



**BURSA'DA İÇ VE DIŞ MEKAN HAVA ÖRNEKLERİNDE POLİAROMATİK
HİDROKARBONLARIN (PAHs) İNCELENMESİ**

Gizem KAYIKÇI



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BURSA'DA İÇ VE DIŞ MEKAN HAVA ÖRNEKLERİNDE
POLİAROMATİK HİDROKARBONLARIN (PAHs) İNCELENMESİ**

Gizem KAYIKÇI

Doç. Dr. Fatma ESEN
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI

BURSA-2017

TEZ ONAYI

Gizem KAYIKÇI tarafından hazırlanan "Bursa'da İç ve Dış Mekan Hava Örneklerinde Poliaromatik Hidrokarbonların (PAH) İncelenmesi" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Fatma ESEN



Başkan : Doç. Dr. Fatma ESEN

Uludağ Üniversitesi

Mühendislik Fakültesi

Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı



Üye : Doç Dr. Perihan Binnur KURT KARAKUŞ



Üye : Yrd. Doç. Dr. Gizem KARACA




Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ali BAYRAM

Enstitü Müdürü

21.12.2017



U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

21 Şubat2017

Gizem KAYIKÇI

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BURSA'DA İÇ VE DIŞ MEKAN HAVA ÖRNEKLERİNDE POLİAROMATİK HİDROKARBONLARIN (PAH) İNCELENMESİ

Gizem KAYIKÇI

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Fatma ESEN

Bu çalışmada, Bursa ilindeki on iki farklı ev ortamından alınan iç ve dış ortam hava örneklerinde Poli Aromatik Hidrokarbonların (PAH'ların) konsantrasyonları belirlenmiştir. Örnekleme kapı ve camların açık olduğu yaz ve havaların soğumaya başladığı sonbahar dönemini yansıması bakımından 2014 yılı Temmuz ve Aralık ayları arasında gerçekleştirilmiştir. PAH konsantrasyonları pasif örnekleyciler kullanılarak toplanmıştır.

Yaz dönemi için ortalama Σ_8 PAH konsantrasyonu oturma odası, mutfak ve dış ortam havasında sırasıyla 20 ± 17 , 22 ± 28 , 10 ± 6 ng/m³ olarak belirlenmiştir. Sonbahar dönemi için ortalama Σ_9 PAH konsantrasyonu oturma odası, mutfak ve dış ortamda sırasıyla 27 ± 19 , 21 ± 10 , 20 ± 11 ng/m³ değerlerini almıştır.

Yaz mevsiminde oturma odasından alınan örneklerde en yüksek PAH konsantrasyonu 60,59 ng/m³ değeri ile Yenibağlar mahallesinde yer alan örnekleme noktasında elde edilmiştir. Bu örnekleme noktasında sigara kullanılmaktadır. Sigara içilen örnekleme noktasındaki PAH konsantrasyonları her iki dönemde de diğer örnekleme noktalarına göre daha yüksek çıkmıştır. Yaz mevsiminde ölçülen en düşük PAH konsantrasyonu ise 9,61 ng/m³ ile Karaman mahallesindeki örnekleme noktasına aittir.

Sonbahar mevsiminde oturma odasından alınan örneklerde en yüksek PAH konsantrasyonu 59,87 ng/m³ değeri ile Dereköy'de bulunmuştur. Bu örnekleme noktasında havaların soğumaya başlamasıyla soba kullanılması kirletici miktarındaki artışta etkili olmuştur. Sonbahar dönemi en düşük PAH konsantrasyonu ise 6,81 ng/m³ ile Altınşehir mahallesindeki örnekleme noktasında bulunmuştur. Altınşehir mahallesinde bulunan örnekleme noktasındaki evde sonbahar döneminde hava temizleme cihazı kullanılmaya başlanmıştır. Bu dönemden

sonra bu örnekleme noktasında PAH konsantrasyon değerlerinde düşüş yaşandığı gözlenmektedir.

Yaz dönemi mutfaklardan alınan örneklerde en yüksek PAH konsantrasyonu 106,78 ng/m³ ile Dereköy'deki örnekleme noktasında, en düşük PAH konsantrasyonu 0,31 ng/m³ olarak Karaman mahallesindeki örnekleme noktasında bulunmuştur.

Sonbahar dönemi mutfak örneklerindeki en yüksek PAH konsantrasyonu 36,72 ng/m³ ile Dereköy'deki örnekleme noktası iken en düşük PAH konsantrasyonu 17,21 ng/m³ olarak ölçülen Çamlıca mahallesindeki örnekleme noktası olmuştur.

Dış ortam örneklerinde,sonbahar dönemi \sum_{10} PAH konsantrasyonu 20,39±11,29 ng/m³ iken yaz dönemi örneklerinde \sum_9 PAH konsantrasyonu 10,19±6,13 ng/m³ olarak hesaplanmıştır. Sonbahar döneminde ısınma amaçlı soba kullanılan bölgeler ile diğer bölgeler karşılaştırıldığında PAH konsantrasyon değerlerinin soba kullanılan evlerde daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu durum dış ortam ve iç ortam örneklerinde benzerlik göstermektedir.

Toplanan örneklerde elde edilen sonuçlara göre uçuculuk özelliği fazla olan ve moleküler ağırlığı düşük olan PAH türlerine (PHE, ANT, FL ve PY) ait konsantrasyon değerleri daha yüksek bulunmuştur.

Her bir örnekleme noktasına ait PAH bileşiklerinin BaPekivalent (BaPeq)değerleri hesaplanarak kanser risklerinin bulunması hedeflenmiştir. Yaz dönemi kanser risk değerlerinin iç ortam oturma odası, mutfak ve dış ortam örneklerinde 0,11; 0,10 ve 0,06 ng/m³ arasında değiştiği gözlenirken sonbahar döneminde bu değerler 0,11; 0,16 ve 0,13 ng/m³ olarak bulunmuştur. Bu değerler hem uluslararası standart değer olan 10 ng/m³'ün hem de WHO'nun belirlediği (1 ng/m³, WHO 1987) standart değerinin altında kalmaktadır.

Yaz dönemi oturma odası ve mutfak örneklerinde çocukların kanser potansiyellerinin yetişkinlere göre iki kat daha fazla olduğu hesaplanmıştır. Sonbahar dönemi oturma odası örneklerinde çocuklar için kanser potansiyeli 0,10 iken yetişkinler için bu değer 0,05 olarak bulunmuştur. Sonbahar döneminde çocukların kanser olma potansiyelleri yetişkinlerden yaklaşık 2,5 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu oran sonbahar dönemi mutfaklarında hesaplanan kanser risk potansiyelleri ile paralellik göstermektedir.

Yapılan çalışmada tanı oranlarının belirlenmesi hedeflenmiştir. Hesaplanan tanı oranlarına göre yaz ve sonbahar dönemleri için PAH kirletici kaynağının yanma kökenli olduğu tespit edilmiştir.

ABSTRACT

MSc Thesis

INVESTIGATION OF POLYAROMATIC HYDROCARBONS (PAHs) INDOOR AND OUTDOOR ENVIRONMENT AIR SAMPLES IN BURSA

Gizem KAYIKÇI

Uludağ University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Environmental Engineering

Supervisor: Assoc. Prof.Dr. Fatma ESEN

In this study, PAH concentrations were determined in the air samples taken from twelve different homes in Bursa. Samples were collected to emphasize the seasonal variation during July 2014- September 2014. Air samples were collected with passive sampler.

For summer season, in average Σ_8 PAH concentrations were identified for living room 20 ± 17 , for kitchen 22 ± 28 , for outside 10 ± 6 ng/m³. For autumn season, in average Σ_9 PAH concentrations were identified for living room 27 ± 19 , for kitchen 21 ± 10 , for outside 20 ± 11 ng/m³.

In summer season the samples, which were taken from living room, were the highest PAH concentration 60.59 ng/m³. The samples take place in Yenibağlar District. In smoking house samples PAH concentration was higher than the other samples in all season. Also in autumn, PAH concentration was high in the sampling of stove used home. The lowest PAH concentration was measured as 9.61 ng/m³ in sampling point which takes place in Karaman District.

In autumn the highest PAH concentration which was taken from living room, was measured as 59.87 ng/m³ in sampling point in Dereköy. The lowest PAH concentration was measured as 6.81 ng/m³ in sampling point which takes place in Altınşehir. In Altınşehir neighborhoods samplers, it began to be used in air purifiers by home owners in autumn. After this period, PAH concentrations decreased.

In summer season the highest PAH concentration, was measured as 106.78 ng/m³ of which samples were taken from kitchens, was the sampling point in Dereköy. The lowest PAH concentration was measured as 0.31 ng/m³ which was the sampling point in Karaman District. In autumn season, PAH concentration was measured as 36.72 ng/m³ which of samples were taken from the kitchens, was the sampling point in Dereköy. The lowest PAH concentration was the sampling point which located in Çamlıca District and it was measured as 17.21 ng/m³. In outdoor samples, Σ_{10} PAH concentrations were 20,39±11,29 ng/m³ for autumn season, Σ_9 PAH concentrations were 10,19±6,13 ng/m³ for summer season. In autumn it is observed that when the regions using stove to heat and other regions are compared, PAH concentration values is higher. This PAH concentrations is the similar for indoor and outdoor samplers.

In this samples, high volatility and low molecular weight with the type of PAH (Phe, Ant, Flt and Pry) concentration is more higher than the others.

Each sampling point bond equivalent concentration of PAH compounds values (ng / m³) is calculated to have been targeted to cancer risk. While summer terms cancer risk rates indoor livingroom, kitchen and outdoor examples is changing between 0,11, 0,10 and 0,06 ng/m³, in autumn term values are fund as 0,11, 0,16 and 0,13 ng/m³. These rates are under the standart rates in terms of both international standart rate 10 ng/m³, and standart rate identified bye WHO (1 ng/m³, WHO 1987).

Cancer risk ratios for children and adults have been determined by calculating respiratory exposure dose. When compared with indoor models, the risk of cancer being calculated for the kitchen was higher in both children and adults than in the living room.

In summer season cancer risk ratios for children and adults have been determined by calculating respiratory twice as much. In autumn season cancer risk rations for children was measured as 0,10 and for adults 0,05 which of samples were taken from livingroom. In autumn season cancer risk ratios for children and adults have been determined by calculating respiratory two and half times more. This cancer risk ration is the similar for kitchen.

In this study, diagnostic rates determination is aim. In summer and autumn term, diagnostic rates said that pollutant source belongs to burning origin.

TEŐEKKÜR

Yüksek lisans eğitimi ve tez çalışmalarım boyunca bana rehberlik edenve sabretmeyi öğreten danışman hocam Sayın Doç Dr. Fatma ESEN'e,

Deneysel çalışmalarımın sonuçlarının okunması sırasındaki katkılarından dolayı Doç. Dr. Perihan B. KURT KARAKUŞ'a,

Cihazların yerleştirilmesi ve numunelerin toplanması sırasında bana evlerini açan değerli ev sahiplerine,

Laboratuvar çalışmalarımda en büyük katkıları olan ve ihtiyaç duyduğum her anda yardımına koŐan AraÇ. Gör. Ahmet Egemen SAKİN, Gül OĞUZ, Mine EVCİ ve Nihan DURAK'a,

Yüksek Lisans eğitimim boyunca işten izin alarak gittiğim zamanlarda bile hiçbir şekilde maddi ve manevi desteğini benden esirgemeyen patronum Ulvi İSLAMOĞLU'na,

Hayatıma girerek bana en özel değeri veren ve her zaman yanımda olan, tam pes etmek üzereyken elimden tutup tekrar aynı şevkle devam etmem gerektiğini hatırlatan biricik eşim Mehmet Ali KAYIKÇI'ya,

Bu günlere gelmemi sağlayan ve her konuda desteklerini esirgemeyen canım aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Gizem KAYIKÇI

21 Şubat 2017

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER DİZİNİ.....	3
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	5
1. GİRİŞ.....	6
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	8
2.1. PAH'ların Oluşumu.....	8
2.2 PAH'ların Kaynakları ve Kullanım Alanları.....	9
2.3. PAH'ların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	10
2.4. PAH'ların Sağlık Etkileri.....	12
2.4.1. Solunum Yoluyla PAH Maruziyeti.....	13
2.5. PAH'ların Atmosferik Konsantrasyonları.....	15
3. İÇ ORTAM HAVA KİRLİLİĞİ.....	16
3.1 Ülkemizde ve Yurt Dışında Yapılan Çalışmalar.....	16
4. MATERYAL VE METOT.....	20
4.1. Örnekleme Programı.....	20
4.2. Örnekleme Noktaları.....	20
4.3 Örnekleme.....	27
4.3.1. Pasif Hava Örnekleme Cihazı.....	27
4.4. Örneklerin Hazırlanması.....	30
4.4.1. Cam Malzemeler.....	30
4.4.2. Pasif Örnekleme Cihazlarının Hazırlanması.....	30
4.4.3. PÜK Disklerinin Hazırlanması.....	31
4.5. Ekstraksiyon ve Temizleme.....	31
4.6. Fraksiyonlarına Ayırma.....	33
4.7. PAH'ların Analizi.....	36
4.8. Kalite Güvenirlik/Kalite Kontrol.....	37
4.8.1 Standartlar.....	38
4.8.2 Şahitler.....	40
4.8.3 Bulunma Limitleri.....	40
4.9. Hesaplamalar.....	40
5. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	41

5.1. PAH Konsantrasyonları.....	41
5.1.1 Yaz Dönemi Ölçülen PAH Konsantrasyonları.....	42
5.1.1.1 Yaz Dönemi Oturma Odasında Ölçülen PAH Konsantrasyon Seviyeleri....	42
5.1.1.2 Yaz Dönemi Mutfakta Ölçülen PAH Konsantrasyon Seviyeleri.....	45
5.1.1.3 Yaz Dönemi Dış ortamda Ölçülen PAH Konsantrasyon Seviyeleri.....	49
5.1.2 Sonbahar Dönemi Ölçülen PAH Konsantrasyonları.....	53
5.1.2.1 Sonbahar Dönemi Oturma Odasında Ölçülen PAH Konsantrasyon Seviyeleri.....	53
5.1.2.2 Sonbahar Dönemi Mutfakta Ölçülen PAH Konsantrasyon Seviyeleri.....	577
5.1.2.3 Sonbahar Dönemi Dış Ortamda Ölçülen PAH Konsantrasyon Seviyeleri..	60
5.1.3 Mevsimsel PAH Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması.....	64
5.1.3.1 Yaz ve Sonbahar Dönemi Oturma Odasındaki PAH Konsantrasyon Seviyeleri.....	64
5.1.3.2 Yaz ve Sonbahar Dönemi Mutfaktaki PAH Konsantrasyon Seviyeleri.....	66
5.1.3.3 Yaz ve Sonbahar Dönemi Dış Ortamdaki PAH Konsantrasyon Seviyeleri..	69
5.1.4 İÇ/DIŞ PAH Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması.....	74
5.1.5 PAH'ların İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri.....	77
5.1.6 PAH'ların Kaynağının Belirlenmesinde Kullanılan Tanı Oranları.....	79
5.1.7 Temel Bileşen Analizi.....	79
6. SONUÇ.....	89
KAYNAKLAR.....	94
EKLER.....	111
ÖZGEÇMİŞ.....	112

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Etan ile başlayan PAH'ların pirosentezi.....	8
Şekil 4.1. Örnekleme Noktaları.....	21
Şekil 4.2. Mutfığa yerleştirilen pasif örnekleme noktası.....	24
Şekil 4.3. Oturma odasına yerleştirilen pasif örnekleme noktası.....	25
Şekil 4.4. Dış ortama yerleştirilen pasif örnekleme noktası.....	25
Şekil 4.5. Pasif örnekleme noktasının denge konumuna gelmesi.....	27
Şekil 4.6. Dış ortam pasif hava örnekleme noktası.....	29
Şekil 4.7. İç Ortam Pasif Hava Örnekleme noktası.....	30
Şekil 4.8. Ekstraksiyon için hazırlanmış olan Surrogate standardı.....	32
Şekil 4.9. Ekstraksiyon Düzenekleri.....	32
Şekil 4.10. Döner buharlaştırıcı ile hacim azaltma.....	32
Şekil 4.11. Temizleme kolonu.....	34
Şekil 4.12. Fraksiyon düzenekleri.....	35
Şekil 4.13. Azot gazı ile hacim azaltma.....	36
Şekil 4.14. GC-MS Cihazı.....	37
Şekil 5.1. Yaz dönemi oturma odalarındaki PAH bileşiklerinin ortalama konsantrasyonları.....	43
Şekil 5.2. Örnekleme noktalarının yaz döneminde oturma odalarında ölçülen Σ_8 PAH konsantrasyonları.....	44
Şekil 5.3. Yaz dönemi mutfakta ölçülen PAH bileşiklerinin ortalama konsantrasyonları.....	47
Şekil 5.4. Örnekleme noktalarının yaz döneminde mutfakta ölçülen Σ_9 PAH konsantrasyonları.....	48
Şekil 5.5. Yaz döneminde dış ortamdaki PAH bileşiklerinin ortalama konsantrasyonları.....	51
Şekil 5.6. Örnekleme noktalarının yaz döneminde dış ortamda ölçülen Σ_{10} PAH konsantrasyonları.....	52
Şekil 5.7. Sonbahar dönemi oturma odasındaki PAH bileşiklerinin ortalama konsantrasyonları.....	55
Şekil 5.8. Örnekleme noktalarının sonbahar döneminde oturma odasında ölçülen Σ_{11} PAH konsantrasyonları.....	56
Şekil 5.9. Sonbahar dönemi mutfaktaki PAH bileşiklerinin ortalama konsantrasyonları.....	58
Şekil 5.10. Örnekleme noktalarının sonbahar döneminde mutfakta ölçülen Σ_{10} PAH konsantrasyonları.....	59

Şekil 5.11.Sonbahar dönemi dış ortamdaki PAH bileşiklerinin ortalama konsantrasyonları.....	62
Şekil 5.12.Örnekleme noktalarının sonbahar döneminde dış ortamda ölçülen Σ_{10} PAH konsantrasyonları.....	63
Şekil 5.13. Oturma odasındaki ortalama PAH konsantrasyonlarının mevsimsel olarak karşılaştırılması.....	64
Şekil 5.14. Oturma odasındaki örnekleme noktalarına ait Σ_{11} PAH konsantrasyonların mevsimsel olarak karşılaştırılması.....	65
Şekil 5.15. Mutfaktaki ortalama PAH konsantrasyonlarının mevsimsel olarak karşılaştırılması.....	67
Şekil 5.16.Mutfaktaki örnekleme noktalarına ait Σ_{10} PAH konsantrasyonların mevsimsel olarak karşılaştırılması.....	68
Şekil 5.17.Dış ortamdaki ortalama PAH konsantrasyonlarının mevsimsel olarak karşılaştırılması.....	69
Şekil 5.18.Dış ortamdaki örnekleme noktalarına ait Σ_{10} PAH konsantrasyonların mevsimsel olarak karşılaştırılması.....	70
Şekil 5.19.Temel bileşen analizi kullanılarak yaz dönemi oturma odasından elde edilen PAH Bileşiklerinin göreceli bolluk yüzdeleri.....	86
Şekil 5.20.Temel bileşen analizi kullanılarak yaz dönemi mutfak örneklerinden elde edilen PAH Bileşiklerinin göreceli bolluk yüzdeleri.....	86
Şekil 5.21.Temel bileşen analizi kullanılarak yaz dönemi dış ortam örneklerinden elde edilen PAH Bileşiklerinin göreceli bolluk yüzdeleri.....	87
Şekil 5.22.Temel bileşen analizi kullanılarak sonbahar dönemi oturma odasından elde edilen PAH Bileşiklerinin göreceli bolluk yüzdeleri.....	88
Şekil 5.23.Temel bileşen analizi kullanılarak sonbahar dönemi mutfak örneklerinden elde edilen PAH Bileşiklerinin göreceli bolluk yüzdeleri.....	88
Şekil 5.24.Temel bileşen analizi kullanılarak sonbahar dönemi dış ortam örneklerinden elde edilen PAH Bileşiklerinin göreceli bolluk yüzdeleri.....	89

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Bazı PAH türlerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	11
Çizelge 2.2.PAH bileşiklerinin literatürde kullanılan TEF değerleri.....	13
Çizelge 4.1. Örnekleme noktalarına ait bilgiler.....	26
Çizelge 4.2. Surrogate standartlara göre verimleri hesaplanan PAH türleri	38
Çizelge 4.3.Yaz ve sonbahar dönemi iç ortam ve dış ortam örnekleri için hesaplanan surrogate verimleri.....	39
Çizelge 5.1.Yaz dönemi oturma odası örneklerindeki PAH bileşiklerine ait bulgular.....	42
Çizelge 5.2. Yaz dönemi mutfak örneklerindeki PAH bileşiklerine ait bulgular..	46
Çizelge 5.3. Yaz dönemi dış ortam örneklerindeki PAH bileşiklerine ait bulgular”	50
Çizelge 5.4.Sonbahar dönemi oturma odası örneklerindeki PAH bileşiklerine ait bulgular.....	54
Çizelge 5.5. Sonbahar dönemi mutfak örneklerindeki PAH bileşiklerine ait bulgular.....	57
Çizelge 5.6.Sonbahar dönemi dış ortam örneklerindeki PAH bileşiklerine ait bulgular.....	61
Çizelge 5.7.Çalışmada elde edilen Σ_{11} PAH konsantrasyonlarının literatür ile karşılaştırılması.....	72-73
Çizelge 5.8. Sonbahar ve yaz döneminde evlerin iç ortamlarında ve dış ortamında ölçülen Σ_{11} PAH konsantrasyonları ve Σ_{11} PAH konsantrasyonlarının birbirine oranları(I/O)	76
Çizelge 5.9.Örnekleme noktalarına ait PAH bileşiklerinin BaP _{eq} ekivalent konsantrasyon değerleri.....	78
Çizelge 5.10.Solunum yoluyla kanser potansiyel faktör değerleri.....	79
Çizelge 5.11. Solunum yoluyla maruziyet dozları.....	80
Çizelge 5.12. Kanser risk oranları	81
Çizelge 5.13. Mevsimlere göre solunum yoluyla maruz kalınan kanser potansiyelleri.....	82
Çizelge 5.14. Dış ortamdaki PAH’ların tanı oranları	83
Çizelge 5.15.Örnekleme noktalarına ait BaA/(BaA+Chr) oranları.....	84
Çizelge 5.16.Yaz dönemi iç ortam örneklerine ait PAH bileşiklerinin Temel Bileşen Analiz.....	86
Çizelge 5.17. Sonbahar dönemi iç ortam örneklerine ait PAH bileşiklerinin Temel Bileşen Analizi	87
Çizelge 6.1.Örnekleme noktalarına ait iç ve dış ortam toplam PAH konsantrasyonları.....	93

1. GİRİŞ

Nüfus artışı, sanayileşme ve trafiğin yoğunlaşması gibi antropojenik nedenlerle emisyonların atmosfere verilmesi, atmosferi kirletmekte ve kimyasını değiştirmektedir. Atmosfer, Poliaromatik Hidrokarbonlar (PAH'lar) gibi antropojenik yarı uçucu organik bileşiklerin taşınımı, çökmesi ve çevriminde önemli bir rol oynamaktadır (Hanedar, 2009).

Çevre ortamında 100'den fazla farklı PAH bileşiği bulunmaktadır. Onların spesifik karakteristikleri, yüksek uçuculukları, mutajen ve kanserojen özellikleri, rüzgar ile uzun mesafelere kolayca taşınabilmeleri çok küçük konsantrasyonlarda dahi PAH'ları önemli kirletici grubu kılmaktadır (Park ve diğ., 2002, Esen, 2006, Gaga, 2004). Bu özellikleri sebebiyle PAH'lar ABD'nin Temiz Hava Yasasında anılan 188 toksik hava kirletici listesinde yer almaktadır (NAQETR, 1996).

Kalıcı Organik Kirleticilerin (KOK) iç ve dış mekan hava ortamlarında belirlenmesine yönelik çalışmalara olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır. Bunun başlıca sebebi KOK'ların çevreye özellikle insan sağlığı üzerine olan olumsuz etkilerinin yapılan çalışmalarla ortaya konulmasıdır. KOK sınıfında yer alan ve Stockholm Sözleşmesi kapsamında bulunan KOK'ların iç mekanda belirlenen seviyeleri örnekleme bölgesinin özelliğine bağlı olarak dış mekan konsantrasyonlarından çok daha yüksek seviyelerde ortaya çıkabilmektedir. Zamanlarının büyük çoğunluğunu iç mekan ortamlarında geçiren insanlar için iç mekan havasının teneffüsü yoluyla PAH'lara ve PCB'lere maruziyet dış mekan ortamı vasıtasıyla maruziyete göre çok daha önemli seviyelere ulaşabilmektedir.

Kalıcı organik kirleticiler (KOK'lar) ve yarı uçucu organik bileşiklerin (YUOB) hava konsantrasyonlarının belirlenmesinde özellikle aktif ve pasif örnekleyici teknikleri kullanılmaktadır. Bu örnekleme tekniklerinden ucuz olan, insan gücü gerektirmeyen ve işletimi kolay bir yöntem olması sebebiyle pasif hava örnekleyiciler (PHÖ'ler) günümüzde daha çok tercih edilmektedir (Cupr ve diğ., 2006, Fan ve diğ., 2006). PAH'lar; kalıcıdır, organik ve kirleticidir. Ancak Stockholm Sözleşmesinde geçmediklerinden dolayı resmi olarak KOK değildir.

