractions of particulate matter are very important for human health and studies to have generally focused on fine fractions of particulate matter (M. Ando, et al., (1996); M. Brick, et al., (1997); Massey, D. D., et al., (2016)).

Personal exposure to PM_{2.5} is influenced by different microenvironments where people spend most of their daily time. In these micro-environments, various activities take place which may constitute resources. For this reason, the effect of indoor air pollutants on human health is of great significance. In general, the internal particles are known to have two sources, indoor and outdoor activities. Indoor PM concentration results from a variety of indoor activities, such as cooking, cleaning, walking and especially smoking (Fromme, H., et al., 2007). Numerous scientists investigating indoor air pollution have conducted studies in different micro-environments; residences, schools, offices, hospitals, vehicles, and workplaces...(Lee, S. C., et al., (2002); Pekey, B., et al., (2010); Brown, K. W., et al.,(2012); A. Kulshrestha, et al., (2014); Saraga, D. E., et al., (2014); Li, YC, et al., (2015); Jung, C. C., et al., (2015); Massey, D. D., et al., (2016) The indoor air in different working environments can become very polluted due to the type of activities, resources, and equipment used in that workplace. Workplace air has a significant impact on employees' health. Therefore, the removal of particulate contaminants has become a necessity to consider (Massey, D. D., et al., (2016).

Purpose of this study was to determine the quality of indoor air in according to indoor activities in different workplaces in Eskişehir, in the concentration of fine particulate matter (PM_{2.5}) and to assesment the probable indoor sources in these seven workplaces. Since one of the sources of indoor air pollution is the pollutant concentrations in the outdoor air, the indoor and outdoor measurements of each workplace were performed simultaneous. With the obtained data was investigated the relationship between indoor/outdoor ratios and indoor and outdoor pollution levels.

2. Materials and methods

2.1. Locations and characteristics of the workplaces

In this study, indoor and outdoor PM_{2.5} mass concentrations were measured in seven different workplaces in Eskişehir, Turkey. These workplaces are photocopy store, bakery, restaurant, hairdresser, dry cleaner, grocery store and hotel (Figure 1). The locations of the workplaces are shown in Figure 1. All the workplaces except for the hotel are located in the city center. Specific characteristics of each workplace are given in Table 1. Also, a questionnaire was used to record some information about the activities and possible sources (cigarette smoke, candles or cooking, etc.) for each workplace.