Bu çalışma ile Bursa ilinde PAH'ların iç ve dış ortam PAH konsantrasyon seviyeleri belirlenmiştir. Bu kapsamda Bursa ili sınırları içinde kalan 12 adet evin iç ortamından ve aynı zamanda 6 evin de dış atmosferinden PAH örnekleme yapılmıştır. Örnekleme,

havaaların sıcak olduğu, kapı ve pencerenin açıldığı yaz sezonu ile havaaların soğuk olduğu kapı ve pencerenin kapalı tutulduğu sonbahar dönemini kapsamaktadır.

Örnekler, çalışma alanı olarak seçilen Bursa şehrinde bulunan toplam 12 adet evin oturma odası ve mutfaklarından pasif örnekleme yöntemi ile toplanmıştır. Yaz döneminde 12 adet evin oturma odası ve mutfağından olmak üzere toplam 24 adet iç ortam hava numunesi ve belirlenen 6 adet evden dış ortam hava numunesi toplanmıştır. Sonbahar dönemi 9 adet evin oturma odası ve mutfağından olmak üzere 18 adet iç ortam hava numunesi ve 5 adet evin de dış ortamından hava numunesi toplanarak PAH'ların mevcut durumlarının tespiti amaçlanmıştır. Bu amaca ulaşabilmek için belirlenen hedefler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

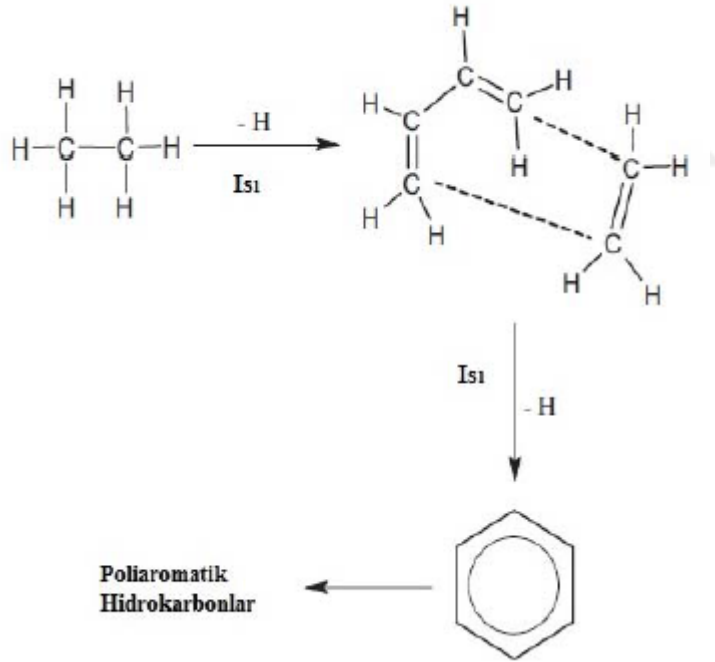
- Dış ortam hava örneklemesinde yaygın olarak kullanılan poliüretan köpük (PÜK) disklerin iç ortam pasif hava örnekleme (PHÖ) tekniği ile hava numunesi toplanmasında uygulanması,
- Bursa İli'nde belirlenen noktalardaki iç mekan örnekleme noktalarının birbirleri ile kıyaslanması,
- Bursa İli'nde iç mekan hava örneklerinde PAH konsantrasyonlarının yaz ve sonbahar mevsimlerinin karşılaştırılması,
- İç ve dış mekan havasında ölçülecek PAH'ların genel profili ve iç mekan ile dış ortam arasında PAH türlerinin dağılım profillerinin belirlenmesi,
- Bursa'da PAH'lar için elde edilecek iç mekan hava konsantrasyon değerlerinin literatür değerleri ile karşılaştırılması yapılarak mevcut seviyenin ortaya koyulması,
- PAH'ların insan sağlığına etkilerinin ve kanser riskinin belirlenmesi,
- PAH'ların tanı oranlarının belirlenmesi,
- Tanı oranları kullanılarak Temel Bileşen Analizi (PCA) ile PAH kaynaklarının belirlenmesi hedeflenmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1 PAH'ların Oluşumu

PAH'lar genel olarak oksijenden yoksun koşullar altında doymuş hidrokarbonlardan sentez olurlar. Piro-sentez ve piroliz PAH oluşumuna neden olan iki temel mekanizmadır (Ravindra ve diğ., 2008).

Genel olarak düşük molekül ağırlıklı hidrokarbonlardan PAH'ların oluşumu pirosentez mekanizması ile olur. Sıcaklık 500°C'yi geçtiğinde, karbon-hidrojen ve karbon-karbon bağları koparak serbest radikaller oluşur. Bu radikaller asetilen oluşturmak için birleşirler ve böylece termal degradasyona daha dayanıklı olan yoğun aromatik yapılar oluşur. Şekil 2.1'de bu tür halkaların etandan itibaren oluşumu gösterilmiştir. Piro-sentez ile hidrokarbonların halka yapısını oluşturma eğilimindeki artış şu sıradadır; aromatikler>sikloolefinler>olefinler>parafinler (Ravindra ve diğ., 2008).



Şekil 2.1. Etan ile başlayan PAH'ların pirosentezi

PAH'lar kömür, akaryakıt, odun gibi maddelerden enerji elde edilirken yanma ya da tam yanmama sonucu oluşur. Bu nedenle bu maddeler atmosferde sürekli bulunurlar (Seifert, 1986). Çevresel etmenlerle havadaki oranları farklılık gösterir.

Antropojen etkilerle meydana gelen PAH birikiminin yanı sıra topraklarda doğal yollarla da PAH oluşabilmektedir. Aromatik bileşikler toprağın organik bünyesinde doğal olarak bulduklarından belirli koşullar altında PAH'lara dönüşebilmektedir (Ellwardt, 1976).

Doğada 100'ün üzerinde PAH bileşiği mevcuttur. Ancak Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Birimi (United States Environmental Protection Agency, US-EPA) tarafından bunların 16 tanesi öncelikli kirleticiler arasında sayılmıştır (EPA, 1999).

Çizelge 2.1'de yer alan bileşiklerin öncelikli kirleticiler arasında sayılmasının nedenleri olarak ise;

1. Bu bileşikler hakkında diğerlerine göre daha fazla bilgiye sahip olunması,
2. Söz konusu PAH'ların daha fazla zararlı olduklarından şüphelenilmesi ve bunların zararlı etkilerinin gösterilmesi,
3. Söz konusu PAH'lara maruz kalma riskinin diğerlerinden daha çok olması,
4. Amerika'daki ulusal öncelikler listesinde (National Priorities List, NPL) bulunan atık alanlarında yapılan analizlerde en yüksek oranlarda bu PAH'ların belirlenmesi sayılabilir (ATSDR, 1995).

2.2 PAH'ların Kaynakları ve Kullanım Alanları

Atmosferik PAH'ların en önemli kaynakları yanma prosesleri ile karbon ve hidrojen içeren maddelerin pirolizidir. Bu tür işlemlerin yapıldığı ortamlarda çalışanlar yüksek miktarda PAH'lara maruz kalmaktadırlar. Bir bölgede tespit edilen PAH emisyonlarının genel olarak 5 temel kaynağı vardır (EU, 2001; Harrison ve diğ., 1996). Bunlar; evsel kaynaklar, endüstriyel kaynaklar, ulaşım, zirai ve doğal kaynakalar ve taşınımdan kaynaklanan emisyonlardır.

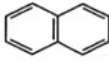
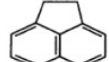
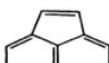
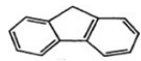

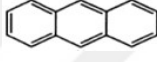
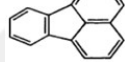
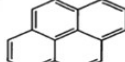
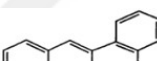
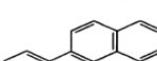
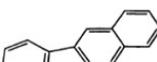
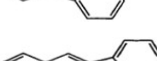
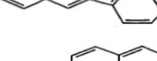
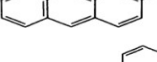
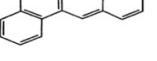
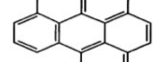
PAH'ların doğal kaynakları olarak orman yangınları, volkanik faaliyet ve şimşek çakması gibi faaliyetler örnek gösterilmektedir. Volkanik faaliyetler oldukça büyük miktarda PAH emisyonunun atmosfere karışmasına sebep olmaktadır (Ravindra ve diğ., 2008).

Binaların ısıtılmasında hala kömür ve odun yakılmaktadır. Bu yanmalarda yüksek oksijen varlığında ve düşük tutuşma sıcaklığı nedeni ile yakıt ve havadaki zayıf karışımlara rağmen yine de organik bileşenler oluşmaktadır. Davies ve arkadaşları, 1992 yılında evde kullanılan yakıtlarda PAH oluşma faktörlerini çalışmış ve evlerde oluşan PAH'ların endüstride oluşandan daha önemli olduğunu bulmuştur. Bazı araştırmacılar evde yakılan odun parçaları, çeşitli odun tipleri ve gazete yakılmasından oluşan PAH'ları karşılaştırmış ve odunun gazeteye göre daha mutajenik PAH oluşturduğunu gözlemlemiştir.

2.3. PAH'ların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

PAH'ların fiziksel ve kimyasal karakteristikleri moleküler ağırlıklarına göre farklılık göstermektedir. Örneğin, PAH'ların oksidasyon, indirgenme ve buharlaşmaya karşı olan dirençleri moleküler ağırlığın artması ile artarken sudaki çözünürlükleri azalmaktadır (Sverdrup ve diğ. 2003). PAH'lar fiziksel, kimyasal ve biyolojik karakteristiklerine göre iki gruba ayrılırlar. Düşük moleküler ağırlıklı PAH'lar (2 ila 3 halkalı olan PAH türleri örneğin Naftalin, Floren, Fenantren ve anthracene gibi) aquatik ortamda önemli ölçüde akut toksisiteye sebep olurken, yüksek moleküler ağırlıklı PAH'lar yani 4 ila 7 halkalı olanlar (örneğin Krisen ve coronene) toksisiteye sebep olmamaktadır. Fakat yüksek moleküler ağırlığa sahip birçok PAH türü kanserojen olarak bilinmektedir (Zander 1983, Mackay ve diğ. 1992). Bazı PAH türlerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri, kısaltmaları ve formül yapısı Çizelge 2.1.'de verilmektedir.

Çizelge 2.1.Bazı PAH türlerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri (WHO1998, EPA 2003)

PAH bileşikleri	PAH'ların Kısaltmaları	PAH'ların Formül Yapısı	Molekül Ağırlık	Erime Noktası (°C)	Log Kow	Sudaki Çözünürlük (mg/L)
Naftalin	NAP		128,2	79-82	3,5	320
Asenaften	ACT		152,2	95	3,95	5,3
Asenaftelen	ACE		152,2	72-82	3,94	3,93
Floren	FLN		166,2	115-116	4,08	1,85
Fenantren	PHE		178,2	99	5,62	1,24
Antrasen	ANT		178,2	218	5,33	0,64
Floranten	FL		202,3	110	4,62	0,25
Piren	PY		202,3	156	4,47	0,14
Benzo(a)Antrasen	BaA		228,3	158	5,30	0,01
Krisen	CHR		228,3	255	5,30	0,002
Benzo(b)Floranten	BbF		252,3	168	5,74	-
Benzo(k) Floranten	BkF		252,31	215	6,06	-
Benzo(a)Piren	BaP		252,3	179	5,74	0,0038
Benzo(g,h,i)perilen	BghiP		276,3	273	6,20	0,00026
Dibenzo (a,h)antrasen	DahA		278,35	262	6,84	0,0005
Indeno(1,2,3-c,d)piren	IcdP		276,3	163	6,20	çözünmez

2.4. PAH'ların Sağlık Etkileri

İnsanlar, içinde bulunduğu ortamın ısı özellikleri açısından konforlu olmasını isterler. Aslında sadece ısı konforu, sağlıklı ortamlar için yeterli değildir. Isı konforu, hastalıklara sebep olan bakteri ve kirleticilerin varlığını da dikkate alan iç hava kalitesinin bir parçasıdır. Yüksek değerlerdeki hastalık vakaları ve artan devamsızlık (görev yerinde olamamak) iç ortam hava kalitesi açısından binanın tümü hasta olarak kabul edilebilir. Daha geniş bir kapsamda, ergonomi, aydınlatma ve akustik gibi parametreler de hava kalitesi algılamasına etki edebilmektedir.

İyi bir hava kalitesi, sadece konfor için değil sağlık ve verimlilik için de gereklidir. Son zamanlarda yapılan bağımsız birçok çalışma iç hava kalitesinin ofis çalışanlarının verimi üzerine önemli ve olumlu bir etkisi olduğunu göstermiştir (Fanger, 2004).

PAH'lar yağ dokularında çözünebilenlerinden biyoakümülyasyon vasıtasıyla besin zincirine girebilmektedirler. Özellikle Benzo(a)Antrasen, Krisen, benzo(b+k)Floranten ve Benzo(a)Piren insanlar üzerinde olası kanserojenik etkileri olan PAH bileşikleriyolarak bilinmektedirler (Gaga, 2004).

PAH'lar yağ içeren bütün vücut dokularına girebilir, çoğunlukla karaciğer, yağ ve böbrekte depolanma eğilimindedir. Küçük miktarları adrenalin bezlerinde, yumurtalıklarda ve dalakta depolanmaktadır (ATSDR, 1995).

Bazı PAH bileşikleriy ve bunların metabolitleri hücre bölünmesini kontrol eden mekanizmalar üzerinde onarılamaz hasarlara yol açarak balık ve memelilerde tümör oluşumuna, dolayısıyla kansere yol açmaktadırlar. PAH'ların kanserojenik potansiyeli nedeni ile yüksek miktarda cilt ve akciğer kanseri görülmektedir (Mastral ve diğ, 2000).

EPA, PAH'ların insan maruziyeti üzerindeki etkisini kanserojenik olan ve olmayan olmak üzere iki ana grupta incelemiştir. Kanserojenik olan 7 PAH türü Benzo(a)Antrasen, Krisen, Benzo(b)Floranten, benzo(k)Floranten, Benzo(a)Piren, indeno(1,2,3-cd)piren ve dibenzo(a,h)antrasen'dir. Bu kimyasallardan toksisite özelliği iyi tespit edilmiş olan Benzo(a)Piren çalışmamızda referans bileşik olarak kullanılmıştır (EPA, 1984).

PAH'ların sağlık riski değerlendirmesi Toksik Ekivalent Faktör (TEF) değerleri (Çizelge 2.2) kullanılarak hesaplanmaktadır. Literatürde en fazla kullanılan Nisbet ve LaGoy (1992)'un TEF değerleridir. Bu değerler ile PAH konsantrasyonları çarpılarak BaP ekivalent konsantrasyon değerleri Denklem 2.1'deki gibi elde edilir (Petry ve diğ. 1996, Cheng ve diğ. 2013).

$$\Sigma \text{BaP} = \Sigma (\text{Cn} * \text{TEFn}) \quad (2.1)$$

ΣBaP : Toplam toksisite denklik konsantrasyonu (ng/m^3)

Cn : Örnekteki her bir PAH türüne ait konsantrasyon (ng/m^3)

TEFn : Örnekteki her bir PAH türü için toksisite denklik faktörü (birimsiz)

Çizelge 2.2. PAH bileşiklerinin literatürde kullanılan TEF değerleri

PAH	EPA (1984)	Nisbet ve LaGoy (1992)	Malcolm ve Dopson (1994)	McClure ve Schoeny (1995)
Naftalin; NAP	0	0,001	0,001	-
Asenaften; ACT	0	0,001	0,001	-
Asenaftelen; ACE	0	0,001	0,001	-
Floren; FLN	0	0,001	0,001	-
Fenantren; PHE	0	0,001	0,001	-
Antrasen; ANT	0	0,01	0,01	-
Floranten; FL	0	0,001	0,001	-
Piren; PY	0	0,001	0,001	-
Benzo(a)Antrasen; BaA	1	0,1	0,1	0,1
Krisen; CHR	1	0,01	0,01	0,1
Benzo(b)Floranten; BbF	1	0,1	0,1	0,1
Benzo(k) Floranten; BkF	1	0,1	0,1	0,1
Benzo(a)Piren; BaP	1	1	1	1
Indeno(1,2,3-c,d)piren; IcdP	1	0,1	0,1	0,1
Dibenzo (a,h)antrasen; DahA	1	1	1	,
Benzo(g,h,i)perilen; BghiP	0	0,01	0,01	-

Bireylerin PAH'lara solunum yoluyla maruziyetini belirlemek amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 1 ng/m³ BaP konsantrasyonuna bir ömür boyu (70 yıl) maruziyet için birim riski 8,7x10⁻⁵ (ng/m³)⁻¹ olarak önermiştir. (WHO, 1987). EPA'nın rehberliğinde akciğer kanseri risk değerlendirmesi denklem 2.2'deki gibi hesaplanmaktadır (EPA, 2009).

$$\text{Risk} = \text{IUR} \times \text{EC} \quad (2.2)$$

IUR: Birim solunum riski (8,7x10⁻⁵ (ng/m³)⁻¹)

EC : Maruziyet konsantrasyonu, ($\Sigma\text{BaP}_{\text{eq}}$, (ng/m³))

2.4.1 Solunum Yoluyla PAH Maruziyeti

PAH'ların sağlık risk değerlendirmesi için çeşitli yöntemler mevcuttur. Bu çalışmada solunum yoluyla maruziyet için hesaplamalar yapılmıştır. Solunum hızı, kirleticinin havadaki konsantrasyonunun bir fonksiyonudur ve aşağıdaki şekilde hesaplanır (Lehmann ve diğ., doi:10.1289/ehp.1408564):

$$\text{ADD} = \text{C} * \text{IR} * \text{F} * \text{CF}_1 * \text{Ab}_{\text{Shava}} / \text{BW} \quad (2.3)$$

Burada;

ADD = Birim vücut ağırlığı başına günlük ortamala maruziyet dozu ($\mu\text{g}/\text{kg}\text{-gün}$)

C = Kirletici konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{g}$ veya ng/m³)

IR = Solunum oranı (6-12 yaş için 12 m³/gün, yetişkinler için 15,9 m³/gün (USEPA, 2011))

F = İç ortamda harcanan zaman yüzdesi (birimsiz, 6-12 yaş için 0,91, yetişkinler için 0,80)

CF₁ = Dönüşüm faktörü ($\mu\text{g}/1000$ ng)

Ab_{Shava} = Solunum için göreceli absorpsiyon faktörü (birimsiz, 0,9 (Hanedar 2009))

BW = Vücut ağırlığı (6-12 yaş için 31,8 kg, yetişkinler için 80 kg (USEPA 2011)).

Hesaplanan ortalama solunum maruziyet dozu (mg/kg-gün) ile kanser potansiyel faktörünün ((mg/kg-gün)⁻¹) çarpımı birimsiz bir değer olan solunum kanser riskini verir (Hanedar, 2009).

$$\text{Kanser riski} = (\text{Solunum Dozu (mg/kg-gün)}) \times (\text{Kanser Potansiyeli (mg/kg-day)}^{-1}) \quad (2.4)$$

2.5. PAH'ların Atmosferik Konsantrasyonları

Dünya'nın farklı bölgelerinde pek çok araştırmacı atmosferik PAH konsantrasyonlarının belirlenmesi, gaz-partikül dağılımlarının incelenmesi ve bu bileşiklerin kaynaklarının belirlenmesine yönelik çalışmalar yapmakta ve bulgularını yayınlamaktadırlar. Araştırmalar genelde atmosferik PAH bileşiklerinin yüksek konsantrasyonlarda olduğundan şüphelenilen trafiğin ve nüfusun yoğun olduğu, aynı zamanda petrol çıkarma veya işleme endüstrilerinin, kok tesisleri ve alüminyum üretim tesislerinin, evsel ısınmada kömür tüketilen ve hava kirliliğine bağlı sağlık şikayetlerinin yüksek olduğu bölgelerde yoğunlaşmaktadır. Bu araştırmalar yapıldığı yerdeki nüfus, sanayi, iklim, sosyo ekonomik koşullar gibi parametrelere bağlı olarak farklı yöntemler ve sonuçlar içerseler de sonuç olarak bölgedeki insanların atmosferik PAH bileşiklerine ne derecede maruz kaldıklarını ortaya çıkartmaya yöneliktirler (Park ve diğ., 2002; Tsapakis ve diğ., 2005; Vasilakos ve diğ., 2007; Ravindra ve diğ., 2008) .

Park ve arkadaşlarının 2002 yılında Teksas'ta kensel alanda yaptıkları çalışmada \sum_{16} PAH konantrasyon değeri 0,13 ile 56,6 arasında bulunmuştur.Park ve arkadaşları (2002) en yüksek PAH konsantrasyonunu kış sezonunda tespitetmişlerdir. Rüzgar hızı ve bağıl nem gibi meterolojik parametrelerle PAHkonsantrasyonu arasında herhangi bir korelasyon tespit etmemişler, sıcaklıkla PAHkonsantrasyonu arasındaki korelasyon ise yüksek sıcaklıklarda PAH konsantrasyonuile ters orantılı olduğunu belirlemişlerdir.

3. İÇ ORTAM HAVA KİRLİLİĞİ

İç ortam havası; konut, işyeri ve okul gibi binalar içinde yer alan hava olarak ifade edilebilir (Alyüz, 2006; Stellman ve diğ., 1998; TS, 1997). İç ortam hava kirliliği ise sözü geçen ortamlarda sağlığa zararlı solunabilir maddelerin yer almasıdır. Solunabilir maddeler toz, gaz, buhar şeklinde olabilir.

İç ortama ait hava kalitesi verileri aktif örnekleme tekniğinin pahalı ve iç ortam için gürültülü olmasından dolayı az ya da eksiktir. Ucuz ve örneklemenin kolay olmasından dolayı pasif örnekleme teknikleri aktif örneklemeğe göre iç ortam için daha uygun olabilmektedir. PAH'lar, poliklorlu bifenilleri (PCB'ler), polibromlu difeniletler (PBDE'ler) ve organoklorlu pestisitler (OCP) gibi pek çok KOK kimyasalı bir çok çalışma kapsamında dış ortam havasında belirlenmiştir (Pekey ve diğ., 2007; Çetin ve Odabaşı, 2008; Bozlaker ve diğ., 2008; Cindoruk ve diğ., 2008; Esen ve diğ., 2010; Gaga ve Arı, 2011). Bununla birlikte, söz konusu kimyasalların iç mekan ortamlarında varlığı ile ilgili çalışmaların sayısı çok kısıtlı ve insanların iç mekanlar vasıtasıyla bu kimyasallara maruziyetine dair veri eksikliği bu alandaki en büyük bilgi boşluklarından birini oluşturmaktadır (Bohlin ve diğ., 2008).

3.1 Ülkemizde ve Yurt Dışında Yapılan Çalışmalar

İnsanlar zamanlarının büyük bir bölümünü iç ortamda geçirdiklerinden dolayı PAH'lara maruziyetini değerlendirmek önem arz etmektedir. İnsanların maruz kaldıkları özellikle iç ortam PAH türleri ve seviyelerini belirlemek gerekmektedir. İç ortam PAH konsantrasyonları ile ilgili ülkemizde ve yurt dışında yapılan birçok çalışma bulunmaktadır.

Son yıllarda, iç ortam hava kalitesinin insan sağlığı üzerine olan etkileri giderek artan ilgi görmektedir. Pek çok kaynaktan iç ortam havasına yayılan kirleticiler akut ve kronik sağlık sorunlarına sebep olmaktadır. Birleşmiş Milletler'de yapılan bir araştırmaya göre insanlar bir günlük zamanın %90'ini binalarda geçmektedir (Robinson ve Nelson, 1995). Bu değer göz önüne alındığında iç ortam hava kalitesinin önemi daha çarpıcı hale gelmektedir.

Zhang ve arkadaşlarının (2012) Çin’de yaptıkları çalışmada, evlerin iç ortam havasında solunabilen partiküler PAH’ların insan sağlığına zararlı olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada EPA tarafından belirlenen öncelikli 16 adet PAH’ın toplam konsantrasyonu $28,9 \pm 10 \text{ ng/m}^3$ ve ortalama benzo(a)piren eşdeğer konsantrasyonu $4,1 \pm 1,6 \text{ ng/m}^3$ olarak bulunmuştur.

1999-2000 yılları arasında Çin’de 6 farklı mutfaktan alınan örneklere ilişkin çalışma Zhu ve arkadaşları (2014) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma boyunca mutfakta gerçekleştirilen farklı pişirme aktiviteleri sonucundaki PAH konsantrasyon seviyeleri belirlenmiştir. Yapılan çalışmada farklı yağ dumanlarının PAH konsantrasyon seviyelerine etkisi domuz yağı>soya fasulyesi yağı>kolza yağı olarak tespit edilmiştir.

Taipei şehrinde yaz ve kış sezonlarında 15 PAH türü 14 tane evin iç ve dış ortamından eş zamanlı olarak örneklenmiştir (Li ve Ro, 2000). PAH’ların geometrik ortalama değerleri iç ortam için 267 ng/m^3 , dış ortam için ise 209 ng/m^3 olarak rapor edilmiştir. Ayrıca evler tütsü yakılan ve yakılmayan olmak üzere 2 gruba ayrılmış olup tütsü kullanılan evlerdeki sonuçların %40 fazla olduğu ve tütsü ile alakalı PAH türleri olan FL, Pyr, BaP ve BghiP’in ağırlıkta olduğu görülmüştür. Tütsü yakılmayan evlerde ise trafikten kaynaklanan PAH bileşikleri yoğun olarak tespit edilmiştir.