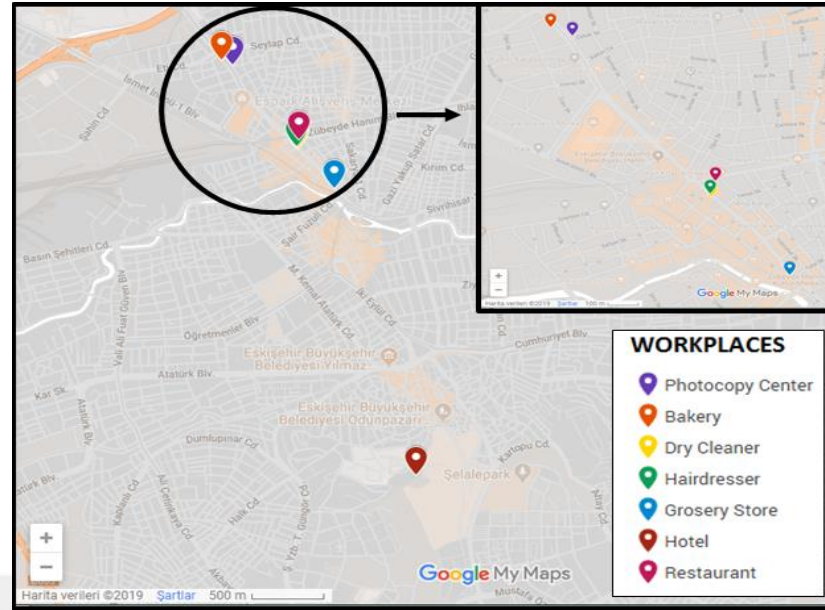


Figure 1. The locations of the workplaces

Table 0.1. Specific characteristics of the workplaces

Workplace	Equipment Used	Ventilation Type	Frequency of Cleaning	The Location of The Workplace
Restaurant	Barbecue	Exhauster on barbecue and natural ventilation	Every morning	On the street
Bakery	Furnace for bread	Portable fan and natural ventilation	Every morning	On the street
Photocopy	Three photocopy machines, three poster machines	Air conditioning and fan	Every morning and evening	On the street
Hairdresser	Sterilizing tools, hair dryer, curling iron	Air conditioning and natural ventilation	Every morning	On the street
Dry Cleaner	Two tumble dryers, iron, a dry-cleaning machine, eight washing machines, sewing machine	Aspirator and natural ventilation	Every morning and evening	On the street
Grocery Store	-	Natural ventilation	Every morning	On pedestrian street
Hotel	-	Ceiling fan, exhauster and air conditioning	Continuous	Far away from traffic

2.1. Sampling program

Measurement studies were conducted between 13 January - 23 February 2019 in Eskişehir, Turkey. Before sampling, interviews with each workplace were conducted. In these interviews, some important information such as the busy and less-active hours of the workplace, activities carried out in the workplace were noted. Indoor and outdoor concentrations were measured simultaneously during the less active and busy hours in each workplace during 1-hour period during weekday and weekend in each workplace to investigate the relationship between weekday-weekend intensity and pollution levels in the workplaces. In total, four samples from each workplace were collected. Indoor and outdoor temperatures were also noted during the measurements.

2.2. Sampling method

Two DustTrak II aerosol monitors (Model 8530, TSI Inc.) were used to measure PM_{2.5} concentrations in both indoor and outdoor air (Figure 2). The results of the two monitors were compared to test the performance of each monitor before the measurement studies and the measurement results were very close to each other. The recording interval of the aerosol monitor was set to 1 minute and the monitor recorded 60 data for 1 hour. The aerosol concentration capacity of each monitor is in the range of 0.001 to 400 mg/m³.



Figure 2. DustTrak II aerosol monitors during measurement studies (left: indoor, right: outdoor)

3. Results

3.1. Indoor PM_{2.5} concentrations

According to the weekday results (Figure 3), the greatest exposure during busy hours was observed at the hairdresser (average $1123.92 \pm 343.53 \mu\text{g}/\text{m}^3$) that was approximately forty-one times higher than the concentration measured at the hotel where the minimum concentration was measured (average $27.20 \pm 2.43 \mu\text{g}/\text{m}^3$). In addition, indoor PM_{2.5} concentrations were higher than outdoor concentrations in restaurant, bakery and hairdresser during the weekday busy hours. The minimum concentration was obtained at the hotel (average $3.58 \pm 0.76 \mu\text{g}/\text{m}^3$) and the maximum concentration was measured at the hairdresser (average $1037.50 \pm 859.16 \mu\text{g}/\text{m}^3$) during the less active hours of weekday measurements.

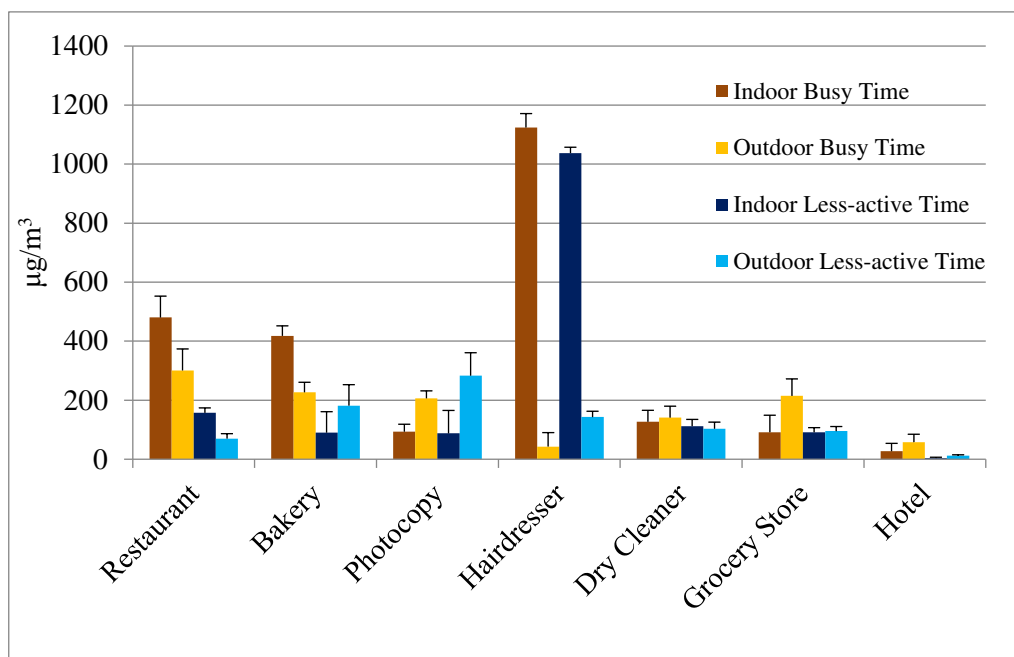


Figure 3. Weekday Indoor - Outdoor Average PM_{2.5} Results

According to the weekend results (Figure 4), the maximum concentration (average $3076.00 \pm 1345.48 \mu\text{g}/\text{m}^3$) was measured at the hairdresser while the minimum concentration was measured at the hotel (average $77.13 \pm 7.92 \mu\text{g}/\text{m}^3$) during busy hours similar to weekday results. Indoor PM_{2.5} concentrations were higher than outdoor concentrations in restaurant, bakery, dry cleaner and hairdresser during the busy hours at the weekend. During less active hours of the weekend, the minimum concentration was obtained in the market (average $59.80 \pm 5.86 \mu\text{g}/\text{m}^3$) and the maximum concentration was measured at the hairdresser (average $2575.17 \pm 160.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Measurement results obtained from restaurant, dry cleaner and hairdresser on both weekdays and weekends during less active hours showed that indoor PM_{2.5} concentrations were higher than outdoor concentrations.