Bohlin ve arkadaşları (2008) 4 farklı bölgede 13 PAH türü için iç ve dış ortam hava örnekleme yapmışlardır. Mexico şehir merkezinde ortalama PAH konsantrasyonları iç ortam için 34 ng/m^3 , dış ortam 47 ng/m^3 , yarı kırsal bölgede iç ortam 25 ng/m^3 , dış ortam 82 ng/m^3 değerlerini almıştır. İsviçre’nin Gothenburg şehrinde yapılan ölçümlerde iç ortam için 69 ng/m^3 , dış ortam için 37 ng/m^3 değerleri elde edilmiştir. Aynı çalışma kapsamında İngiltere’nin Lancaster şehrinde yapılan ölçümlerden de iç ortam için 30 ng/m^3 , dış ortam için $6,8 \text{ ng/m}^3$ değerleri rapor edilmiştir. Yapılan bu çalışmada iç ortamdaki PAH konsantrasyon değerlerinin dış ortama göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Krugly ve arkadaşları (2013) tarafından ilkokulların iç ve dış ortamlarında PAH örnekleri toplanmıştır. İç ortam partikül fazdaki 15 PAH bileşimine ait konsantrasyon değerleri 20,3 ile $131,1 \text{ ng/m}^3$ arasında bulunmuştur. Dış ortam partikül fazındaki $\sum_{15}\text{PAH}$ konsantrasyonu ise 40,7- $121,2 \text{ ng/m}^3$ olarak elde edilmiştir. Bu çalışmada iç

ortam PAH konsantrasyon değerlerinin diş ortam değerlerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

İç ortamlarda sigaradan kaynaklanan PAH'ların tespiti üzerine yapılan bir çalışmada PAH'ların seviyeleri, buldukları fazları ve sağlık üzerine etkileri araştırılmıştır. 2009 yılı kiş ayları boyunca Porto'daki iki evden örnekler toplanmıştır. Bu evlerden birinde sigara kullanılmazken diğerinde sigara kullanımı söz konusu olmuştur. Bu çalışmada her iki noktadaki PAH seviyelerinin tespiti amaçlanmıştır. Sigara içilen evdeki toplam PAH konsantrasyonu ortalama $66.7 \pm 25.4 \text{ ng/m}^3$, sigara içilmeyen evdeki ise ortalama $34.5 \pm 16.5 \text{ ng/m}^3$ bulunmuştur. Tütün sigarası kullanılan evde PM10 ve PM2,5 konsantrasyonlarında sırasıyla %260 ve %290 artış gözlenmiştir. Sigara içilen ev, iilmeyene göre 18 PAH türü için %95 oranında kirletici etkisi daha yüksek bulunmuştur (Castro ve diğ., 2011).

Menichini ve arkadaşları (2007) tarafından Roma'da i (sigara içilmeyen 8 evden örnek alınmış) ve diş ortam havasında PAH, PCB rnekleme yapılmış, kanserojen PAH bileşiği olan BaP iç ortamda $0,1-4,6 \text{ ng/m}^3$, diş ortamda da $0,7-2,3 \text{ ng/m}^3$ olarak belirlenmiştir. Altı tane indikatör PCB bileşiği için ise diş ortam konsantrasyonu $0,1-1,6 \text{ ng/m}^3$, iç ortam konsantrasyonu da diş ortam konsantrasyonunun 2-50 kat fazlası bulunmuştur.

Masih ve arkadaşları (2009) bizim yapmış olduğumuz çalışmanın benzerini, 23 PAH türü için 10 ev seçerek i ve diş ortamda gerçekleştirilmiştir. Ölçümler için Hindistan'ın kuzey orta kesiminde yer alan kentsel ve yol kenarlarına yakın evler tercih edilmiştir.

Örnekleme kış mevsiminde yapılmıştır (Kasım 2006- şubat 2007). Kentsel alanlarda ölçülen toplam ortalama PAH konsantrasyon değerleri mutfakta $1946,84 \text{ ng/m}^3$, oturma odasında $1666,78 \text{ ng/m}^3$ ve diş ortamda $1212,57 \text{ ng/m}^3$ olarak hesaplanmıştır. Yol kenarlarına yakın evlerden alınan toplam ortalama PAH konsantrasyonları ise mutfak, oturma odası ve diş ortam için sırasıyla $2824,87 \text{ ng/m}^3$, $2161,26 \text{ ng/m}^3$, $3294,28 \text{ ng/m}^3$ olarak hesaplanmıştır. Kentsel alanda yer alan evlerdeki ölçümlerde ortalama PAH konsantrasyonları mutfak > oturma odası > diş ortam olmasına rağmen yol kenarındaki evlerde yapılan ölçüm sonuçları diş ortam > mutfak > oturma odası olarak rapor edilmiştir.

Kang ve arkadaşları 2015 yılında Çin'in Hunan eyaletinin iç ve dış ortam havasındaki PAH konsantrasyonlarının kanser riskleri üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada iç ortam örnekleri için 5 farklı evde kullanılan süpürge makinesinden dış ortam için belirlenen evlerin yakınında bulunan 6 farklı yol yüzeyinden örnekler alınmıştır. Yapılan çalışmada çocukların kansere yakalanma riski yetişkinlere oranla saha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çetin ve Odabaşı tarafından (2011) İzmir'de iç ve dış ortamda pencere camı yüzeyindeki biriken tozlarda PBDE ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Toplam 7 tür PBDE'yi içeren çalışmada iç ortam konsantrasyonu 99 ng/m², dış ortam konsantrasyon değeri de 64 ng/m² olarak tespit edilmiştir.

Sofuoğlu ve arkadaşları (2010) İzmir'de iç ortam havasında (ilkokul ve kadınlara ait spor merkezinde) yarı uçucu organik bileşiklerden olan sentetik musk bileşikleri üzerine çalışma yapmışlardır. İlkokullarda hesaplanan uçucu organik bileşiklere ait konsantrasyon değerlerinin spor merkezinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Esen ve arkadaşlarının Ağustos 2004 ve Nisan 2005 arasında yaptığı çalışmada, Bursa'nın Gülbahçe semtinde PAH konsantrasyonları ölçülmüştür. Ölçülen PAH konsantrasyonları ısınma sezonu ve ısınma olmayan sezona göre sınıflandırılmıştır. Isınma sezonundaki PAH konsantrasyonları, ısınma olmayan sezona göre 10 kat yüksek bulunmuştur. Diagnostik oranları ve faktör analizi, ısınma sezonunda, yerleşim bölgesindeki emisyonlarla birlikte trafiğin de PAH konsantrasyonlarını önemli ölçüde etkilediği sonucunu ortaya koymuştur (Esen, ve diğ., 2008).

Vardar ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, Bursa ilinde kırsal bölgede PAH'ların atmosferik konsantrasyonları ve gaz-partikül dağılımları üzerine ısınmanın etkisini araştırmışlardır. Isınmanın olduğu dönemde PAH konsantrasyonları, ısınma olmayan döneme göre 10 kat daha yüksek bulunmuştur. Isınma olmayan dönemde PAH'ların gaz-partikül dağılımlarının hava parseli hareketlerine göre değişim gösterdiği bulunmuştur (Vardar ve diğ., 2008).

Bu çalışma ile dış ortamdaki PAH'ların iç ortama katkısı ve iç ortamdan kaynaklanan PAH bileşiklerinin mevcutiyeti tespit edmeye çalışılmıştır. İç ortam havasının PAH'lar bakımından değerlendirilecek olması önemli bir veri eksikliğini tamamlamış olacaktır.

4. MATERYAL VE METOT

Çalışmada Bursa ilinde iç ve dış mekan hava örneklerinde PAH'ların belirlenmesi amacıyla pasif örnekleme metodu kullanılmıştır.

4.1. Örnekleme Programı

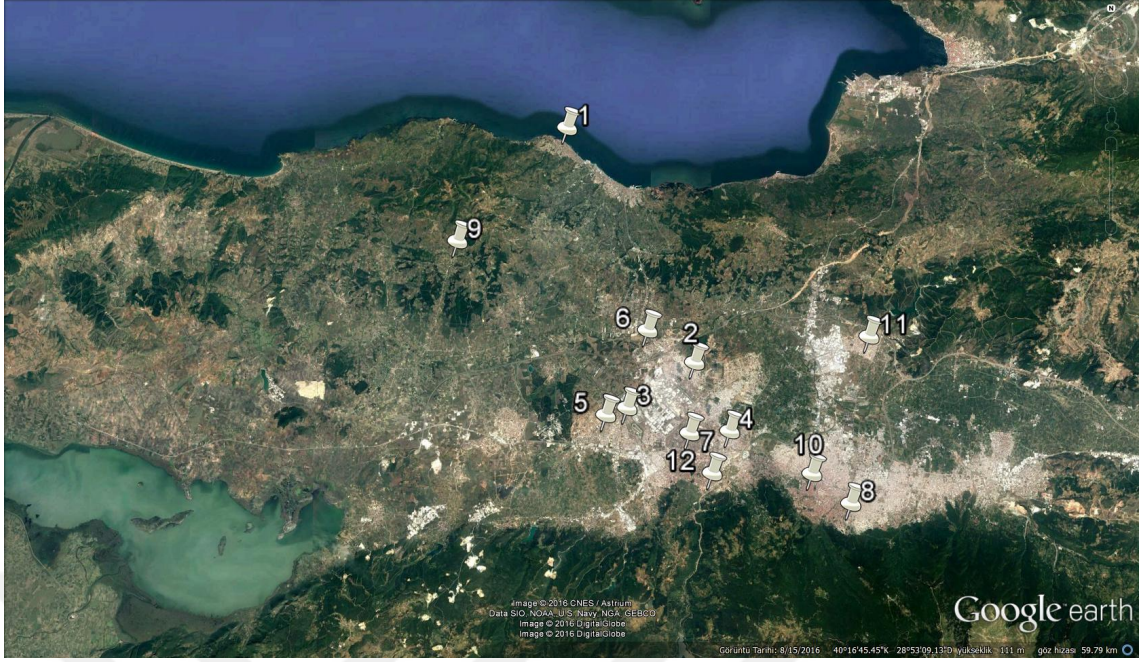
İç ve dış ortam hava örnekleri 18 Temmuz 2014 ile 1 Aralık 2014 tarihleri arasında Bursa İli'nin 12 farklı noktasında bulunan evlerden toplanmıştır. Örnekler, pasif örnekleme kullanılarak toplanmıştır. Dış ortama konulan pasif örnekleme cihazları yağıştan etkilenmeyecek şekilde yerleştirilmiştir. İç ortam örnekleme cihazları her bir evin oturma odası ve mutfağına yerleştirilmiştir.

4.2. Örnekleme Noktaları

Bu çalışma Bursa ili sınırları içerisinde farklı semtlerde yer alan toplam 12 adet evin iç ortam havasından ve belirlenen evlerin 6 tanesinin de dış ortam havasından örnek alınmasıyla gerçekleştirilmiştir.

Bursa ilini temsil etmesi amacıyla örnekleme noktalarının farklı lokasyonlar ve özelliklerde olmasına dikkat edilmiştir. Evler seçilirken örnekleme noktalarının anayola yakınlık ve uzaklık durumu göz önünde bulundurulmuştur. Örnekleme noktalarının seçim kriterleri arasında sigara kullanımı, ısınma türü ve trafik kaynağı da sayılabilir. Örnekleme noktaları Şekil 4.1'de yer alan Bursa haritasında gösterilmektedir. Örnekleme cihazları iç ortamlarda evin başlıca yaşam alanı olan oturma odası ve mutfağına, yerden yaklaşık 1,5 m yüksekliğe yerleştirilmiştir. Örnekleme cihazları yaklaşık 45 gün süreyle yerleştirildikleri ortamlarda bırakılmıştır.

İç ve dış ortam örnekleri ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde Mudanya, Yenibağlar mahallesi, Altınşehir mahallesi, Karaman mahallesi, 100. Yıl mahallesi, Balat, Ataevler mahallesi, Yıldırım, Dereköy, Selimiye mahallesi, Cumhuriyet mahallesi ve Çamlıca mahallesi noktalarındaki evlerden toplanmıştır.



Şekil.4.1. Örnekleme Noktaları

4.2.1. Örnekleme Noktalarının Özellikleri

Mudanyada’ki örnekleme noktası (örnekleme noktası:1) ($44^{\circ}71'62.42''K-65^{\circ}94'34.23''D$) ilçe merkezinde bulunmakta olup anayol üzerindedir. Örnekleme noktası apartman şeklindeki binanın 3. Katında bulunmaktadır. 100 m^2 lik örnekleme noktası doğalgaz ile ısınmaktadır. Evin mutfak ve salonu birlikte kullanılmaktadır. Örnekleme süresi boyunca oturma odasında sigara içilmiştir. Ailedeki yetişkin birey sayısı üçtür. Yaz dönemi örnekleme süresince 3 gün, sonbahar örnekleme süresince de 10 gün ev tamamen kapalı kalmıştır. Evin mutfak-salonuna, oturma odasına ve dış ortamına olmak üzere üç adet pasif örnekleme noktası yerleştirilmiştir.

Yenibağlar mahallesindeki örnekleme noktası (örnekleme noktası:2)($44^{\circ}57'66.96''K-66^{\circ}75'17.56''D$) arayol üzerinde kalmaktadır. Örnekleme noktası müstakil binanın 3. katındadır. 100 m^2 lik evde doğalgaz kullanılmaktadır. Evin mutfağında sigara içilmektedir. Ailede iki yetişkin bir bebek yaşamaktadır. Örnekleme süresince ev 15 gün kapalı kalmıştır. Eve mutfak, oturma odası ve dış ortam olmak üzere üç adet pasif örnekleme noktası yerleştirilmiştir.

Altınşehir mahallesindeki örnekleme noktası (örnekleme noktası:3) (44°54'23.53"K-67°07'77.52"D) anayoldan ve trafikten uzak bir noktadadır. Örnekleme noktası apartmanın ilk katındadır. 150 m²'lik örnekleme noktası doğalgazla ısınmaktadır. Camekânla kapatılmış mutfak balkonunda sigara içilmektedir. Ailede iki yetişkin bulunmaktadır. Ailede çalışan kişi sayısı da ikidir. Sonbahar örnekleme boyunca ev 10 gün kapalı kalmıştır. Ekim ayından itibaren mutfakta hava temizleme cihazı kullanılmıştır. Evin mutfak, oturma odası ve dış ortamı olmak üzere üç adet pasif örnekleme noktası yerleştirilmiştir.

Karaman mahallesindeki örnekleme noktası (örnekleme noktası:4) (44°53'54.78"K-66°97'85.18"D) anayola 100 m mesafede, ara yol üzerindedir. Örnekleme noktası apartmanın 4. katında bulunmaktadır. 125 m² lik örnekleme noktasında doğalgaz kullanılmaktadır. Evin içerisinde sigara içilmemektedir. Ailede iki yetişkin bulunmakta ve ikisi de çalışmaktadır. Örnekleme süresince ev 3 gün tamamen kapalı kalmıştır. Evin mutfak, oturma odası ve dış ortamı olmak üzere üç adet pasif örnekleme noktası yerleştirilmiştir.

100. Yıl mahallesindeki örnekleme noktası (örnekleme noktası:5) (44°54'24.94"K-66°19'29.78"D) arayola 50 m mesafededir. Örnekleme noktası apartmanın 11. katında bulunmaktadır. 240 m² lik örnekleme noktası doğalgazla ısınmaktadır. Evin içerisinde sigara içilmemektedir. Ailede iki yetişkin, 11 ve 15 yaşlarında da iki çocuk bulunmaktadır. Örnekleme süresince ev tamamen 18 gün kapalı kalmıştır. Evin mutfak ve oturma odasına pasif örnekleme noktaları yerleştirilmiştir.

Ahmet Yesevi Mahallesindeki örnekleme noktası (örnekleme noktası:6) (44°59'38.50"K-66°47'51.66"D) Mudanya yoluna 700 m ve arayola 20 m mesafededir. Örnekleme noktası apartmanın 2. katında bulunmaktadır. 240 m² lik örnekleme noktası doğalgazla ısınmaktadır. Evin içerisinde sigara içilmemektedir. Ailede iki yetişkin ve ikiz olan 9 yaşında iki çocuk yaşamaktadır. Ailede çalışan birey sayısı ikidir. Örnekleme süresince ev tamamen 15 gün kapalı kalmıştır. Pasif örnekleme noktaları evin mutfak ve oturma odasına yerleştirilmiştir.

Barış mahallesindeki örnekleme noktası (örnekleme noktası:7) (44°53'20.08"K-66°59'36.61"D) anayola 150 m mesafede arayol üzerindedir. Örnekleme noktası apartmanın 5. katında bulunmaktadır. 110 m² lik örnekleme noktası doğalgazla

ısınmaktadır. Evin mutfak balkonunda sigara içilmektedir. Ailede iki yetişin ve 9 yaşında bir çocuk yaşamaktadır. Ailede çalışan birey sayısı ikidir. Örnekleme süresince ev tamamen 28 gün kapalı kalmıştır. Pasif örnekleyciler evin mutfak ve oturma odasına yerleştirilmiştir.

Piremir mahallesindeki örnekleme noktası (örnekleme noktası:8) (40°10'32.01"K-29°4'49.96"D) anayol ve arayola yakındır. Örnekleme noktası apartmanın 3. katında bulunmaktadır. 90 m² lik örnekleme noktası doğalgazla ısınmaktadır. Evde sigara içilmemektedir. Ailede dört kişi yaşamakta olup çalışan kişi sayısı üçtür. Örnekleme süresince ev tamamen 5 gün kapalı kalmıştır. Pasif örnekleyciler evin mutfak, oturma odası ve dış ortamına yerleştirilmiştir. 8 nolu örnekleme noktasına ait yaz verileri alınmış olup sonbahar örnekleri analiz edilmemiştir.

Dereköy/Mudanya/BURSA adresinde arka plan olarak tercih edilen örnekleme noktası (örnekleme noktası:9) (44°64'63.86"K-65°29'41.26"D) trafikten uzak alanda tercih edilmiştir. Örnekleme noktası iki katlı müstakil bir binadır. 120 m² lik evde ısınma amaçlı soba kullanılmaktadır. Evin içerisinde sigara içilmemektedir. Ailede üç yetişkin bir çocuk yaşamaktadır. Aile bireyi emekli olduğundan çalışan kişi yoktur. Örnekleme süresince evde sürekli bir yaşam söz konusudur. Evin mutfak, oturma odası ve dış ortamı olmak üzere üç adet pasif örnekleyci yerleştirilmiştir.

Selimiye Mahallesindeki örnekleme noktası (örnekleme noktası:10) (40°11'34.19"K-29°3'12.42"D) anayol ve arayola yakındır. Örnekleme noktası apartmanın 4. katında bulunmaktadır. 100 m² lik örnekleme noktası doğalgazla ısınmaktadır. Evde sigara içilmemektedir. Ailede bir kişi yaşamakta olup emekli olduğu için çalışmamaktadır. Örnekleme süresince ev tamamen 10 gün kapalı kalmıştır. Pasif örnekleyciler evin mutfak ve oturma odasına yerleştirilmiştir. 10 nolu örnekleme noktasına ait yaz verileri alınmış olup sonbahar örnekleri analiz edilmemiştir.

Cumhuriyet mahallesindeki örnekleme noktası (örnekleme noktası:11) (40°15'49.28"K-29°5'44.42"D) anayol ve arayola yakındır. Örnekleme noktası apartmanın 4. katında bulunmaktadır. 120 m² lik örnekleme noktası doğalgazla ısınmaktadır. Evde sigara içilmemektedir. Ailede üç kişi yaşamakta olup çalışan kişi sayısı birdir. Örnekleme süresince evde sürekli bir yaşam söz konusudur. Pasif örnekleyciler evin mutfak ve

oturma odasına yerleştirilmiştir. 11 nolu örnekleme noktasına ait yaz verileri alınmış olup sonbahar örnekleri analiz edilmemiştir.

Çamlıca mahallesindeki örnekleme noktası (örnekleme noktası:12) (40°11'22.27"K-28°58'44.44"D) trafiğin çok yoğun olmadığı Keles'e giden ana yola 50 m, ara yola ise 100 m mesafededir. Örnekleme noktası apartmanın 1. katında dubleks şeklindedir. 130 m² lik örnekleme noktası doğalgazla ısınmaktadır. Evin içerisinde sigara içilmemektedir. Ailede iki yetişkin ve 6 yaşında bir çocuk yaşamaktadır. Ailede çalışan kişi sayısı ikidir. Örnekleme süresince ev yaklaşık 1 ay kapalı kalmıştır. Mutfak ve salon olmak üzere iç ortama iki adet örnekleme noktası yerleştirilmiştir.

Evlere yerleştirilen örnekleme noktasına ait örnek fotoğraflar Şekil 4.2-4.4'de verilmektedir.



Şekil2.2. Mutfaka yerleştirilen pasif örnekleme noktası



Şekil 4.3.Oturma odasına yerleştirilen pasif örnekleyici



Şekil 4.4. Dış ortama yerleştirilen pasif örnekleyici

Aşağıdaki Çizelge 4.1’de örnekleme noktalarına ait adres bilgileri ve örnekleme noktalarının kodları yer almaktadır. Kodlar belirlenirken 1’den 12’ye kadar rakamlarla evlerin konumları simgelenmiştir. Kodlamadaki A harfi alınan örneğin oturma odasına ait olduğunu, B harfi örneğin mutfaktan alındığını ve C harfi de alınan örneğin evdeki dış ortama ait olduğunu göstermektedir.

Çizelge Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.. Örneklem noktalarının ait bilgileri

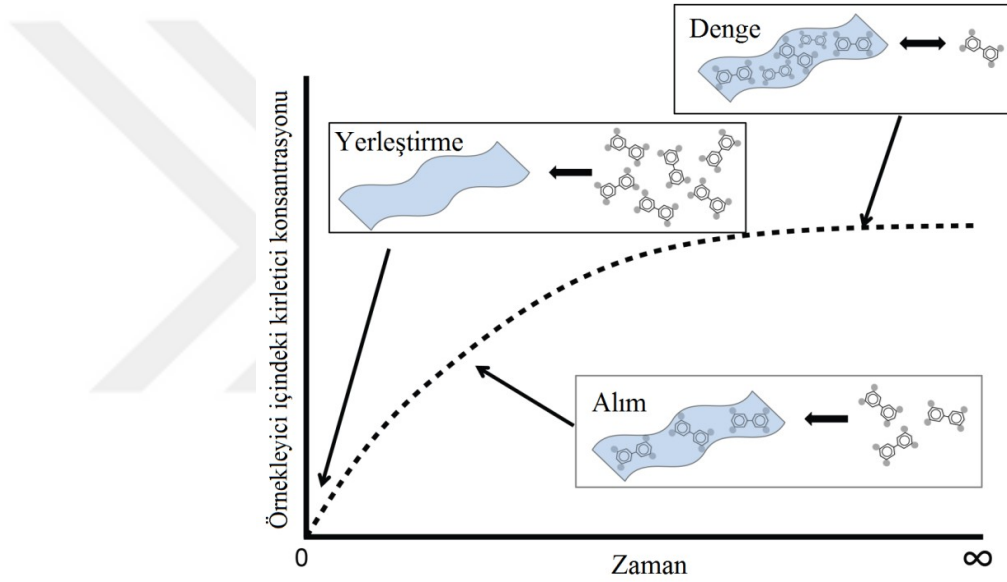
Örnek No	Adres/Kat	Anayol ve Arayola Yakınlığı	Örneklem Noktalarının Özel Durumu	Örneklem süresince Kapalı Kalınan Gün sayısı		Örneklem Noktaları ve Kodları		
				Yaz	Sonbahar	Oturma Odası	Mutfak	Dış Ortam
1	Mudanya/3	Anayol üzerindedir.	Ankastre Mutfak	3	10	Oturma Odası	Mutfak	Dış Ortam
2	Yenibağlar Mah./3	Arayol üzerindedir.	İç ortamda sigara içilmektedir.	Yaz+Sonbahar	15	Oturma Odası	Mutfak	Dış Ortam
3	Altınşehir Mah./1	Anayol ve trafikten uzaktadır.	Ekim ayından itibaren hava temizleme cihazı kullanılmaya başlanmıştır. Evin balkonunda sigara içilmektedir.	Sonbahar	10	Oturma Odası	Mutfak	Dış Ortam
4	Karaman Mah./4	Anayola 100 m mesafede, Arayol üzerindedir.	Mutfakta yemek pişirilmemektedir.	-	-	Oturma Odası	Mutfak	Dış Ortam
5	100. yıl Mah./11	Arayola 50 m mesafededir.	-	Yaz+Sonbahar	18	Oturma Odası	Mutfak	Dış Ortam
6	Balat /2	Anayola 700 m, Arayola 20 m mesafededir.	-	Yaz+Sonbahar	15	Oturma Odası	Mutfak	Dış Ortam
7	Ataevler/5	Arayol üzerinde, Anayola 150 m mesafededir.	Evin balkonunda sigara içilmektedir.	Yaz+Sonbahar	28	Oturma Odası	Mutfak	Dış Ortam
8	Piremir Mah./3	Arayola ve anayola yakındır.	Sonbahar dönemi örnekleri alınamamıştır.	Yaz+Sonbahar	5	Oturma Odası	Mutfak	Dış Ortam
9	Dereköy/1-2	Anayol ve trafikten uzaktır.	Isınma soba ile sağlanmaktadır.	-	-	Oturma Odası	Mutfak	Dış Ortam
10	Selimiye Mah./4	Arayola ve anayola yakındır.	Sonbahar dönemi örnekleri alınamamıştır.	Yaz+Sonbahar	10	Oturma Odası	Mutfak	Dış Ortam
11	Cumhuriyet Mah./4	Arayola ve anayola yakındır.	Sonbahar dönemi örnekleri alınamamıştır.	-	-	Oturma Odası	Mutfak	Dış Ortam
12	Çamlıca/1	Anayola 50 m, Arayola 100 m mesafededir.	-	Yaz+Sonbahar	30	Oturma Odası	Mutfak	Deporasyon

4.3 Örneklemeye

4.3.1. Pasif Hava Örnekleyicisi

Örneklemede pasif örnekleyiciler kullanılarak iç ve dış ortam hava örnekleri toplanmıştır. Örnekleme materyali olarak da poli ürethan köpük (PÜK) kullanılmıştır.