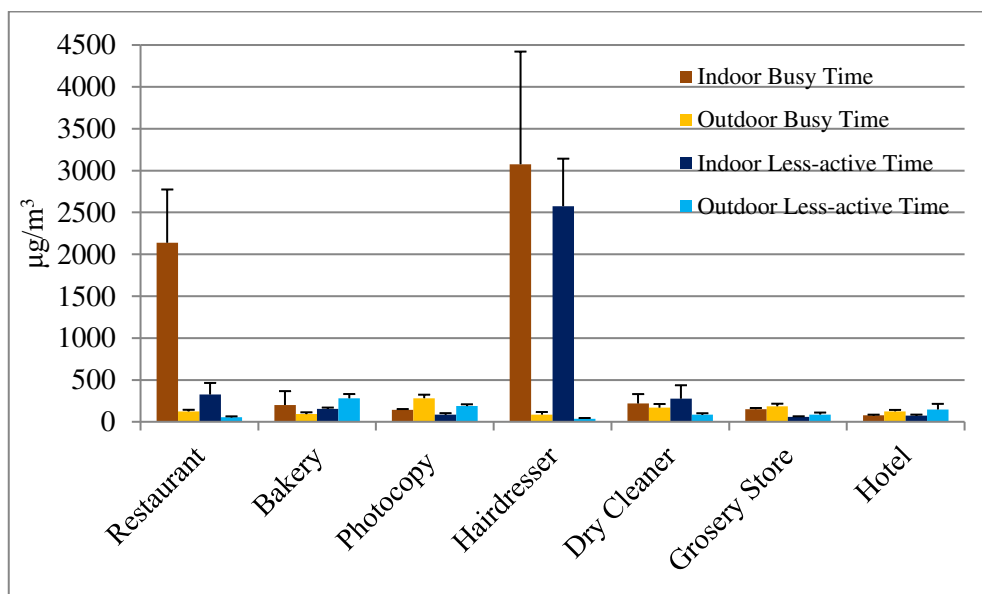


Figure 4. Weekend Indoor - Outdoor Average PM_{2.5} Results

3.2. Indoor/Outdoor concentration ratios

Indoor/outdoor concentration ratios were also calculated for each workplace. When Indoor/Outdoor ratios were evaluated (Table 2), the ratios obtained from hairdresser (I/O=7.26-72.34) and restaurant (I/O=1.60-17.32) were > 1 at all sampling periods. In the dry cleaner, except weekday busy hour (I/O=0.90), all the I/O ratios were > 1 (I/O=1.09-3.27) while the ratios obtained during weekday and weekend busy hours at the bakery were > 1 (weekday I/O=1.84, weekend I/O=2.19). The ratios greater than 1 indicates workplace activities on indoor PM_{2.5} concentrations.

Table 2. Indoor/Outdoor PM_{2.5} ratios obtained in each workplace in weekday and weekend periods

Workplace	Weekday I/O		Weekend I/O	
	Busy time	Less-active time	Busy time	Less-active time
Restaurant	1.60 ± 0.46	2.25 ± 0.85	17.32 ± 7.19	6.15 ± 2.71
Bakery	1.84 ± 0.72	0.50 ± 0.16	2.19 ± 1.71	0.55 ± 0.10
Photocopier	0.45 ± 0.05	0.31 ± 0.09	0.51 ± 0.06	0.45 ± 0.11
Hairdresser	26.21 ± 347.97	7.26 ± 5.26	35.82 ± 18.02	72.34 ± 22.72
Dry Cleaner	0.90 ± 0.42	1.09 ± 0.65	1.30 ± 0.69	3.27 ± 1.75
Grocery Store	0.43 ± 0.15	0.96 ± 0.11	0.81 ± 0.15	0.69 ± 0.20
Hotel	0.47 ± 0.12	0.30 ± 0.14	0.62 ± 0.12	0.51 ± 0.25

Some statistical analyses were carried out using SPSS at 95% confidence level. Busy and less-active concentrations were compared for all workplaces and the results obtained for the restaurant and the photocopier were statistically significant. In other workplaces, non-significant results were obtained since the activity was higher than expected at less active times. The difference between indoor and outdoor concentrations was statistically significant in all of the workplaces except dry cleaner. Also, there was a statistically significance between the weekday and weekend results in all workplaces.

4. Discussion

In this study, indoor-outdoor PM_{2.5} mass concentrations, indoor/outdoor ratios (I/O) of PM_{2.5} were determined for seven different workplaces; photocopier, bakery, restaurant, hairdresser, dry cleaner, market and hotel in Eskisehir, Turkey. It was determined that there is a direct relationship between the intensity of indoor activities and PM_{2.5} concentrations.

Quite high PM_{2.5} mass concentrations have been obtained in the hairdresser, restaurant and bakery depending on the activities and type of the used equipment's. Hair dryers that are used continuously in the hairdressers can be important sources of these high levels obtained in this workplace. In the restaurant, coal combustion is the most important source for particulate matter concentrations. Also, cooking style directly affects the results. (Lee et.al., 2002). Higher outdoor

concentrations in some workplaces than indoor concentrations were due to the high traffic density during the sampling period. As a result, the highest PM_{2.5} concentrations were obtained at the hairdresser in each period. The studies in the literature found that the use of hair appliances such as hair dryers and curling irons could increase indoor PM levels (Wu et.al., 2012) and the results of this study are compatible with the literature studies.

In general, measurement results showed that PM_{2.5} concentrations varied due to several factors such as presence of strong indoor sources, activities, ventilation effect, building's location, traffic density around the building etc. (Lee et.al., 2002; Wu et.al., 2012; Saraga et.al., 2014).