Pasif örnekleyiciler, örneklenecek ortama belirli bir süre için yerleştirilir ve örnekleme ortamındaki kirleticiler ile pasif örnekleyicideki örnekleme materyalinin denge konumuna ulaşması için beklenilir (Şekil 4.5). Dolayısıyla, pasif örnekleme sayesinde anlık yerine belirli bir zaman aralığındaki kirletici verileri elde edilir.

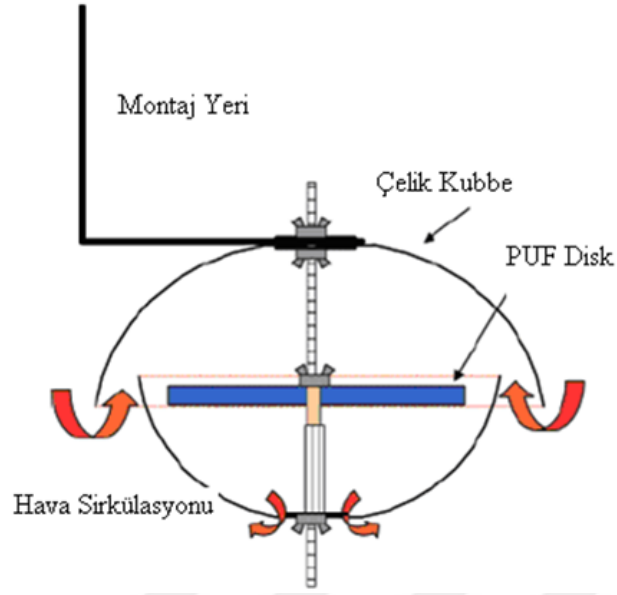


Şekil 4.5. Pasif örnekleyicinin denge konumuna gelmesi

Pasif hava örnekleyicisinin aktif hava örnekleyicisine göre en önemli avantajları; düşük maliyetli olması, elektrik ihtiyacı olmadığı için kırsal bölge, uzak alan gibi değişik bölgelere kolayca yerleştirilebilmesi, daha az kalifiye elemana ihtiyaç duyulması ve daha uzun süreleri temsil edebilmeleridir (Tao ve diğ., 2008, Cupr ve diğ., 2006, Fan ve diğ., 2006). Pasif örnekleyiciler fazla dikkat çekmezler ve birden çok örnekleme noktasında aynı anda uygulanması mümkün olabilen bir örnekleme tekniğidir. Son yıllarda değişik türde pasif hava örnekleyiciler, KOK'ların örneklenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlar arasında 1) Poli ürethan köpükler (PÜK), 2) XAD reçine bazlı pasif hava örnekleyiciler, 3) Polimer kaplı camlar, 4) Yarı geçirgen membran

cihazlar (semipermeable mebran devices (SPMDs)), 5) Katı faz mikro-ekstraksiyon (SPME) elyaflar yer almaktadır (Ockenden ve diğ. 2001, Koziel ve diğ. 2001, Shoeib ve Harner 2002, Harner ve diğ. 2003, Wania ve diğ. 2003, Bartkow ve diğ., 2004). Bu çalışmada örnekleme medyası olarak PÜK'ler kullanılmıştır. PÜK'ler ucuz olmaları, kolay elde edilmeleri ve yüksek tutma kapasitesine sahip olmaları sebebi ile yaygın olarak kullanılan bir örnekleme medyasıdır (Esen, 2013). Pasif hava örnekleme tekniği ile KOK araştırma çalışmalarında genellikle dış ortam hava örnekleme çalışmaları üzerinde yoğunlaşmış (Hazrati ve Harrad 2007, Chaemfa ve diğ., 2009; Persoon ve Hornbuckle, 2009; Melymuk ve diğ., 2011), son yıllarda yapılan çalışmalarda ise bu teknik iç ortam havası örneklerinde de KOK'ların araştırılmasında kullanılmıştır (Li ve Ro 2000; Menicini ve diğ., 2007; Bohlin ve diğ., 2008; Castro ve diğ., 2011).

Pasif örnekleme cihazlarında kullanılan PÜK diskler, yüksek hacimli aktif hava örnekleme cihazlarında (YHHÖ) kullanılan PÜK örnekleme cihazlarıyla aynı özelliğe sahiptir. PÜK disklerin özellikleri şu şekildedir: 14 cm çap, 1.35 cm kalınlık, 365 cm² yüzey alanı, 4.40 g ağırlık, 207 cm³ hacim ve 0,0213 g/cm³ yoğunluğa sahiptir (Gevao ve diğ., 2007). Dış ortam (Şekil 4.6) ve iç ortam (Şekil 4.7) pasif hava örnekleme cihazlarının çalışma prensipleri genel olarak aynı olmakla beraber dış ortam hava örnekleme cihazları dış etkenlerden koruma gerekliliğinden dolayı iç ortam örnekleme cihazlarından farklı dizayn edilmiştir.

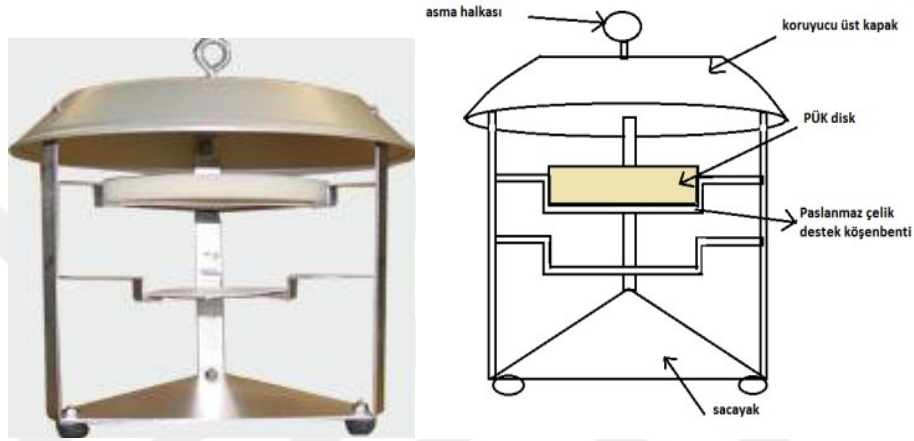


Şekil 4.6. Dış ortam pasif hava örnekleycisi

Dış ortam pasif hava örnekleme sisteminde PÜK disk, kubbe şeklinde dizayn edilmiş ve en basit hali ile birbirinin içerisine geçirilmiş iki adet metal kaseden oluşan koruyucu bir odacık içerisine yerleştirilir. Bu şekilde büyük partiküllerin, direkt güneş ışığının, yağmur damlacıklarının veya böceklerin PÜK diske ulaşması engellenmiş olur. Bursa'da yapılan çalışmalarda dış ortam pasif hava örnekleycileri ile günlük yaklaşık $6,5 \text{ m}^3$ hava numunesi örneklenebildiği bildirilmiştir (Birgül ve diğ., 2017).

İç ortam pasif örnekleyicilerin çalışma prensibi dış ortam örnekleyicilerle aynı olmakla beraber, bu tür örnekleyicilerde PÜK diskin dış etkenlerden korunması zorunluluğu olmadığından kapalı bir odacık içerisine değil de direkt olarak örnekleyici üzerinde bulunan paslanmaz çelik destek köşebenti üzerine yerleştirilmektedir (Şekil 4.7).

İç ortam havası dış ortam havasına nazaran daha durgun olduğundan, iç ortamlarda pasif örnekleyicilerle örneklenen hava miktarı günlük 2.5 m³ olarak tespit edilmiştir (Shoeib ve Harner, 2002; Wilford ve diğ., 2004).



Şekil 4.7. İç Ortam Pasif Hava Örnekleyicisi

4.4. Örneklerin Hazırlanması

4.4.1. Cam Malzemeler

Organik kirleticilerin ölçümleri hassas bir çalışmayı gerektirmektedir. Cam malzemelerin temizliği için ALCONOX kimyasal deterjan kullanılarak fırça yardımıyla temizlendikten sonra bol çeşme suyu ile durulanmıştır. Daha sonra saf su ile birkaç kez çalkalanıp, ardından metanol (MeOH) ve aseton (ACE) ile çalkalandıktan sonra etüvde 110 °C'de 1 gece kurumaya bırakılmıştır. Cam malzemeler etüvden çıkarıldıktan sonra alüminyum folyoya sarılıp kullanılıncaya kadar saklanmıştır.

4.4.2. Pasif Örnekleyici Cihazlarının Hazırlanması

İç ve dış ortam pasif örnekleme cihazları (Şekil 4.6 ve Şekil 4.7) de-iyonize su ile yıkandıktan sonra aseton ile temizlenmiştir. Temizlenmiş olan tüm cihazlar alüminyum folyoya sarılarak plastik torbalara yerleştirilmiştir. Cihazlar dışarıdan hiçbir kirleticiye maruz kalmayacak bir şekilde örnekleme noktalarına götürülmüştür.

4.4.3. PÜK Disklerinin Hazırlanması

PÜK diskler 1 gece saf suda bekletilmiş ardından Sokslet ekstraksiyonuyla sırasıyla ACE, ACE ve aseton/hekzan (ACE/HEX) (1:1) karışımı ile birer gün ekstrakte edilmiştir. Temizleme işlemini takiben, PÜK diskler vakumlu desikatöre yerleştirilerek tamamen kuruması sağlanmıştır. Kurutma işleminden sonra her bir örnekleme noktası için yeterli sayıdaki PÜK disk alüminyum folyolara sarılarak kilitli buzdolabı poşetlerine konulmuştur. Kirlilikle teması önlenmiş PÜK diskler örnekleme noktalarına götürülene dek derin dondurucuda muhafaza edilmiştir.

4.5. Ekstraksiyon ve Temizleme

Gerek iç gerekse de dış ortam hava örneklerinin ekstraksiyon işleminde klasik yöntem olan sokslet sistemi kullanılmıştır. Örneklerdeki PAH'ların solvent fazına geçirilmesi ve sonra konsantre hale getirilmesi, temizleme sürecindeki işlem verimlilikleri geri kazanım (surrogate) bileşiklerinin kullanılması ile gerçekleştirilmiştir.

Geri kazanım bileşikleri olarak asenaften-d₁₀, krisen-d₁₂, naftalin-d₈, perilen-d₁₂, ve fenantren-d₁₀ karışımı kullanılmıştır. 4 µg/ml konsantrasyonluk surragate standartı hazırlanarak her örneğe ekstraksiyondan önce 1 ml ilave edilmiştir. Hazırlanan surrogate standartı derin dondurucuda muhafaza edilmiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8.Ekstraksiyon için hazırlanmış olan Surrogate standart

Toplanan örneklere geri kazanım bileşiklerini içeren standart eklendikten sonra 24 saat aseton:hekzan (1:1) karışımı ile ekstrakte edilmiştir (Şekil 4.9). Ekstraksiyon işleminden sonra elde edilen örnekler döner buharlaştırıcı vasıtası ile buharlaştırılarak hacimleri yaklaşık 5 mL'ye kadar azaltılmıştır. Kalan hacmin üzerine 15 mL hekzan eklenerek tekrar 5 mL'ye kadar hacim azaltılmıştır. Bu işlem 2 kez tekrarlandıktan sonra örnek, hekzan içine alınmıştır.



Şekil 4.9. Ekstraksiyon Düzeneği

Örneği içeren 5 mL'lik hekzan çözeltisi ve döner buharlaştırıcı (Şekil 4.10) balonunun çalkalanmasında kullanılan 15 mL hekzan 40 mL'lik örnek şişesine aktarılmıştır. Yaklaşık 20 mL olan örnek hacmi, azot gazı ile 2 mL'ye kadar azaltılmıştır. Bir sonraki aşamaya kadar şişeler derin dondurucuda saklanmıştır (Odabasi, ve diğ., 1999, Esen, 2006, Tasdemir ve Esen, 2007).



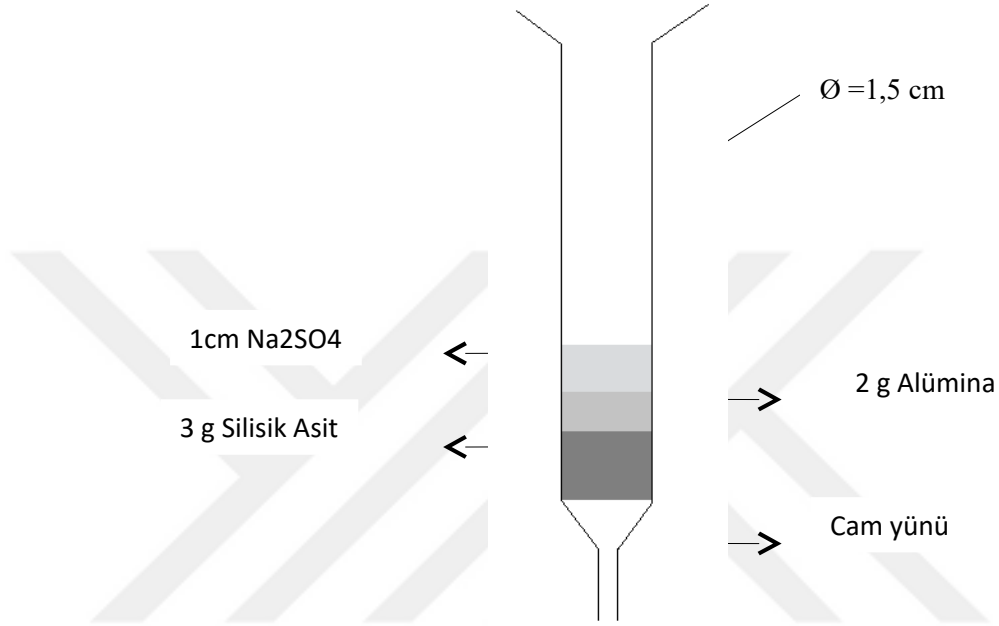
Şekil 4.10. Döner buharlaştırıcı ile hacim azaltma

4.6. Fraksiyonlarına Ayırma

Örneklerin fraksiyonlarına ayırması için öncelikle kullanılan kolon kromatografi kimyasalların deaktive hale getirilme işlemi gerçekleştirilmiştir.

Silisik asitin (H_4SiO_4 , Sigma Aldrich ≤ 100 mesh) nemini almak için, kullanmadan önce temiz bir behere konulmuş ve üzeri alüminyum folyo ile sarılarak $100\text{ }^\circ\text{C}$ 'de 1 gün boyunca fırında bekletilmiştir. Fırından çıkarıldıktan sonra desikatörde oda sıcaklığına getirilmiştir. Üç gram silisik asite $100\text{ }\mu\text{L}$ saf su eklenerek (silisik asit-%3 su) deaktivasyon için hızla çalkalanmıştır. Deaktivite edilmiş silisik asit 1 saat süresince oda sıcaklığında bekletilmiş ve 12 saat içinde kullanılmıştır.

Alümina(Al_2O_3 , Merck, $\leq 0,5$ mesh) da $450\text{ }^\circ\text{C}$ 'de fırında 4 saat boyunca bekletilmiştir. Oda sıcaklığına geldikten sonra 2 gr alümina $120\text{ }\mu\text{L}$ saf su eklenerek deaktive edilmiştir (alümina-%6 su). Cam yünü, 3 gr silisik asit, 2 gr alümina ve 1 cm Na_2SO_4 olacak şekilde temizleme kolonuna sırasıyla yerleştirilmiştir(Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Temizleme kolonu

Şekil 4.12'deki gibi fraksiyon düzeneği oluşturularak fraksiyonlarına ayırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Temizleme kolonundan sırasıyla 20 ml diklorometan(DCM) ve 20 ml petrol eterinden (PE) geçirilerek olası kirliliklere karşı temizlenmiştir. Ardından 2 ml hekzanın içinde bulunan örnek kolona boşaltılmıştır. Kolondan 25 ml PE geçirilerek poliklorlu bifeniller (PCB) toplanıp ayrılmıştır. PE tamamen süzöldükten sonra kolonun altındaki şişe değiştirilmiş ve kolona 20 ml DCM eklenerek PAH'lar toplanmıştır.



Şekil 4.12. Fraksiyon Düzeneği

Yaklaşık 20 ml olan PAH fraksiyonunun hacmi azot gazı ile 5 ml'ye indirilmiş ve tekrar çözelti hekzanla değiştirilmiştir. Bu işlem sırasında örneğin hacmi 5 ml'ye indirilmiş ve üzerine 15 ml hekzan ilave edilmiştir. Bu işlem 3 kez tekrar edilmiştir. Son olarak örnek hacmi, saf azot gazı ile 1 ml'ye indirilerek GC şişelerine aktarılmıştır (Şekil 4.13) (Odabasi, ve diğ., 1999, Esen, 2006, Tasdemir ve Esen, 2007, Esen, ve diğ., 2008, Birgöl ve diğ., 2011).



Şekil 4.13 Azot gazı ile hacim azaltma

4.7. PAH'ların Analizi

Örnekler 16 PAH türü “naftalin (NAP), asenaftelen (ACT), asenaften (ACE), floren (FLN), fenantren (PHE), antrasen (ANT), floranten (FL), piren (PY), benzo(a)antrasen (BaA), krisen (CHR), benzo(b)floranten(BbF), benzo(k)floranten (BkF), benzo(a)piren (BaP), indeno(1,2,3-cd)piren (IcdP), dibenzo(a,h)antrasen (DahA), benzo(g,h,i)perilen (BgHiP) için GC-MS cihazı kullanılarak analiz edilmiştir. Örnekler Bursa Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü laboratuvarında bulunan Agilent 7890A model gaz kromatograf (GC) ve buna bağlı Agilent 5975C inert XL üç eksenli kütle dedektörüne sahip kütle spektrofotometresi (MS) ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.14.). Her bir örneğin enjeksiyon hacmi 1 μL olup enjeksiyonlar splitless modda gerçekleştirilmiştir. GC-MS'de kapiler kolon (HP5-MS, 30 m \times 0,32 mm \times 0,25 μm) kullanılmıştır. Fırın sıcaklık programı ise; başlangıç fırın sıcaklığı 50 $^{\circ}\text{C}$ 'de 1 dakika bekletme, 25 $^{\circ}\text{C}/\text{dak}$ artış ile 200 $^{\circ}\text{C}$ 'ye yükselme, 8 $^{\circ}\text{C}/\text{dak}$ artış ile 200 $^{\circ}\text{C}$ 'den 300 $^{\circ}\text{C}$ 'ye yükselme ve 300 $^{\circ}\text{C}$ 'de 5,5 dak bekleme şeklindedir. Enjektör sıcaklığı 295 $^{\circ}\text{C}$ 'de sabit tutulmaktadır. İyon kaynağı ve quadropole sıcaklıkları 300 ve 180 $^{\circ}\text{C}$ 'dir. Taşıyıcı gaz olarak, 1,4 mL/dak sabit debide yüksek saflıkta Helyum (He) gazı

kullanılmıştır. Kütle spektrofotometresi yüksek hassasiyet için seçilmiş iyon izleme modunda (selected ion monitoring mode, SIM) çalıştırılmıştır. PAH türlerinin belirlenmesi alıkonma zamanlarına (kalibrasyon standardının tutulma zamanının ± 0.05 dak içerisinde) ve hedeflenen iyon piklerine bağlı olarak gerçekleştirilmiştir. PAH türlerinin varlığı değerlendirilen iyonlar içinde hedeflenen iyonun miktarına bağlı olarak doğrulanmaktadır. Tespit edilen PAH bileşikleri verim düzeltme standardı sonuçları göz önüne alınarak hesaplamaları yapılmıştır.



Şekil 4.14. GC-MS Cihazı

4.8. Kalite Güvenirlik/Kalite Kontrol

Analitik yöntemlerin çeşitli aşamalarında yer alan numune, ekipman ve kimyasalların kullanımına özen gösterilmiş ve deneyler esnasında çalışmalar kalite kontrol önlemleriyle denetlenmiştir.

4.8.1 Standartlar

Örneklerin analitik verimini belirleyebilmek için ekstraksiyon işleminden önce 4mg/L konsantrasyonunda naftalin-d₈, asenaften-d₁₀, fenantren-d₁₀,pyrene-d₁₀krisen-d₁₂ ve perylene-d₁₂'den oluşan geri kazanım verim standardı (Dr. Ehrenstorfer) ilave edilmiştir. Çizelge 4.2'de PAH türlerini etkileyen, surrogate standartları verilmiştir. Geri kazanım verimleri %30 ile %120 arasında olan PAH örnekleri değerlendirmeye alınmıştır.

Çizelge 4.2.Surrogate standartlara göre verimleri hesaplanan PAH türleri (Odabaşı,1998)

Surrogate Standart	Temsil Ettiği PAH Bileşiği
Naftalin-d ₈	Naftalin
	Asenaftalin
Asenaften-d ₁₀	Asenaften
	Floren
Fenantren-d ₁₀	Fenantren
	Antrasen
	Karbazol
	Floranten
pyrene-d ₁₀	Piren
	Benzo(a)Antrasen
Krisen-d ₁₀	Krisen
	Benzo(b)Floranten
	Benzo(k)Floranten
	Benzo(a)Piren
perylene-d ₁₂	Perilen
	Indeno(1,2,3-cd)piren
	Dibenzo(a,h)Antrasen
	Benzo(g,h,i)perilen

4.8.2 Şahitler

Örneklerin toplanması, taşınması, hazırlanması ve analizi sırasında oluşabilecek muhtemel kirlenmeleri belirlemek için şahit örnekler alınmıştır. PÜK disklerin evlere getirilmesi, yerleştirilmesi ve laboratuvara geri götürülmesi esnasında herhangi bir kirliliğin bulaşıp bulaşmadığını belirlemek için her örnekleme döneminde 9 adet iç ortam, 6 adet de dış ortam için şahit örnekler alınmıştır. Bu amaçla daha önceden temizlenmiş PÜK diskler alüminyum folyoya sarılarak kilitli poşetlerin içerisinde numune toplama bölgelerine götürülerek, cihazlara yerleştirilmiş ve 5 dk beklendikten sonra PÜK diskler numune alma noktasına getirildiği şekilde alüminyum folyoya

sarılarak kilitli poşetlere konularak tekrar laboratuvara getirilmiştir. Böylece PÜK disklerin örnekleme noktalarına taşınması, cihaza yerleştirilmesi, cihazdan çıkarılması, laboratuvara geri getirilmesi ve laboratuvardaki analiz aşamalarda herhangi bir kirliliğe maruz kalıp kalmadığı test edilmiştir. Tüm hesaplamalar şahit numuneleri dikkate alınarak yapılmıştır.

Yaz ve sonbahar dönemi iç ortam (mutfak ve oturma odası) ve dış ortam örnekleri için hesaplanan ortalama surrogate standardı verimleri Çizelge 4.3'te verilmiştir. Naftalin-d₈ ve Asenaften-d₁₀ standartının verimi düşük olduğu için tabloda yer almamaktadır.

Çizelge 4.3. Yaz ve sonbahar dönemi iç ortam ve dış ortam örnekleri için hesaplanansurrogate verimleri (%)

Surrogate Standart	İÇ ORTAM		DIŞ ORTAM	
	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma
Fenantren-d ₁₀	65.220	15.028	63.024	7.486
Krisen-d ₁₂	79.363	20.969	81.492	19.047
Perilen-d ₁₂	71.235	23.277	79.129	23.954

4.8.3 Bulunma Limitleri

Bulunma limiti, (the limit of detection LOD) şahitlerin kütlesinin (ng) ortalamasına standart sapmaların 3 ile çarpılıp eklenmesi ile hesaplanmıştır (Simcik ve diğ., 1998, Odabaşı ve diğ., 1999, Taşdemir ve diğ., 2004, Taşdemir ve Holsen 2005). İç ortam için hesaplanan LOD değerleri 1,90 ng/m³ (benzo(ghi)perilen) ile 80,91 ng/m³ (Fenantren) arasında değişmektedir. Dış ortam için hesaplanan LOD değeri 4,48 ng/m³ (benzo(k)floranten) ile 55,95 ng/m³ (piren) arasında değişmektedir. LOD değerinden fazla olan PAH değerleri hesaplamalarda kullanılmış ve örneklere şahit düzeltmesi uygulanmıştır. Konsantrasyon değerlerinde olası kirlenmelerin oluşturacağı olumsuz etkiyi en aza indirmek amacıyla örnek değerlerinden şahit ortalaması çıkartılarak şahit düzeltmesi ve geri kazanım verimi düzeltmesi uygulanmıştır (Simcik ve diğ., 1998, Odabaşı ve diğ., 1999b).

4.9. Hesaplamalar

Atmosferik konsantrasyon seviyeleri Denklem 4.1'deki şekilde hesaplanmaktadır.

$$C = \frac{m}{V} \quad (4.1)$$

Bu denklemde C atmosferik konsantrasyon (ng/m³), m analiz edilen örnekteki PAH kütlesi (ng), V örneklenen hava hacmini (m³) ifade etmektedir.

Dış ortam pasif örnekleme ile toplanan numunelere ait konsantrasyon hesaplanırken hava hacmi günlük 6,5 m³ alınmıştır (Barber ve diğ., 2002).

İç ortam pasif örnekleme ile örneklenen hava miktarı günlük 2,5 m³ olarak alınarak hesaplamalar yapılmıştır (Shoeib ve Harner, 2002; Wilford ve diğ., 2004).

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

5.1. PAH Konsantrasyonları

Bu çalışmada yaz ve sonbahar dönemi için on iki farklı örnekleme noktasındaki PAH konsantrasyonları ölçülmüştür. Örnekleme noktaları; Mudanya, Yenibağlar, Altınşehir, Karaman, 100. Yıl mahallesi, Balat, Ataevler, Yıldırım, Dereköy, Selimiye mahallesi, Cumhuriyet mahallesi ve Çamlıca mahallesidir. Sonbahar döneminde bu noktalardan Yıldırım, Selimiye ve Cumhuriyet mahallelerinden örnek alınamamıştır. Örnekleme noktalarından iç ortam ve dış ortam örnekleri toplanmıştır. Evlerin iç ortamlarında, oturma odası ve mutfaklarından örnekler alınmıştır. Mudanya, Yenibağlar, Altınşehir, Karaman, Yıldırım ve Dereköyde bulunan örnekleme noktalarının dış ortamlarından da

örnekler alınmıştır. Böylece iç ve dış ortamdan kaynaklanan kirleticilerin düzeyleri, mevsimsel değişimleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Σ_{10} PAH bileşiği için 2-3 halkalı PAH'ların molekül ağırlığı düşük (128-178 g/mol), 4 halkalı PAH'lar orta molekül ağırlığında (202-228 g/mol) ve 5-6 halkalı PAH'lar yüksek molekül ağırlığında (252-278 g/mol) olarak sınıflandırılmaktadır (Zhang ve diğ., 2009).

Yaptığımız çalışmada yaz ve sonbahar dönemleri için oturma odası, mutfak ve dış ortamdaki örnekleme noktalarından alınan örneklerin PAH konsantrasyonları hesaplanmıştır. Yaz ve sonbahar döneminde toplanan örneklerin toplam PAH konsantrasyonlarında 2-3 halkalı düşük molekül ağırlıklı (NAP, ACE, ACT ve FLN) PAH türleri hesaplanamamıştır. Bu durum, 2-3 halkalı PAH türlerinin genelde buhar halinde bulunmalarından kaynaklanabilmektedir (EU, 2001, USEPA, 1997) .

Sonbahar döneminde hesaplanan Σ_9 PAH konsantrasyon değerleri yaz döneminde ölçülen değerlere göre daha yüksek bulunmuştur. Havaların soğumaya başlamasıyla sonbahar döneminde doğalgaz kullanımı, kömür ve odunların yakılması ile ısınma kaynaklı yüksek PAH emisyonları gözlenmiştir (Kaya ve diğ., 2012; Aydın ve diğ., 2014).

5.1.1 Yaz Dönemi Ölçülen PAH Konsantrasyonları

5.1.1.1 Yaz Dönemi Oturma Odasında Ölçülen PAH Konsantrasyon Seviyeleri

Örnekleme PÜK örnekleycisi kullanılarak yapıldığından örnekleme yapılan yaz ve sonbahar dönemi için toplam PAH konsantrasyonları belirlenmiştir. Yaz mevsiminde Bursa'da 12 farklı noktanın oturma odalarında ölçülen 16 hedef PAH bileşiğinden Σ_8 PAH türüne ait veriler elde edilebilmiştir. Bulgular Çizelge 5.1'de özetlenmiştir.

Çizelge 5.1. Yaz dönemi oturma odası örneklerindeki PAH bileşiklerine ait konsantrasyonlar (ng/m³)

PAH Bileşikleri	Örnek Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
PHE	12	11,4	9,08	0,38	30,27

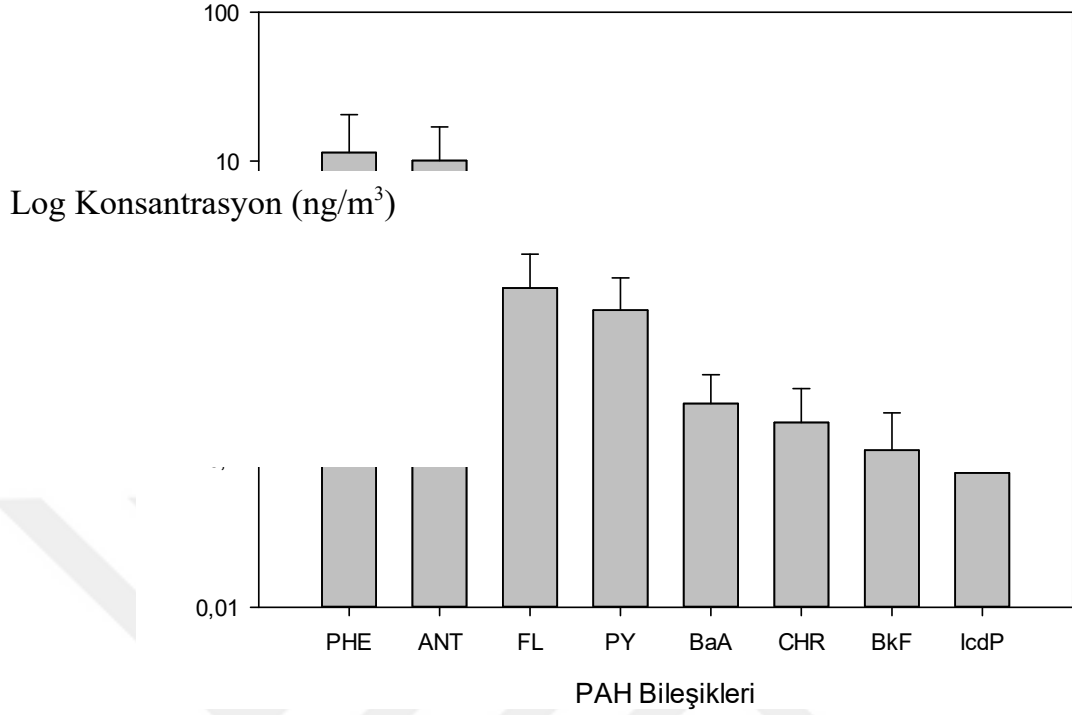
ANT	12	10,07	6,90	2,74	24,04
FL	12	1,39	0,96	0,30	3,52
PY	12	0,99	0,64	0,62	1,95
BaA	12	0,23	0,13	0,03	0,38
CHR	12	0,17	0,12	0,03	0,35
BkF	12	0,11	0,09	0,04	0,27
IcdP	12	0,08		0,07	0,09

Çizelge 5.1'e göre molekül ağırlığı düşük olan PAH'ların konsantrasyonları daha yüksektir. Yaz mevsiminde PHE ve ANT gibi düşük molekül ağırlıklı PAH bileşiklerinin baskın olduğu gözlenmiştir. Bu durum literatürdeki diğer çalışmalarla benzerlik göstermektedir (Massei ve diğ., 2005; Cheng ve diğ., 2013; Choi ve diğ., 2013).

Ayrıca yüksek molekül ağırlığına sahip PAH türlerinin (BaA, CHR, BkF, IcdP) konsantrasyon değerleri ise düşük seviyededir (Massei ve diğ., 2005; Santiago ve Cayetano 2007; Kennedy ve diğ., 2010; Choi ve diğ., 2013).

8 farklı PAH türü için yaz döneminde oturma odasındaki konsantrasyon değerleri en düşük 0,08 ile en yüksek 11,4 ng/m³ olarak hesaplanmıştır. Σ_8 PAH konsantrasyonu 20,3±17,9 ng/m³'tür (Şekil 5.1).

Şekil 5.1'de oturma odasında yaz mevsiminde ölçülen PAH bileşiklerine ait ortalama konsantrasyonlar görülmektedir. Yaz döneminde oturma odası örneklerinden alınan PAH bileşiklerine ait konsantrasyon değerleri Phe>Ant>Fl>Py>BaA>Chr>BkP>IcdP olarak sıralamak mümkündür.

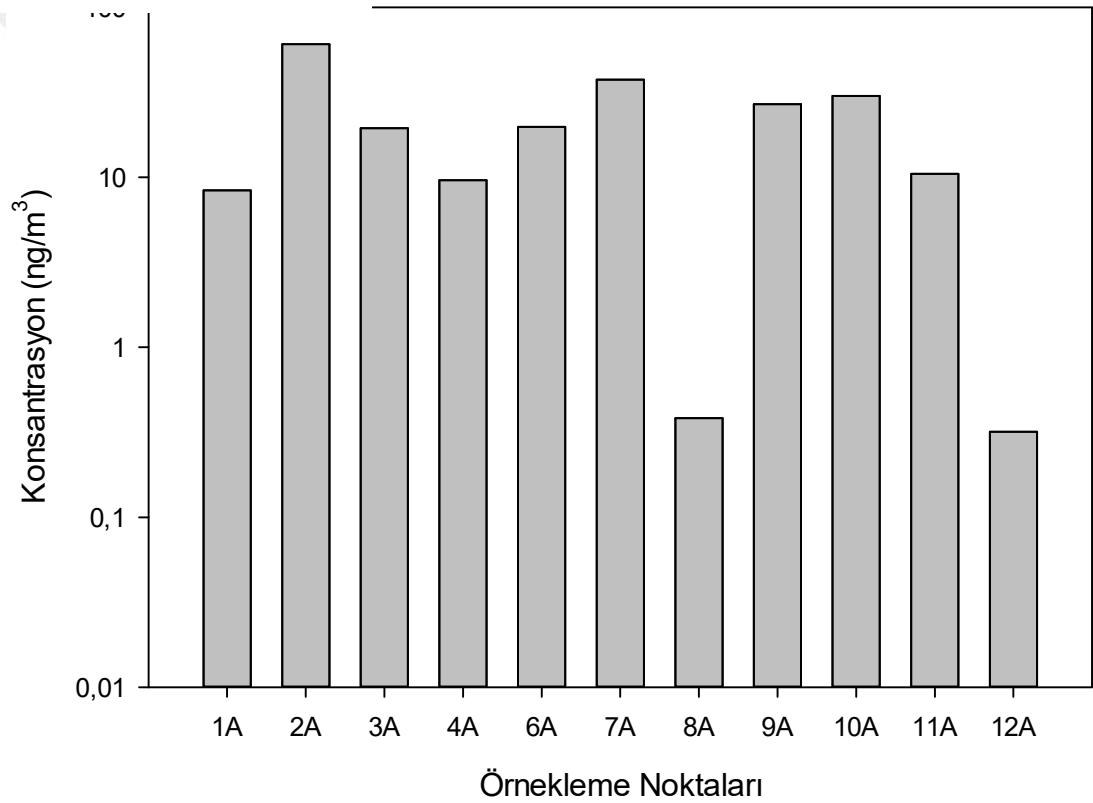


Şekil 5.1. Yaz dönemi oturma odalarındaki PAH bileşiklerinin ortalama konsantrasyonları

Endüstri şehirlerinde iç ortam hava kirliliği çevre için ciddi problemler yaratmaktadır (Balasubramanian ve diğ., 2007). Ayrıca ekonomik gelişmeyle birlikte klima kullanımının artması da iç ortam hava kirliliğini etkilemektedir. Oturma odasının kullanım amacı göz önüne alındığında iç ortamda kullanılan televizyonlar, ses sistemleri, bilgisayarlar ve diğer elektronik eşyaların hava kalitesini etkilediği düşünülmektedir. Literatürdeki iç ortamla ilgili yapılan çalışmalarda ofis çalışanları tarafından kullanılan elektronik eşyaların ozon, partikülmadde ve uçucu organik bileşik kaynağı olduğu belirlenerek iç ortam hava kalitesine önemli etkisi olduğu tespit edilmiştir (Wolkoff ve diğ., 2006; Destailats ve diğ., 2006).

Yaz döneminde alınan örnek sonuçlarına göre evlerin iç ortam aktiviteleri ve konumlarının önemli olduğu görülmektedir. Yaz döneminde toplanan 12 farklı örnekleme noktasının oturma odasına ait toplam PAH konsantrasyon değerleri Şekil 5.2'de gösterilmiştir.

Log Konsantrasyon (ng/m³)



Şekil 5.2.Örneklem noktalarının yaz döneminde oturma odalarında ölçülen Σ_8 PAH konsantrasyonları

İç ortam oturma odasında ölçülen örneklem noktalarına ait Σ_8 PAH konsantrasyonları 0,38 ile 60,59 ng/m³ arasında değişmektedir. Oturma odasından alınan örneklerin ortalama Σ_8 PAH konsantrasyonu $20,31 \pm 17,92$ ng/m³ olarak hesaplanmıştır. Σ_8 PAH konsantrasyon değerinin en fazla olduğu örneklem noktası Yenibağlar Mahallesi (2A)

olarak belirlenmiştir. İç ortamda sigara içimi PAH kirletici kaynağı olarak değerlendirilmektedir (Liu ve diğ., 2001;Ohura ve diğ., 2002). 2A noktasının iç ortamında sigara kullanımı söz konusudur. Bu durum daha önce yapılan çalışmalarla paralellik göstererek 2A noktasında sigara kullanımından kaynaklanan PAH konsantrasyon değeri yüksek çıkmıştır. En düşük PAH konsantrasyon değeri ise Yıldırım'da bulunan evde (8A) görülmektedir (Şekil 5.2). 8A örnekleme noktasına ait konsantrasyonun düşük çıkmasının nedeni tek bir PAH türü (PHE) için hesaplama yapılabilmiş olmasıdır.

Ayrıca evlerin konumları göz önüne alınırsa 7 nolu örnekleme noktası anayola çok yakın olduğu için PAH konsantrasyonlarının yüksek olmasını trafik kaynaklı olduğu söylenebilir. 12 nolu örnekleme noktası, anayola uzak ve çok yoğun kullanılmayan arayol üzerinde bulunmaktadır. Trafik kaynağının PAH kirleticilerine etkisi bu nokta için düşük seviyededir.

5.1.1.2 Yaz Dönemi Mutfakta Ölçülen PAH Konsantrasyon Seviyeleri

Yaz döneminde Bursa'nın 12 farklı noktasının mutfaklarından alınan örneklere ait Σ_9 PAH bileşikleri ile ilgili sonuçlar Çizelge 5.2' de yer almaktadır. Yaz dönemi mutfak örneklerinde ölçülen en yüksek konsantrasyonun PHE ve ANT olduğu belirlenmiştir (Çizelge 5.2).

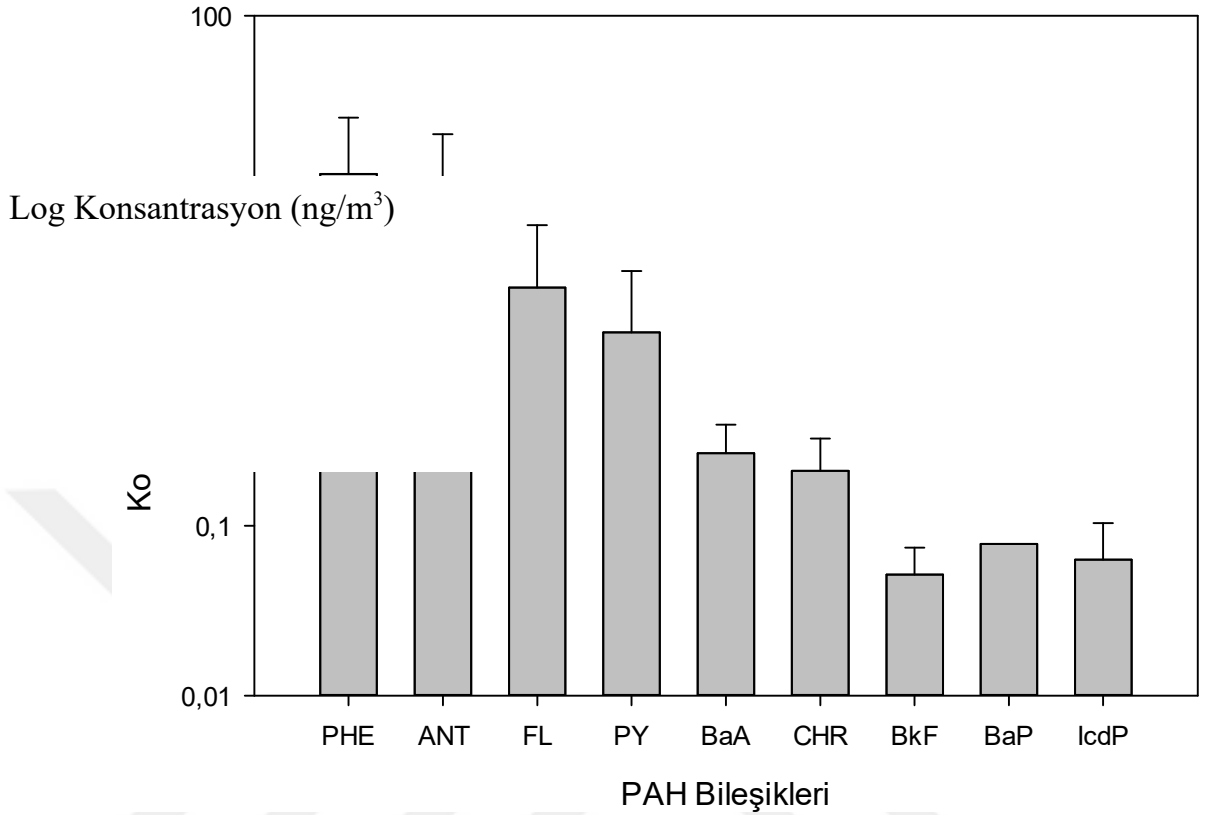
Çizelge 5.2. Yaz dönemi mutfak örneklerindeki PAH bileşiklerine ait konsantrasyonlar (ng/m³)

PAH Bileşikleri	Örnek Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
PHE	12	11,75	13,37	2,33	49,23
ANT	12	9,41	10,67	1,90	39,36
FL	12	2,51	3,34	0,32	12,1
PY	12	1,37	1,77	0,52	5,75
BaA	12	0,26	0,12	0,03	0,39
CHR	12	0,21	0,11	0,06	0,35
BkF	12	0,05	0,02	0,03	0,08
BaP	12	0,07	-	0,08	0,08
IcdP	12	0,06	0,04	0,03	0,12

9 farklı PAH türü için yaz dönemi mutfakta ölçülen konsantrasyon değerleri en düşük 0,05 ile en yüksek 11,76 ng/m³ arasında değişiklik göstermektedir. Σ_9 PAH konsantrasyonu ise $22,96 \pm 28,30$ ng/m³'tür (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2.'ye göre molekül ağırlığı düşük olan PAH türlerinden Phe ve Ant'in konsantrasyon değerinin minimum ve maksimumları arasında önemli farklar olduğu gözlenmiştir. PHE bileşiğinin minimum konsantrasyon değeri 2,33 ng/m³ iken maksimum konsantrasyon değeri 49,23 ng/m³'e kadar çıkabilmektedir. Farklı noktalar arasındaki bu farkın oluşmasının nedenleri arasında mutfakta gerçekleştirilen pişirme aktiviteleri olarak gösterilebilir (Mastral ve Callen, 2000).

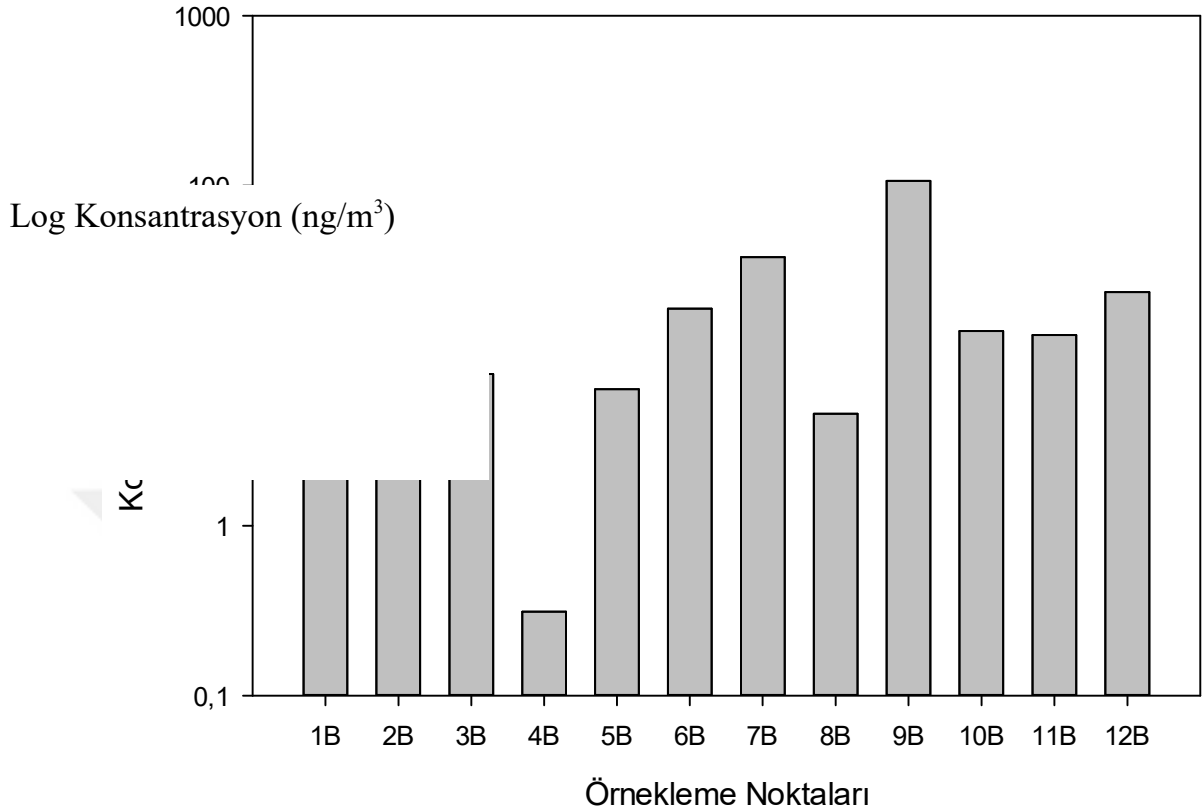
Şekil 5.3'de yaz döneminde mutfakta ölçülen PAH bileşiklerine ait ortalama konsantrasyonlar görülmektedir. Yaz döneminde mutfak örneklerinden alınan PAH bileşiklerine ait ortalama konsantrasyon değerleri PHE>ANT>FL>PY>BaA>CHR>BaP>IcdP>BkF olarak sıralamak mümkündür.



Şekil 5.3. Yaz dönemi mutfaktaki PAH bileşiklerinin ortalama konsantrasyonları

İç ortam mutfaklardaki örnekleme noktalarına ait ölçülen Σ_9 PAH konsantrasyonları 0,31 ile 106,78 ng/m³ arasında değişmektedir. Mutfaklardan alınan örnekleme noktalarının ortalama Σ_9 PAH Konsantrasyonları ise 22,96±28,30 ng/m³'tür. (Şekil 5.4)

Yaptığımız bu çalışmada PHE ve ANT gibi 2-3 halkalı türlerin diğer türlere göre 9 farklı PAH türü için ortalama konsantrasyonlarının yüksek çıktığı gözlenmiştir. Literatürde yapılan bir çalışmada 3 halkalı PAH'ların yemek yapılan ortamlarda yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu belirlenmiştir. 3-4 halkalı PAH türlerinin kaynağı genellikle mutfaktaki pişirme aktiviteleridir (Zhu ve Wang., 2003). Buna göre yazın mutfaktan alınan örneklerdeki PAH emisyonlarının mutfaktaki pişirme aktivitelerinden kaynaklandığı söylenebilir.



Şekil 5.4.Örnekleme noktalarının yaz döneminde mutfakta ölçülen Σ_9 PAH konsantrasyonları

Yaptığımız çalışmada 4 numaralı örnekleme noktasındaki Σ_9 PAH konsantrasyon değeri $0,313 \text{ ng/m}^3$ olarak hesaplanmıştır. Örnekleme noktasal olarak değerlendirildiğinde mutfakta herhangi bir pişirme aktivitesinin gerçekleştirilmediği bilgisi edinilmiştir. Bu sebeple diğer örnekleme noktalarına göre ölçülen PAH konsantrasyonu düşük çıkmıştır.

Bunun yanı sıra 9 numaralı örnekleme noktasının Σ_9 PAH konsantrasyonu $106,78 \text{ ng/m}^3$ ile en yüksek değerdir. Bu örnekleme noktası kırsal bölgede yer aldığı için arka plan olarak düşünülmüştür. Ancak örnekleme noktasının özellikleri ve fiziksel şartları değerlendirildiğinde yüksek PAH konsantrasyonlarının hesaplanmış olması literatür değerleri ile paralellik göstermektedir. Bu örnekleme noktasına ait mutfakta herhangi bir havalandırma mevcut değildir. Yemek pişirme aktivitesinden kaynaklanan emisyonların bir kısmı camlar açılarak havalandırılması sağlanmaktadır bir kısmı da mutfak iç ortamına yayılmaktadır. Ayrıca bu noktanın bahçesinde odun ateşinde yemek yapılması kirletici miktarı artırmaktadır. Evlerin iç ortam havalandırması ve özellikleri PAH'lar için kirlilik faktörü olabilmektedir (Su-Hong Pan., 2012).