5. References

- Kulshrestha, A., Massey, D. D., Masih, J., & Taneja, A. (2014). Source characterization of trace elements in indoor environments at urban, rural and roadside sites in a semiarid region of India. *Aerosol Air Qual. Res.*, 14, 1738-1751.
- Ando, M., Katagiri, K., Tamura, K., Yamamoto, S., Matsumoto, M., Li, Y. F., ... & Liang, C. K. (1996). Indoor and outdoor air pollution in Tokyo and Beijing supercities. *Atmospheric Environment*, 30(5), 695-702.
- Berico, M., Luciani, A., & Formignani, M. (1997). Atmospheric aerosol in an urban area—measurements of TSP and PM₁₀ standards and pulmonary deposition assessments. *Atmospheric Environment*, 31(21), 3659-3665.
- Brown, K. W., Sarnat, J. A., & Koutrakis, P. (2012). Concentrations of PM 2.5 mass and components in residential and non-residential indoor microenvironments: The Sources and Composition of Particulate Exposures study. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 22(2), 161.)
- Fromme, H., Twardella, D., Dietrich, S., Heitmann, D., Schierl, R., Liebl, B., & Rüdén, H. (2007). Particulate matter in the indoor air of classrooms—exploratory results from Munich and surrounding area. *Atmospheric Environment*, 41(4), 854-866.
- Jung, C. C, Wu, P. C., Tseng, C. H., & Su, H. J. (2015). Indoor air quality varies with ventilation types and working areas in hospitals. *Building and Environment*, 85, 190-195.
- Lee, S. C., Li, W. M., & Chan, L. Y. (2001). Indoor air quality at restaurants with different styles of cooking in metropolitan Hong Kong. *Science of the Total Environment*, 279(1-3), 181-193.
- Lee, S. C., Guo, H., Li, W. M., & Chan, L. Y. (2002). Inter-comparison of air pollutant concentrations in different indoor environments in Hong Kong. *Atmospheric Environment*, 36(12), 1929-1940.
- Li, Y. C., Shu, M., Ho, S. S. H., Wang, C., Cao, J. J., Wang, G. H., ... & Zhao, X. Q. (2015). Characteristics of PM_{2.5} emitted from different cooking activities in China. *Atmospheric Research*, 166, 83-91.
- Massey, D. D., Habil, M., & Taneja, A. (2016). Particles in different indoor microenvironments-its implications on occupants. *Building and Environment*, 106, 237-244
- Pekey, B., Bozkurt, Z. B., Pekey, H., Doğan, G., Zararsız, A., Efe, N., & Tuncel, G. (2010). Indoor/outdoor concentrations and elemental composition of PM₁₀/PM_{2.5} in urban/industrial areas of Kocaeli City, Turkey. *Indoor air*, 20(2), 112-125.

Saraga, D. E., Volanis, L., Maggos, T., Vasilakos, C., Bairachtari, K., & Helmis, C. G., 2014. Workplace personal exposure to respirable PM fraction: a study in sixteen indoor environments. *Atmospheric Pollution Research*, 5(3), 431-437.

USEPA., 14.11.2008. <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/index.html>, accessed in August 2019.

Wu, X., Apte, M. G., & Bennett, D. H., 2012. Indoor particle levels in small-and medium-sized commercial buildings in California. *Environmental Science & Technology*, 46(22), 12355-12363.

Acknowledgments

The authors wish to thank workplace owners and employees for their care and understanding throughout the study.



ÖZGEÇMİŞ

ORCID NO: 0000-0001-9053-0854

Adı Soyadı : Fatma Nur Eraslan

Yabancı Dil : İngilizce

Doğum Yeri ve Yılı : Osmaniye / 1996

E-Posta : fatmanureraslan@eskisehir.edu.tr

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- 2020, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Çevre

Mühendisliği Anabilim Dalı

- 2017, Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği
- 2017, Öğrenci işçi, Çevre Kimyası Laboratuvar Dersi, Temel İşlemler Laboratuvar Dersi ve Çevre Mikrobiyolojisi Laboratuvar Dersi Ön Çalışmaları/Hazırlıkları, Anadolu Üniversitesi, Çevre Mühendisliği

Yayınları ve Bilimsel Faaliyetleri:

- 2019, Sözlü Bildiri, 18. World Clean Air Congress, Eraslan, F. N., Ö. Üzmez, Ö., O. Gaga, E., “Assessment of PM_{2.5} Concentrations in Indoor and Outdoor Environments of Different Workplaces”, 560-566, 23-27 Eylül, İstanbul.