9 nolu örnekleme noktası mutfağında yoğun olarak zeytinyağı kullanılmaktadır. Yağınuzun süre yanmasından dolayı bu noktanın mutfağındaki PAH kirletici konsantrasyon değeri yüksek çıkmış olabilir (Zhu ve diğ., 2003; Moret ve Conte., 2000). Ayrıca 9 numaralı örnekleme noktasında 3 yetişkin ve 1 çocuk olmak üzere toplam 4 kişi devamlı olarak yaşamaktadır. Diğer evlerde ikamet eden kişi sayısını göz önünde bulundurursak, 9 nolu örnekleme noktası nüfusu en fazla olan örnekleme noktasıdır. Bu durum PAH kirletici kaynağının yüksek çıkmasına etken olabilmektedir.

9 nolu örnekleme noktası kırsal bir kesimde yer almaktadır. Bu nokta için PAH kirletici kaynağı olarak kömür-odun, zirai vb. yakıtlar gösterilebilir. Odun yanmaları PAH kaynaklarındandır (Bulletin., 2001; Oanh ve diğ., 1999). Yaz döneminde kırsal bölgede gerçekleştirilen yanma aktiviteleri (odun ateşinde ekmek yapımı vb.) mutfaktan alınan yüksek PAH konsantrasyonuna neden olmaktadır.

5.1.1.3 Yaz Dönemi Dış ortamda Ölçülen PAH Konsantrasyon Seviyeleri

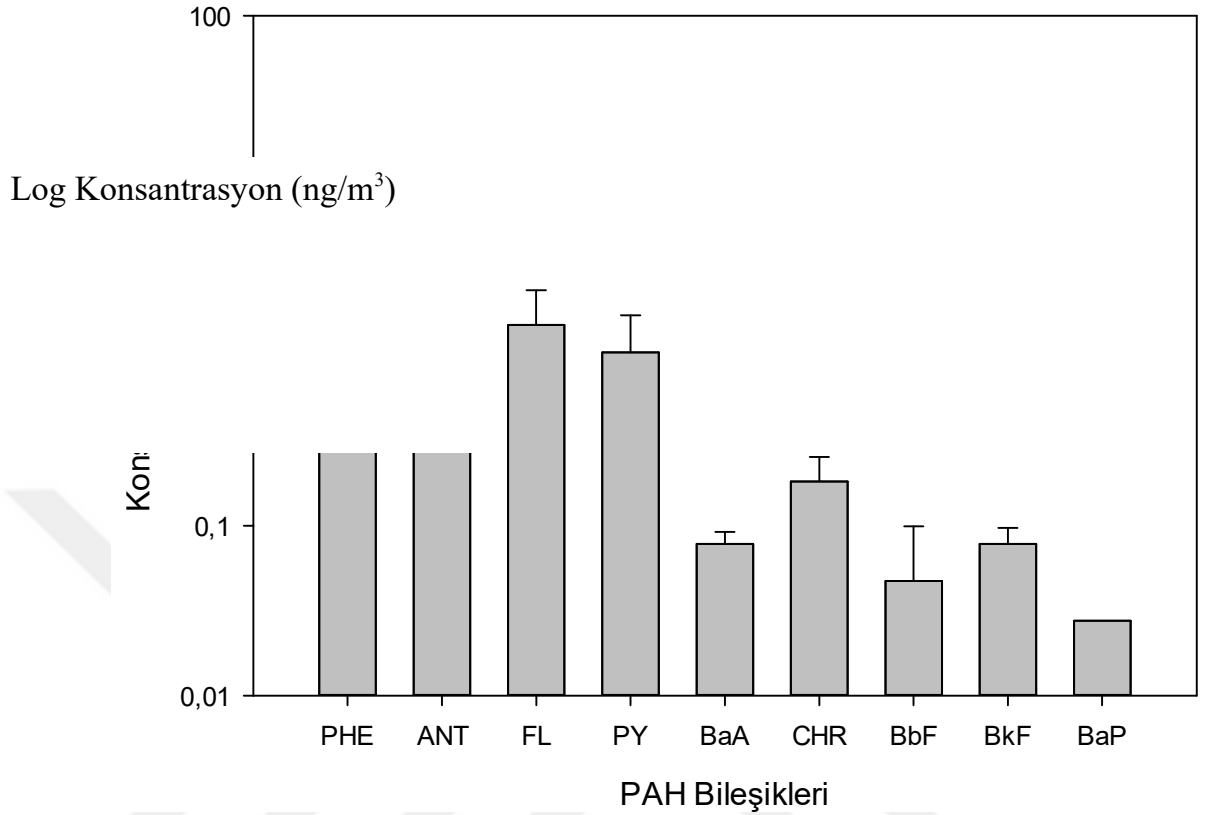
Yaz döneminde Bursa'nın 6 farklı noktasının dış ortamından alınan örneklere ait Σ_{10} PAH bileşiği konsantrasyonlarıyla ilgili sonuçlar Çizelge 5.3' de yer almaktadır. Yaz dönemi dış ortamda ölçülen en yüksek konsantrasyonlarının PHE ve ANT olduğu belirlenmiştir. (Çizelge 5.3).

Yapılan çalışmadaki iç ortam hesaplamalarında BghiP PAH Bileşiğine rastlanmazken dış ortam konsantrasyonlarında bu değer düşük de olsa hesaplanabilmiştir. BghiP bileşiği araç emisyonlarından kaynaklanmaktadır (Katsoyiannis ve diğ., 2011; Miguel ve Pereira., 1989). Atmosfere yayılan en geniş PAH kaynağı motorlu araçlardan kaynaklanmaktadır (Harrison ve diğ., 1996; Marr ve diğ., 1999). Ayrıca trafik önemli bir PAH kaynağıdır (Dall's Osto ve diğ., 2011).

Çizelge 5.3. Yaz dönemi dış ortam örneklerindeki PAH bileşiklerine ait konsantrasyonlar (ng/m^3)

PAH Bileşikleri	Örnek Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
PHE	6	4,52	2,62	2,33	8,67
ANT	6	3,59	2,08	0,15	6,89
FL	6	1,52	0,9	0,31	2,79
PY	6	1,04	0,68	0,24	2,02
BaA	6	0,08	0,01	0,06	0,09
CHR	6	0,18	0,07	0,05	0,25
BbF	6	0,05	0,05	0,01	0,08
BkF	6	0,08	0,02	0,05	0,09
BaP	6	0,03	-	0,03	0,03
BghiP	6	0,01	-	0,001	0,006

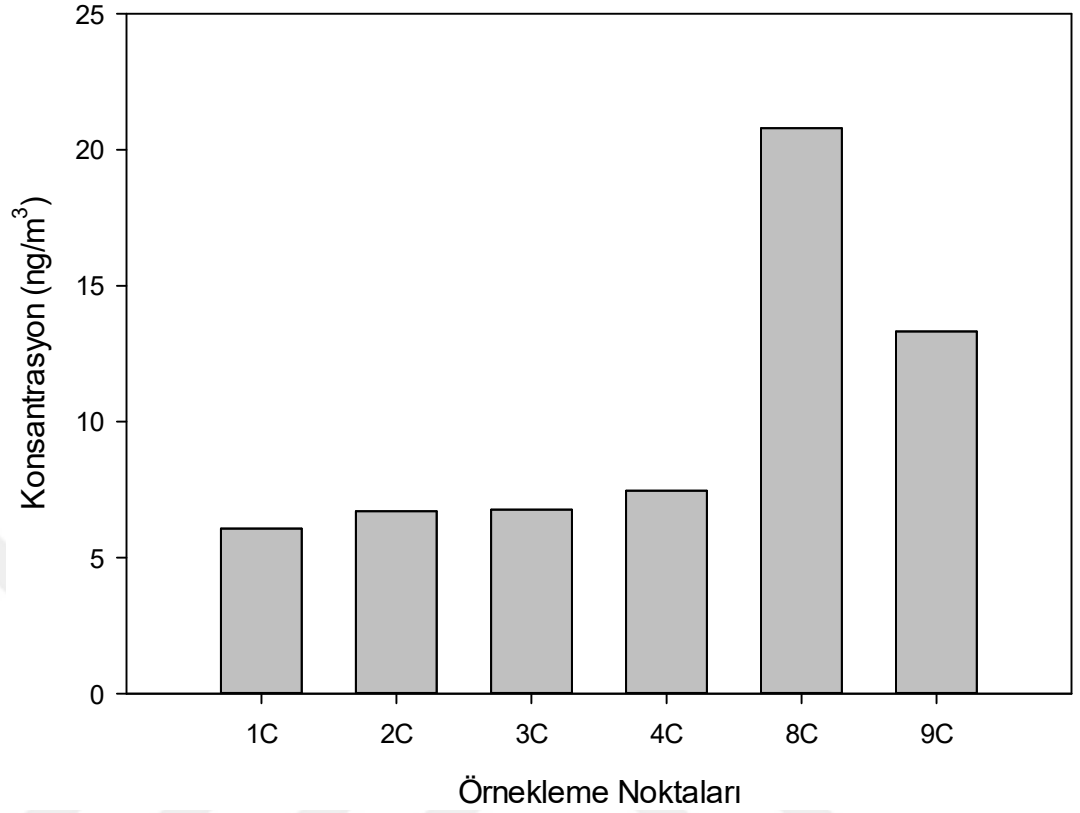
10 farklı PAH türü için yaz dönemi dış ortamda ölçülen konsantrasyon değerleri en düşük 0,006 ile en yüksek 4,51 ng/m³ arasında değişiklik göstermektedir. Şekil 5.5’de dış ortam yaz döneminde ölçülen PAH bileşiklerine ait ortalama konsantrasyonlar görülmektedir.



Şekil 5.5 Yaz dönemi dış ortamdaki PAH bileşiklerinin ortalama konsantrasyonları

Dış ortamda ölçülen PAH bileşiklerine ait konsantrasyon değerleri, iç ortama göre (oturma odası ve mutfak) daha düşük olduğu gözlenmiştir. Bu durum daha önce yapılan çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Masih ve arkadaşlarının (2009) yaptığı çalışmada ortalama PAH konsantrasyonları mutfak, oturma odası ve dış ortam için sırasıyla 1946,84 ng/m³, 1666,78 ng/m³, 1212,37 ng/m³ olarak hesaplanmıştır. Yaz döneminin dış ortam örneklerinde tüm PAH bileşiklerine ait konsantrasyon değerleri 10 ng/m³'ün altındadır. Benzer durum yaptığımız çalışmada da mevcuttur. Yaz dönemi ortalama PAH konsantrasyon değerleri mutfak>oturma odası>dış ortam olarak belirlenmiştir (Masih ve diğ., 2010).

Belirlenen 6 farklı örnekleme noktasının dış ortamından alınan örneklerdeki Σ_9 PAH konsantrasyon değerleri Şekil 5.6'da yer almaktadır.



Şekil 5.6. Örnekleme noktalarının yaz döneminde dış ortamda ölçülen Σ_{10} PAH konsantrasyonları

Yaz dönemi dış ortam örneklerine ait ölçülen Σ_{10} PAH konsantrasyonları 6,07 ile 20,79 ng/m³ arasında değişmektedir. Dış ortam örnekleme noktalarının ortalama Σ_9 PAH konsantrasyonu $10,19 \pm 6,13$ ng/m³'tür (Şekil 5.6). Dış ortam ölçümlerinde en yüksek Σ_9 PAH konsantrasyonu Setbaşı/Yıldırım'da (8C) ölçülmüştür. Bu örnekleme noktası konumu itibari ile trafiğin ve araç emisyonlarının yoğun olduğu noktada bulunmaktadır.

Belirlenen örnekleme noktalarının iç ortamlarından alınan örneklerin Σ_9 PAH konsantrasyon değerleri dış ortam PAH konsantrasyon değerlerine göre daha yüksek bulunmuştur.

Bu duruma uymayan 4 nolu ve 8 nolu örnekleme noktalarıdır. Bu noktalarda kirletici kaynağı olarak trafiğin yoğun olduğu bölgelerde yer aldığından dolayı taşıt emisyonlarının neden olduğunu söylemek mümkündür. Önceki yapılan çalışmalarda yol kenarındaki örnekleme noktasının dış ortam PAH konsantrasyonlarının iç ortam PAH konsantrasyonlarına göre yüksek olduğu bulunmuştur (Masih ve diğ., 2010).

5.1.2 Sonbahar Dönemi Ölçülen PAH Konsantrasyonları

5.1.2.1 Sonbahar Dönemi Oturma Odasında Ölçülen PAH Konsantrasyon Seviyeleri

Sonbahar döneminde 6, 8, 10 nolu örnekleme noktalarında örnekleme çalışması yapılamamıştır. Bu örnekleme noktalarına, sonbahar döneminde cihaz yerleştirilememiş olup evlerden örnek alınamamıştır. Bu nedenle sonbahar örneklerinde 9 farklı noktadan alınan örnekler üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Bursa'da 9 farklı noktanın oturma odalarında ölçülen 11 farklı PAH bileşiğinin konsantrasyonları belirlenerek Σ_{11} PAH türüne ait bulgular Çizelge 5.4'de özetlenmiştir. Sonbahar dönemi oturma odasından alınan örneklerde ölçülen en yüksek konsantrasyonların PHE ve ANT gibi molekül ağırlığı düşük, uçucu olan bileşiklere ait olduğu Şekil 5.7'de açıkça görülmektedir.

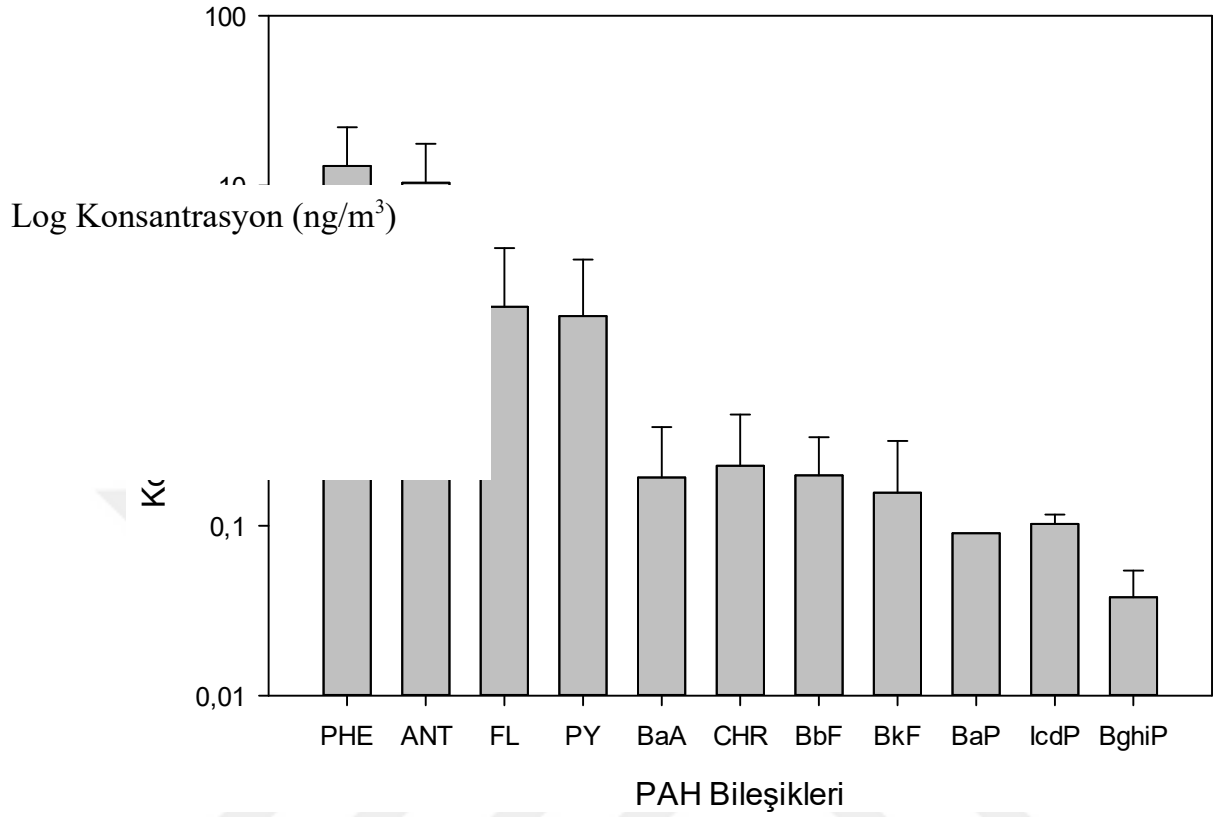
Çizelge 5.4. Sonbahar dönemi oturma odası örneklerindeki PAH bileşiklerine ait konsantrasyonlar (ng/m³)

PAH Bileşikleri	Örnek Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
PHE	9	13,09	9,04	3,06	27,35
ANT	9	10,43	7,18	2,45	21,74
FL	9	1,94	2,36	0,59	7,56
PY	9	1,71	1,96	0,43	5,13
BaA	9	0,19	0,19	0,04	0,58
CHR	9	0,22	0,22	0,06	0,75
BbF	9	0,19	0,13	0,09	0,39
BkF	9	0,15	0,16	0,03	0,49
BaP	9	0,09	-	0,09	0,09
IcdP	9	0,1	0,01	0,09	0,11
BghiP	9	0,03	0,02	0,01	0,05

Havaların soğumaya başladığı, camların ve kapıların kapalı olduğu sonbahar döneminde ölçülen PAH türlerine ait konsantrasyon değerleri, trafikten kaynaklı ve evsel nitelikli olmasının yanında ısınmadan da kaynaklanmaktadır (Li ve diğ., 2006). 11 farklı PAH türü için sonbahar dönemi oturma odasında ölçülen konsantrasyon değerleri en düşük 0,03 ile en yüksek 13,09 ng/m³ olarak hesaplanmıştır. Sonbahar döneminde oturma odasındaki ortalama Σ_{11} PAH konsantrasyonu ise $27,29 \pm 19,90$ ng/m³'tür.

Sonbaharda toplanan örnekler ısınma amaçlı yakıtların kullanılmaya başladığı dönemi kapsamaktadır. Isınma olan sonbahar döneminde ölçülen yüksek PAH konsantrasyonlarının en büyük kaynağı evsel ısınma amaçlı fosil yakıt tüketimidir (Harrison ve diğ., 1996; Tsapakis ve diğ., 2005; Demircioğlu ve diğ., 2011). PAH bileşikleri bu dönemde tam olmayan tüm yanma prosesleri sonucu atmosfere verilmektedirler. Yapılan çalışmalar neticesinde fosil yakıtların oluşturduğu kirletici miktarının yüksek olduğu tespit edilmiştir (EU, 2001; EEA-EMEP, 2004; USEPA 1998).

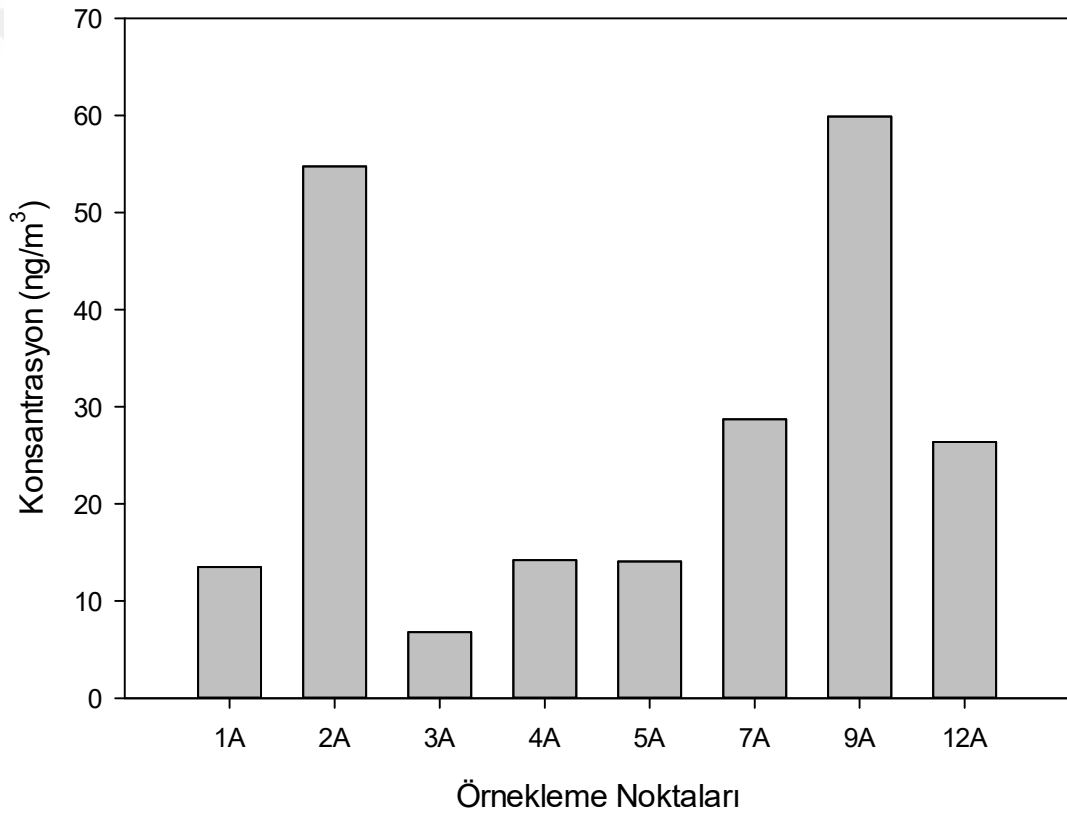
Şekil 5.7'de sonbahar mevsiminde oturma odasında ölçülen PAH bileşiklerine ait konsantrasyonlar görülmektedir.



Şekil 5.7. Sonbahar dönemi oturma odalarındaki PAH bileşiklerinin ortalama konsantrasyonları

Sonbahar dönemi oturma odasındaki Σ_{11} PAH konsantrasyonlarının yaz dönemine göre yükseldiği gözlenmiştir. Bu durumun ısınmadan kaynaklı oluşan kirleticilerdeki artışından sebep olduğu söylenebilir. Daha önceki yapılan çalışmalarda sonbahar döneminde yüksek PAH konsantrasyon değerlerinde atış gözlenmesinin sebebi saman, odun vb. yakılması gibi ısınmadan kaynaklı olduğu bulunmuştur (Zhang ve diğ., 2007; Shen ve diğ., 2013).

İç ortam oturma odasında ölçülen örnekleme noktalarına ait Σ_{11} PAH konsantrasyonları 6,81 ile 59,87 ng/m³ arasında değişmektedir. Sonbahar döneminde oturma odasından alınan örnekleme noktalarının ortalama Σ_{11} PAH konsantrasyonları ise 27,29±19,90 ng/m³'tür (Şekil 5.8).



Şekil 5.8. Örneklem noktalarının sonbahar döneminde oturma odalarında ölçülen Σ_{11} PAH konsantrasyonları

Sonbahar döneminde oturma odasından alınan örneklem noktalarına ait Σ_{11} PAH konsantrasyonları Şekil 5.8’de gösterilmektedir. Σ_{11} PAH konsantrasyonlarının en fazla olduğu nokta 59,87 ng/m³ ile Dereköy’deki örneklem noktası (9A) iken onu 54,72 ng/m³ olarak ölçülen Yenibağlar’daki örneklem noktası (2A) izlemektedir (Şekil 5.8). 9

nolu örnekleme noktasında doğalgaz bulunmamaktadır. Bu örnekleme noktasının oturma odasında ısınma amaçlı odun ve kömür gibi katı yakıtlar kullanılmaktadır. Bu durumun PAH konsantrasyonlardaki artışın nedeni olduğu söylenilebilir. Literatürde yapılan çalışmalarda odun yakılması en büyük PAH kaynakları arasında gösterilmiştir (Benner ve diğ., 1995; Rogge ve diğ., 1998). 2 nolu örnekleme noktasının iç ortamında ise sigara kullanımı söz konusudur. Sigara içmek iç ortam kirleticileri için önemli emisyon kaynaklarından (Liu ve diğ., 2001; Ohura ve diğ., 2002). 2A noktasında sigara içildiği için PAH konsantrasyon değerinin yüksek çıkması diğer çalışmalarla da benzerlik göstermektedir (Takeshi ve diğ., 2004). İç ortam PAH emisyonları sigara kullanımı, pişirme aktiviteleri, ısınma ve mobilyalardan kaynaklanabilmektedir (Liu ve diğ., 2001; Ohura ve diğ., 2002).

5.1.2.2 Sonbahar Dönemi Mutfakta Ölçülen PAH Konsantrasyon Seviyeleri

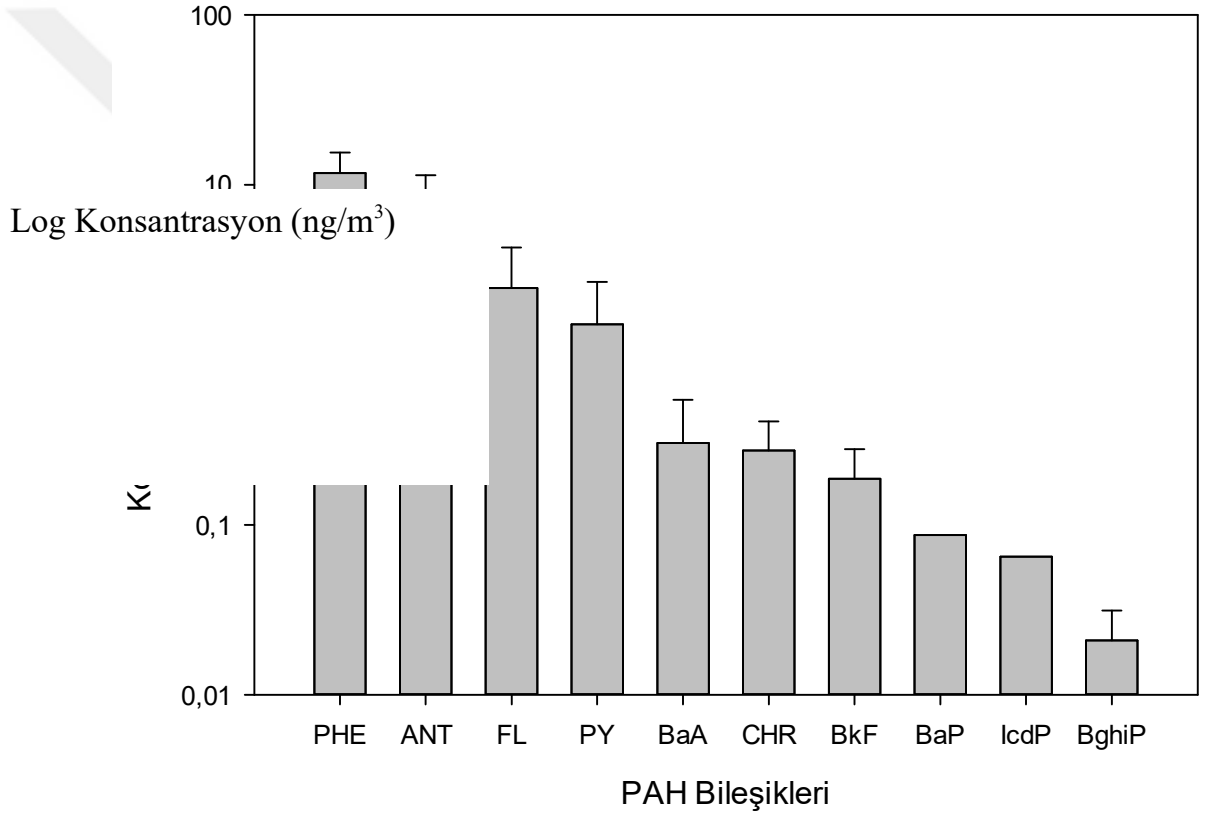
Sonbahar döneminde Bursa'nın 9 farklı noktasının mutfaklarından alınan örneklere ait Σ_{10} PAH bileşiklerinin konsantrasyonları ile ilgili sonuçlar Çizelge 5.5' de yer almaktadır. Sonbahar dönemi mutfak örneklerinde ölçülen en yüksek konsantrasyonların PHE ve ANT bileşiklerine ait olduğu belirlenmiştir (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.5. Sonbahar dönemi mutfak örneklerindeki PAH bileşiklerine ait konsantrasyonlar (ng/m^3)

PAH Bileşikleri	Örnek Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
PHE	9	11,72	3,74	7,97	17,24
ANT	9	7,81	3,55	1,27	12,70
FL	9	2,47	1,81	0,87	6,30
PY	9	1,51	1,17	0,57	3,79
BaA	9	0,30	0,24	0,12	0,69
CHR	9	0,27	0,13	0,15	0,57
BkF	9	0,18	0,09	0,06	0,35
BaP	9	0,08	-	0,09	0,08

IcdP	9	0,06	-	0,04	0,08
BghiP	9	0,02	0,01	0,007	0,03

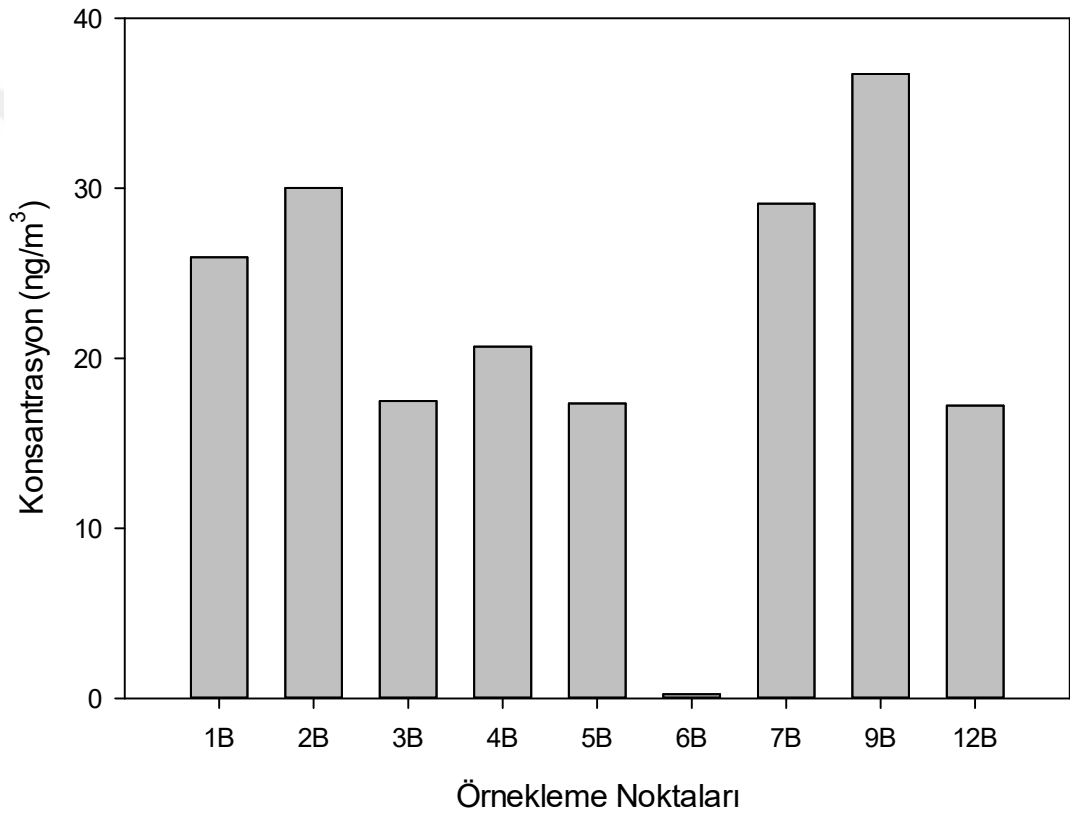
Sonbahar döneminde mutfakta ölçülen 10 PAH türü için konsantrasyondeğerleri en düşük 0,02 iken ile en yüksek 11,71 ng/m³olarak bulunmuştur. Ortalama Σ_{10} PAH konsantrasyonu ise 21,64±10,52 ng/m³'tür (Çizelge 5.5). Şekil 5.9'da sonbahar döneminde mutfakta ölçülen PAH bileşiklerine ait ortalama konsantrasyonlar görülmektedir.



Şekil 5.9. Sonbahar döneminde mutfaklardaki PAH bileşiklerinin ortalama konsantrasyonları

Sonbahar döneminde mutfaktan kaynaklanan Σ_{10} PAH konsantrasyonu incelendiğinde molekül ağırlığı düşük olan türlere ait konsantrasyonların daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum yaz dönemi örnekleri ile benzerlik göstermektedir.

Sonbahar döneminde örnekleme noktalarının mutfaklarında ölçülen 10 PAH türü için en düşük PAH konsantrasyonu 0,24 iken en yüksek PAH konsantrasyonu 36,72 ng/m³'tür. Mutfaklardan alınan örnekleme noktalarının ortalama Σ_{10} PAH konsantrasyonları ise 21,64±10,52 ng/m³tür (Şekil 5.10). Ölçüm yapılan mutfaklar arasında en yüksek Σ_{10} PAH konsantrasyonu Dereköy'deki örnekleme noktasında (9B) ölçülmüştür. Yaz dönemi için de mutfaklar örneklerinden alınan sonuçlar arasında en yüksek PAH konsantrasyonu 9 numaralı örnekleme noktasında bulunmuştur.



Şekil 5.10. Örnekleme noktalarının sonbahar döneminde mutfakta ölçülen Σ_{10} PAH konsantrasyonları

Sonbahar dönemindeki örnekleme noktalarına ait Σ_{10} PAH konsantrasyonları Şekil 5.10'da gösterilmiştir. En yüksek konsantrasyonlar ısınma amaçlı odun ve kömür kullanılan evlerin bulunduğu noktalarda ölçülmüştür (2 ve 9 nolu örnekleme noktaları).

Mutfaklardaki kirlenici kaynakları yemek pişirme ve kullanılan yağların yanmalarının yanı sıra insan aktiviteleri ve sigara kullanımı etkilidir (Zhu ve diğ., 2002).

9 nolu örnekleme noktası mutfağında zeytinyağı yoğun olarak kullanılmaktadır. Dolayısıyla bu noktadaki PAH kirletici kaynağı olarak zeytinyağının yanması gösterilebilir. 2 nolu örnekleme noktasının mutfağında sigara içilmektedir. Ayrıca sonbahar döneminde 2 nolu örnekleme noktasının mutfağında yemek yanması olayı gerçekleşmiştir. Bu durum pişirme aktivitesi olarak PAH konsantrasyon değerindeki artışın nedeni olarak gösterilebilir. Zhu ve arkadaşlarının 2003 yılında PAH kirliliğinin insan sağlığı üzerine yaptığı araştırmaya göre hiç sigara içmeyen kadınlar arasında bile uzun süre yemek yağ buharına maruz kalanlarda kansere yakalanma oranı artış gösterilmiştir. Kadınlarda deri kanseri erkeklerde mesane kanseri oranı aşçılar arasında daha fazla görülmektedir (Zhu ve diğ., 2003).

Literatürde yapılan çalışmalarda trafikten kaynaklanan iç ortam hava kirletici seviyesinin dış ortam kirlilik seviyesi ile benzerlik gösterdiği bulunmuştur (Rivas ve diğ., 2014).

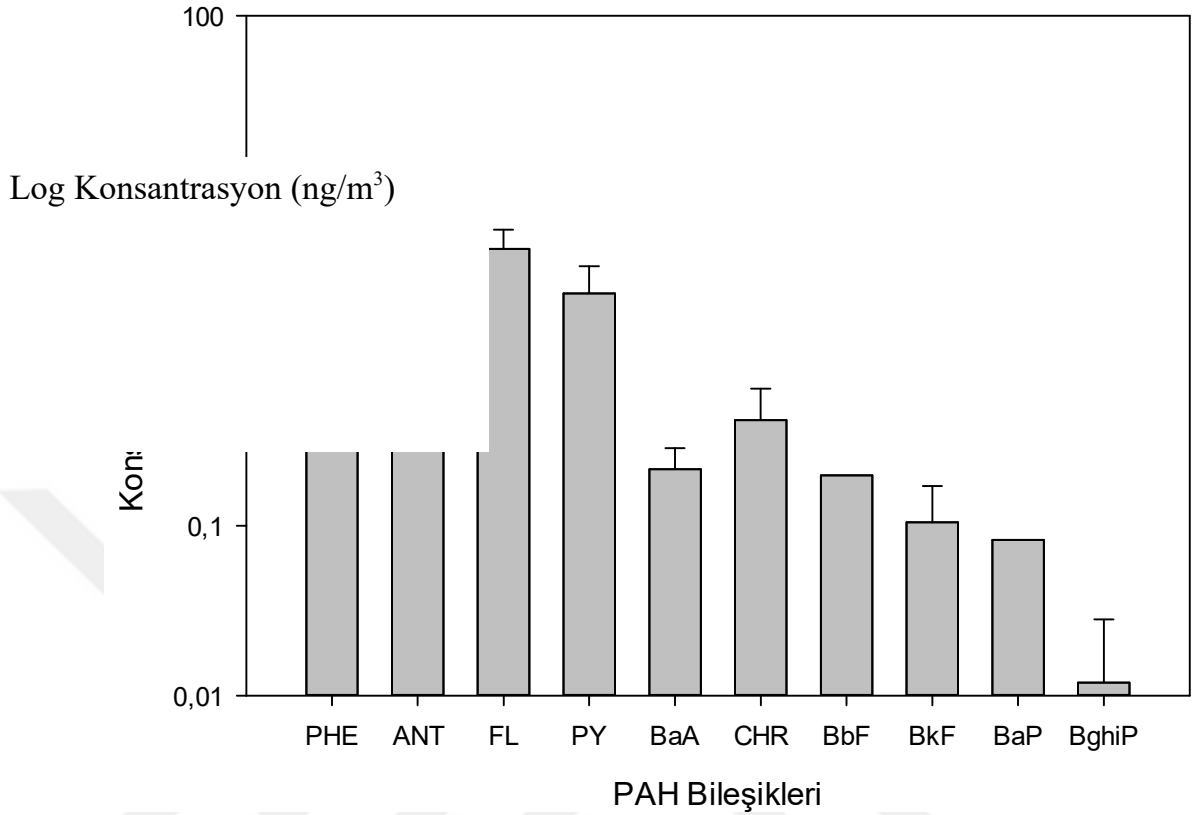
5.1.2.3 Sonbahar Dönemi Dış Ortamda Ölçülen PAH Konsantrasyon Seviyeleri

Sonbahar döneminde Bursa'nın 4 farklı noktasının dış ortamından alınan örneklere ait Σ_{10} PAH bileşik konsantrasyonlarıyla ilgili sonuçlar Çizelge 5.6'da yer almaktadır. Sonbahar dönemi dış ortamda ölçülen en yüksek konsantrasyonları yaz döneminde de olduğu gibi PHE ve ANT olduğu belirlenmiştir (Çizelge 5.6).

Çizelge 5.6. Sonbahar dönemi dış ortam örneklerindeki PAH bileşiklerine ait konsantrasyonlar (ng/m³)

PAH Bileşikleri	Örnek Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
PHE	4	9,64	3,09	6,66	12,84
ANT	4	7,76	2,42	5,40	10,24
FL	4	4,25	1,26	2,43	5,37
PY	4	2,32	1,04	1,32	3,42
BaA	4	0,21	0,07	0,13	0,28
CHR	4	0,42	0,22	0,18	0,69
BbF	4	0,19	-	0,19	0,19
BkF	4	0,10	0,07	0,05	0,19
BaP	4	0,08	-	0,08	0,08
BghiP	4	0,01	0,01	0	0,02

Sonbahar dönemi dış ortamdaki 10 PAH türü için hesaplanan en düşük PAH konsantrasyonu 0,01 iken en yüksek 9,64 ng/m³ olarak bulunmuştur. Ortalama Σ_{10} PAH konsantrasyonu ise 20,39±11,29 ng/m³'tür (Şekil 5.11). Şekil 5.11'de dış ortam sonbahar döneminde ölçülen PAH bileşiklerine ait ortalama konsantrasyonlar görülmektedir.

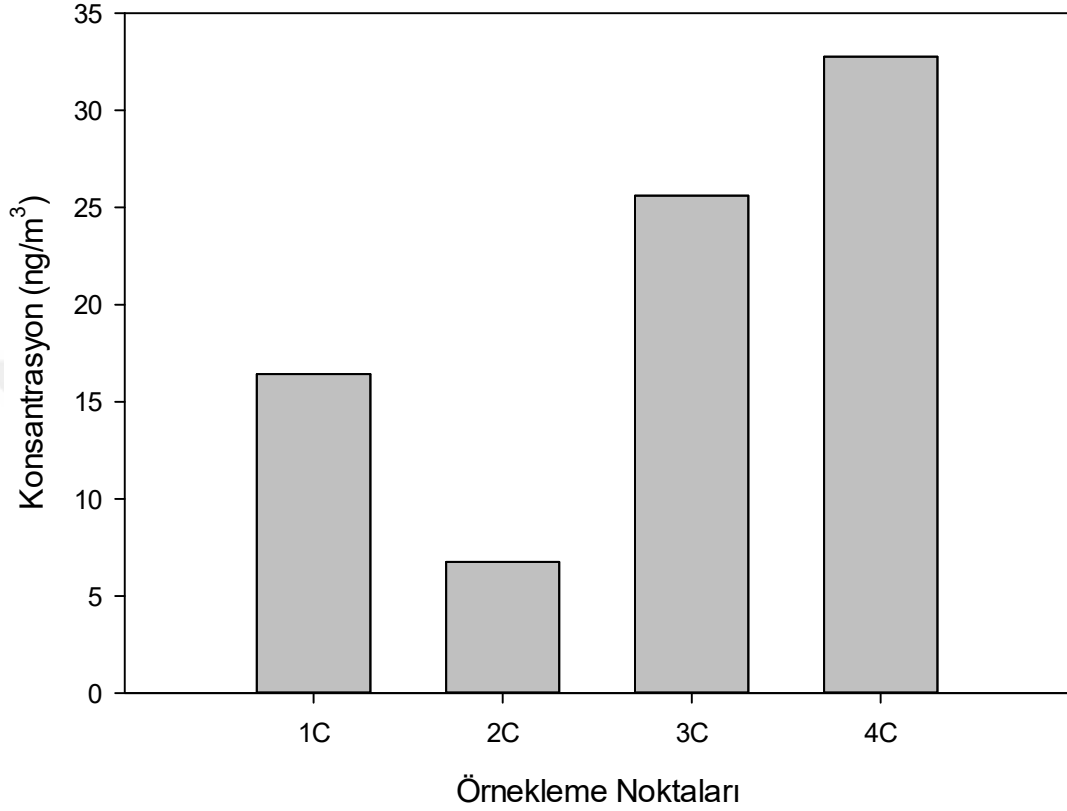


Şekil 5.11. Sonbahar dönemi dış ortamdaki PAH bileşiklerinin ortalama konsantrasyonları

Sonbahar dönemi dış ortamındaki Σ_{10} PAH konsantrasyonları incelendiğinde molekül ağırlığı arttıkça konsantrasyon değerinin azalttığı gözlenmektedir. Kış ve sonbahar mevsimlerinde taşıt kaynaklı emisyonlar ve sıcaklıkların düşmesi ile artan evsel ısınma kaynaklı emisyonlar PAH konsantrasyonlarını artırmaktadır (Liu ve diğ., 2007; Taşdemir ve Esen 2007; Vardar ve diğ., 2008). Sonbahar döneminde dış ortamda ısınma kaynaklı evlerin bacalarından çıkan emisyonların etkili olduğunu söylemek mümkündür. Bunun yanı sıra ulaşım ve endüstriden kaynaklanan PAH kirleticilerinin varlığı da söz konusudur.

Sonbahar dönemi dış ortam örneklerine ait ölçülen Σ_{10} PAH konsantrasyonları 6,74 ile 32,75 ng/m³ arasında değişmektedir. Dış ortam örnekleme noktalarının ortalama Σ_{10} PAH konsantrasyonu 20,39±11,29 ng/m³'tür (Şekil 5.12). Dış ortam ölçümlerinde en yüksek Σ_{10} PAH konsantrasyonu Karaman mahallesinde (4C) ölçülmüştür.

Sonbahar dönemi dış ortam örneklerinde geçerli veriler elde edilen 4 farklı örnekleme noktasına ait PAH konsantrasyon değerleri Şekil 5.12 de gösterilmektedir.



Şekil 5.12. Örnekleme noktalarının sonbahar döneminde dış ortamda ölçülen Σ_{10} PAH konsantrasyonları

4 nolu örnekleme noktasının Σ_{10} PAH konsantrasyon değeri sonbahar döneminde en yüksek seviyelerdedir. Bu noktanın çevresinde daha çok doğalgaz kullanımı söz konusudur. Literatürde yapılan çalışmalarda fosil yakıtlardan kaynaklanan PAH emisyonları ulaşımdan sonra ikinci sırayı alarak, en yüksek PAH emisyonu veren evsel yakıt olarak belirlenmiştir (Yang ve diğ., 2004). Bunun yanı sıra bu nokta merkezi konumda olup anayol üzerinde yer almaktadır. 4nolu örnekleme noktasının araçlardan kaynaklanan PAH kirleticilerine maruziyeti yüksek bir konumdadır. Ayrıca bu örnekleme noktasının çevresinde müstakil evler de bulunmaktadır. Dolayısıyla odun, kömür gibi fosil yakıtlar ısınma amaçlı kullanılabilir.

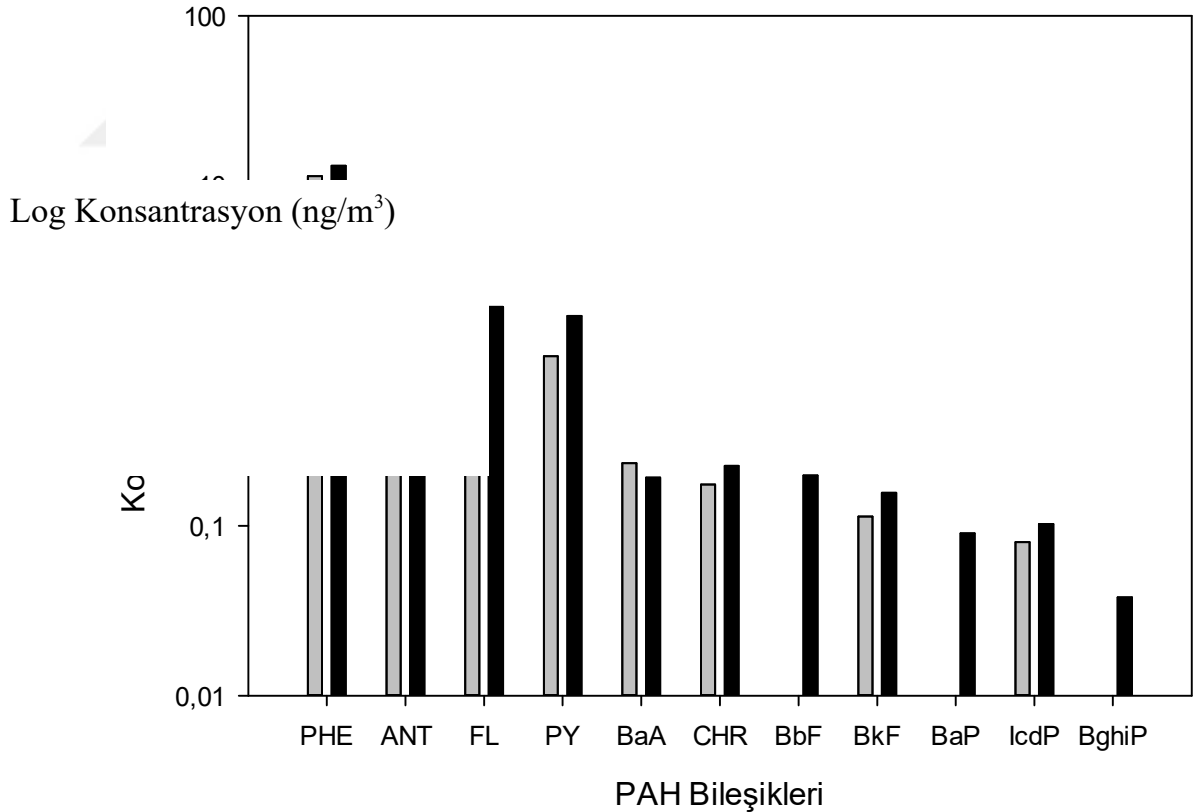
2 nolu örnekleme noktasındaki PAH konsantrasyon değeri diğer noktalara göre daha düşük bulunmuştur. Bu örnekleme noktası arayolda bulunduğu için taşıt kaynaklı emisyon oluşumu diğer noktalara göre daha az olduğu söylenebilir.

5.1.3 Mevsimsel PAH Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması

Bu çalışmada örnekleme noktalarına ait Σ_{11} PAH konsantrasyon sonuçları mevsimsel olarak da karşılaştırılmıştır.

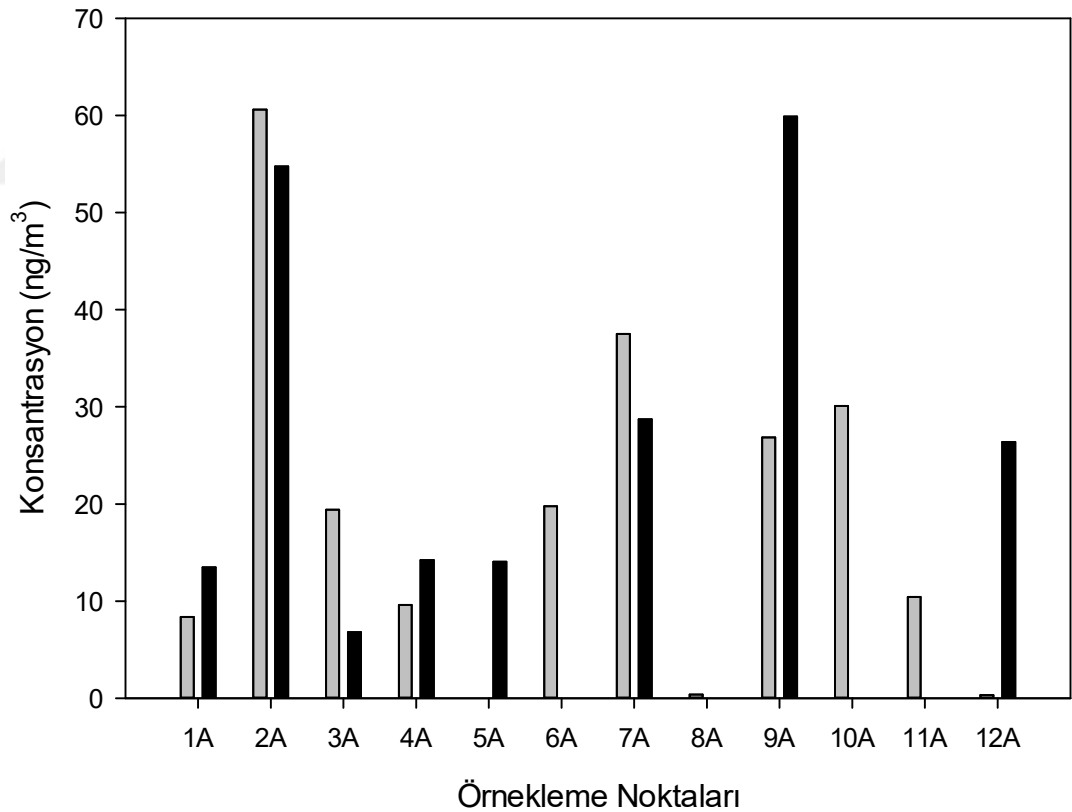
5.1.3.1 Yaz ve Sonbahar Dönemi Oturma Odasındaki PAH Konsantrasyon Seviyeleri

Şekil 5.8’de oturma odalarından alınan örnekler için yaz ve sonbahar mevsimlerindeki Σ_{11} PAH türü için konsantrasyon değerleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



Şekil 5.13. Oturma odası ortalama PAH konsantrasyonlarının mevsimsel olarak karşılaştırılması

Sonbahar örneklerinde ölçülen Σ_{11} PAH konsantrasyon değerleri yaz dönemine ait değerlerden daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bunun nedeni olarak havaların soğumaya başladığı dönemde ısınma amaçlı yakıtların yakılmasından kaynaklandığı söylenebilir. Bu durum daha önce yapılan çalışmalarla da benzerlik göstermektedir (Ohura ve diğ.,2004). Sonbahar ve yaz dönemi örnekleme bölgelerinde ölçülen Σ_{11} PAH türü içinde PHE ve ANT gibi uçucu olan bileşikler en çok rastlanan türler olmuştur. Düşük molekül ağırlığına sahip PAH'ların konsantrasyonlarına mevsimlik etkisinin onların buhar basıncı neden olmaktadır (Bidleman, 1988). Havada düşük buhar basıncına sahip birçok PAH partiküller üzerinde tutunmaktadır. PAH'lar güneşin ultraviyole ışınlarına maruz kaldığı zaman bozunmaya uğrayabilir. Atmosferde PAH'lar ozon, nitrojen oksitler, sülfür dioksit ve sülfürik asitler gibi kirleticilerle reaksiyona girebilir; toprakta ise bazı mikroorganizmalar tarafından bozulabilir (ATSDR 1995;WHO 1998).



Şekil 5.14. Oturma odasındaki örnekleme noktalarına ait Σ_{11} PAH konsantrasyonlarının mevsimsel olarak karşılaştırılması

Her bir örnekleme noktasına ait Σ_{11} PAH konsantrasyonları mevsimsel olarak karşılaştırılması Şekil 5.14'de verilmiştir. 2A örnekleme noktasında ölçülen Σ_{11} PAH

konsantrasyon değerlerinin her iki mevsimde de diğer noktalara göre daha yüksek çıkmıştır. Bunun temel nedeni 2A noktasının iç ortamında sigara içilmektedir. Sigara kullanımı, iç ortam için önemli PAH kaynakları arasında yer almaktadır (Liu ve diğ., 2001;Ohura ve diğ., 2002). Ayrıca 2A örneklem noktasının yakınında Bursa Yenikent Katı Atık Depolama Tesisi bulunmaktadır. Bu noktada yaz dönemindeki PAH kirletici kaynağının sonbahar dönemine göre fazla olmasının bir nedeni olarak sıcaklığın etkisiyle çöplerin biyolojik olarak bozunması gösterilebilir. 9A örnekleme noktasındaki Σ_{11} PAH konsantrasyonları mevsimsel olarak karşılaştırıldığı zaman sonbahar dönemindeki değerin çok daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu noktada ölçülen Σ_{11} PAH konsantrasyonunun yüksek çıkmasının nedeni sonbahar döneminde havaların soğumaya başlamasından dolayı ısınmadan kaynaklanmaktadır. Bu noktada ısınma soba ile sağlanmaktadır. Isınma olan sezonda ısınma olmayan sezona göre konsantrasyon değeri artış göstermektedir (Li ve diğ., 2006;Castro ve diğ., 2011). Konutların ısınması, insan kaynaklı PAH kirleticileri arasındadır (Liu ve diğ., 2001;Ohura ve diğ., 2002).

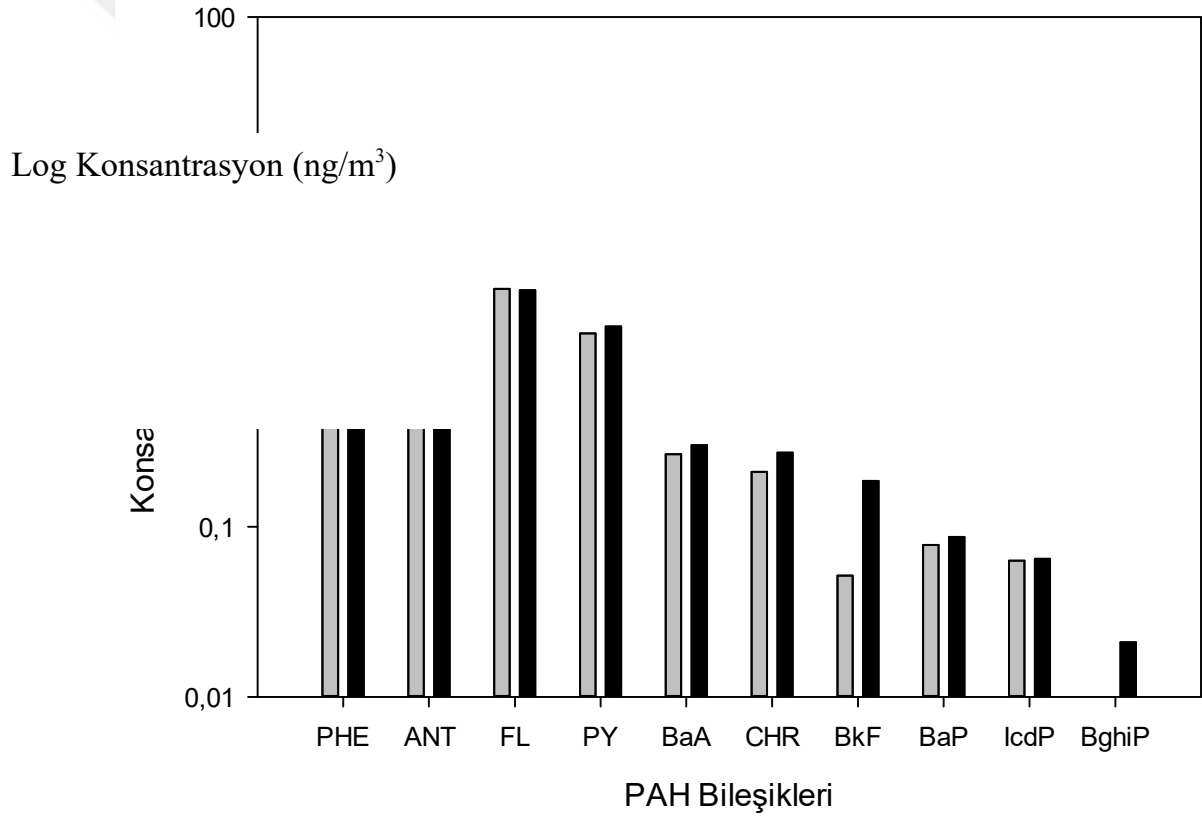
3 numaralı örnekleme noktasının oturma odasına sonbahar döneminde hava temizleme cihazı yerleştirilmiştir. Bu nokta için hesaplanan Σ_{11} PAH konsantrasyon değerleri mevsimsel olarak karşılaştırıldığında aradaki farkı konulan temizleme cihazı ile ilişkilendirmek mümkündür.

7 numaralı örnekleme noktasının oturma odasında hesaplanan PAH konsantrasyon değeri yaz döneminde sonbahar dönemine göre daha yüksek bulunmuştur. Bu örnekleme noktasının balkonunda sigara içilmektedir. Dolayısıyla bu noktadaki PAH kirleticilerinin yaz döneminde iç ortama geçişi söz konusu olabilmektedir.

5.1.3.2 Yaz ve Sonbahar Dönemi Mutfaktaki PAH Konsantrasyon Seviyeleri

Σ_{10} PAH türü için yaz ve sonbahar döneminde mutfaktan alınan örneklere ait konsantrasyonlar Şekil 5.15'deki gibi karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Her iki

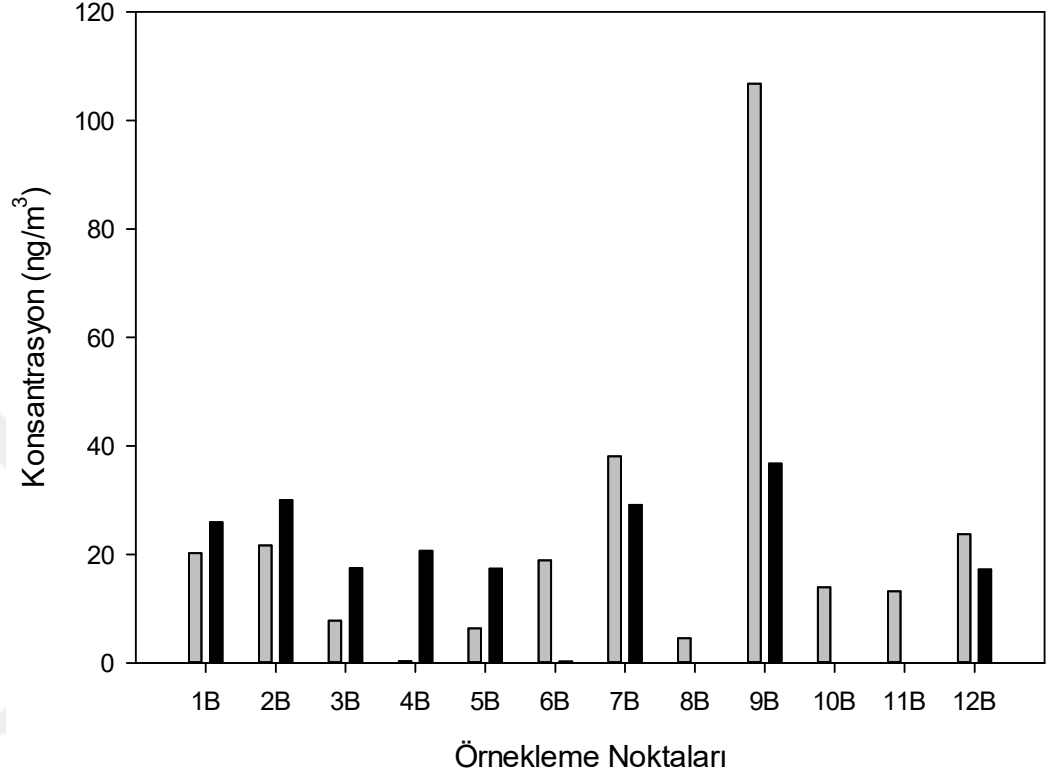
mevsimde de ölçülen konsantrasyon değerleri birbirine yakınlık göstermektedir.



Şekil 5.15. Mutfaktaki ortalama PAH konsantrasyonlarının mevsimsel olarak karşılaştırılması

Sonbahar ve yaz dönemi örnekleme bölgelerinde ölçülen PAH türleri içinde PHE ve ANT gibi uçucu olan bileşikler en çok rastlanan türler olmuştur. FL ve PY gibi PAH

türleri de yüksek konsantrasyonlardadır. Her bir örnekleme noktasına ait Σ_{10} PAH konsantrasyonlarının mevsimsel olarak karşılaştırılması Şekil 5.16’ da verilmiştir.

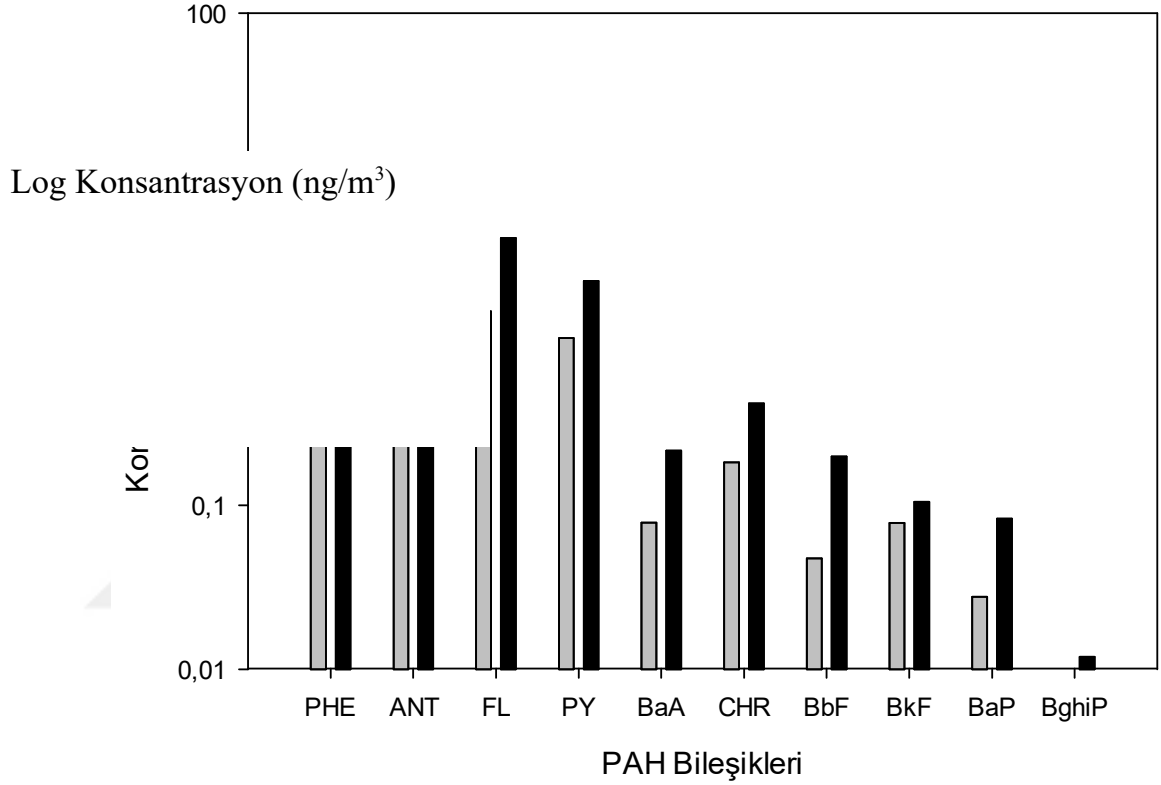


Şekil 5.16. Mutfaktaki örnekleme noktalarına ait Σ_{10} PAH konsantrasyonlarının mevsimsel olarak karşılaştırılması

9B örnekleme noktasında yaz döneminde mutfakta ölçülen Σ_{10} PAH konsantrasyonu çok yüksek çıkmıştır. Örnekleme noktasına ait mutfakta herhangi bir havalandırma ve davlumbaz sisteminin bulunmamaktadır. Evlerin havalandırılması ve özellikleri PAH’ların kontrolü açısından önemlidir (Su-Hong ve diğ., 2012). Ayrıca yaz döneminde mutfağın yanında ekmek pişirmek için odun fırınında ateş yakılabilmektedir. Dolayısıyla kapı ve pencerelerin açık olduğu yaz döneminde yanma kaynaklı kirleticilerin dış ortamdan iç ortama girdiği gözlenmektedir. PAH konsantrasyonunun artmasındaki neden yanma kaynaklı olduğu söylenebilir (Benner ve diğ., 1995, Rogge ve diğ., 1998).

5.1.3.3 Yaz ve Sonbahar Dönemi Dış Ortamdaki PAH Konsantrasyon Seviyeleri

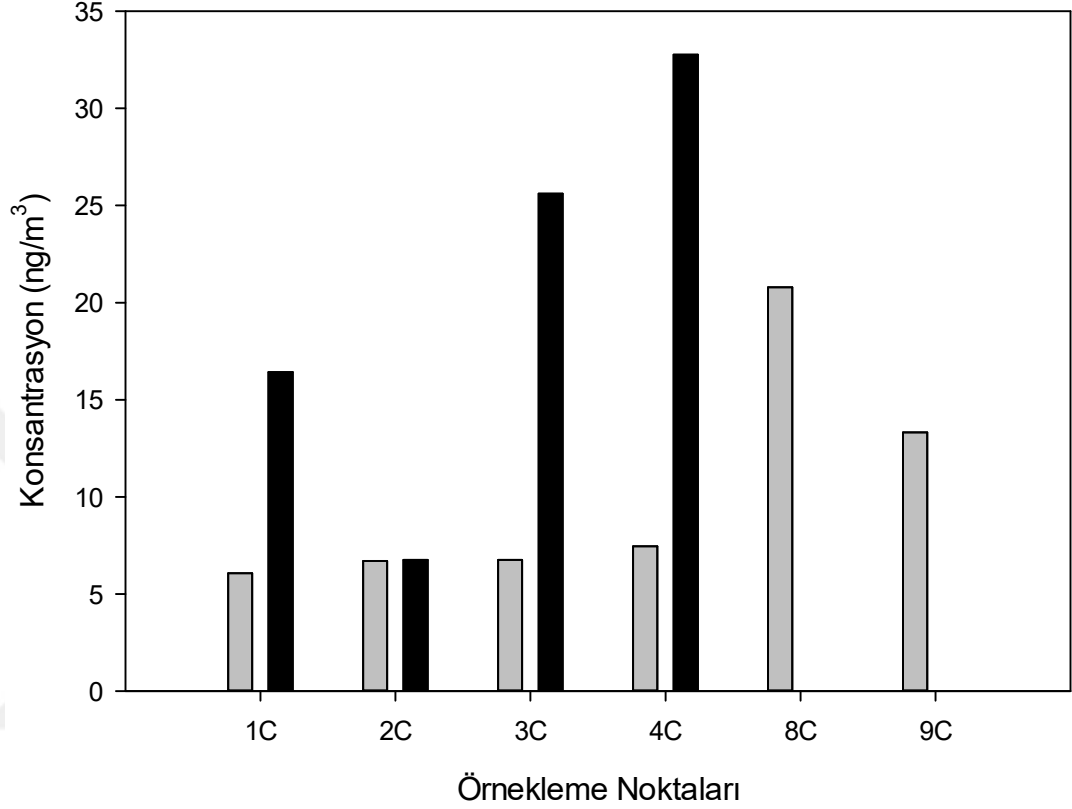
Dış ortamdaki alınan örnekler için Σ_{10} PAH türünün mevsimsel olarak karşılaştırılması Şekil 5.17’de yapılmıştır.



Şekil 5.17. Dış ortamdaki ortalama PAH konsantrasyonlarının mevsimsel olarak karşılaştırılması

Her bir PAH türü için hesaplanan Σ_{10} PAH konsantrasyonları sonbahar mevsiminde yazı göre daha yüksektir. Bunun nedenlerinin başında ısınma gelmektedir. Isınma amaçlı odun, kömür ve doğalgazın kullanılmaya başlamasıyla Σ_{10} PAH konsantrasyonlarında artış yaşandığı söylenebilir. Konutların ısınması insan kaynaklı PAH kirleticileri arasındadır (Liu ve diğ., 2001; Ohura ve diğ., 2002). Sonbahar dönemindeki artan PAH konsantrasyonlarının evsel ısınma nitelikli olduğu söylenebilir.

Dış ortamdaki her bir örnekleme noktasının mevsimsel olarak karşılaştırılması Şekil 5.18’de verilmiştir.



Şekil 5.18. Dış ortamdaki örnekleme noktalarına ait Σ_{10} PAH konsantrasyonlarının mevsimsel olarak karşılaştırılması

Sonbahar mevsiminde alınan dış ortam örneklerinin PAH konsantrasyonları yaz dönemine göre daha yüksek çıkmıştır. Sonbahar döneminde PAH konsantrasyon değerindeki artışın ısınmadan kaynaklı olduğu söylenebilir. Konut ısınması PAH kirlenici kaynaklarından (Mastral ve Callen., 2000). Örnekleme yapılan noktaların çoğunda yaz ve sonbahar dönemlerinde önemli farklılıklar varken 2 nolu örnekleme noktasının dış ortam örneklerinde belirgin bir farklılık görünmemektedir. Bunun nedeni, yaz döneminde sıcaklığın etkisiyle örnekleme noktasının yakınında bulunan çöp depolama sahasının dış ortamdaki PAH kirlenici kaynağına etkisinin olduğu gösterilebilir.

Yapılan bu çalışma, PAH’ların iç ve dış ortam konsantrasyonları ile ilgili yapılan literatür çalışmalarıyla Çizelge 5.7’de karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmada örneklerin konumu, sigara içilme/içilmeme durumu göz önünde bulundurulmuştur.



Çizelge 5.7. Çalışmada elde edilen Σ_{11} PAH konsantrasyonlarının (ng/m^3) literatür ile karşılaştırılması

Bölge	Alan	İç Ortam	Dış Ortam	Referans
Portekiz	Sigara içilen/içilmeyen	66,7-34,5	-	Castro ve diğ., 2011
Chicago	Sigara içilmeyen	36	-	Li ve diğ., 2005a
Finlandiya	Kırsal	22,5	-	Hellen ve diğ., 2008
Bursa	Kentsel	-	456-524	Tasdemir ve Esen, 2007
Teksas	Kentsel	-	3,286-160	Park ve diğ., 2001
Chicago	Kentsel	-	124,5-1151,3	Vardar ve diğ., 2004
Agra	Yol kenarı /Kentsel	4986,13-3813,62	3294,28-1212,37	Masih ve diğ., 2010
Kanpur	Kentsel	56,87	-	Bhargava ve diğ., 2004
Columbus	Kentsel	8880,86	259,57	Mitra ve diğ., 1995
Taipei	Kentsel	267	209	Li ve diğ., 200
Losangel	Kentsel	220	64	Naumova ve diğ., 2002
Houstan	Kentsel	310	160	Naumova ve diğ., 2002
Elizabeth	Kentsel	350	110	Naumova ve diğ., 2002
Tayvan	Kentsel	6258	231	Lin ve diğ., 2002

Bölge	Alan	Oturma Odası	Mutfak	Dış Ortam	Referans
Bursa	Mudanya/Yaz-sonbahar	8,37-13,49	20,24-25,94	6,07-16,42	Bu Çalışma, 2014
Bursa	Yenibağlar/Yaz-sonbahar	60,59-54,73	21,68-30,03	6,70-6,74	Bu Çalışma, 2014
Bursa	Altınşehir/Yaz-Sonbahar	19,41-6,81	7,80-17,48	6,76-25,61	Bu Çalışma, 2014
Bursa	Karaman/Yaz-Sonbahar	9,61-14,22	0,31-20,68	7,46-32,92	Bu Çalışma, 2014
Bursa	Yıldırım/Yaz	0,38	4,55	20,79	Bu Çalışma, 2014
Bursa	Dereköy/Yaz-Sonbahar	26,86-59,88	106,78-36,72	13,32	Bu Çalışma, 2014

5.1.4 İÇ/DIŞ PAH Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması

Hava kirleticileri arasındaki ilişkiyi açıklamak için, iç ve dış ortam konsantrasyonlarının oranı yaygın olarak I/O şeklinde ifade edilir (Zhu ve diğ., 2015; Wang ve diğ., 2003; 2006; Duan ve diğ., 2007). Eğer $I/O > 1.00$ ise kirletici kaynağı genellikle iç ortam iken $I/O \leq 1.00$ ise kirleticilerin dış ortam havasından kaynaklandığı söylenebilir.

Yapılan çalışmada, iç ortam için Σ_9 PAH konsantrasyonu, dış ortam için Σ_{10} PAH konsantrasyonlarının birbirine oranları Çizelge 5.8'deki gibi hesaplanmıştır. Yaz dönemi örnekleri için hesaplanan I/O oranları kontrol edildiğinde genellikle 1'den büyük olduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla her bir PAH türü için iç ortamda bulunan PAH konsantrasyonlarının daha yüksek değerlerde olduğunu söylemek mümkündür. I/O oranına göre kirleticilerin iç ortamdan dış ortama geçtiği söylenilebilir. Yaz döneminde iç ortam kirletici konsantrasyonlarının dış ortama göre daha yüksek çıktığı hesaplanmıştır. Bu durum I/O oranının 1'den büyük çıkmasını desteklemektedir. İç ortamda gerçekleştirilen faaliyetler; sigara kullanımı, pişirme aktiviteleri gibi nedenlerden dolayı kirletici kaynağının yüksek olduğu gözlenmektedir.

Sonbahar döneminde I/O oranı PHE, ANT, BaA, BkF, BaP ve BghiP değerleri için 1'den büyükken; FL, PY, CHR bileşiklerine ait I/O oranı 1'den küçük bulunmuştur. Bu sonuç bize kirletici kaynağının hem iç ortamdan hem de dış ortamdan kaynaklanabileceğini göstermektedir (Wilson ve Sulh, 1997).

Ohura ve arkadaşlarının 2003-2004 yılında Japonya'da yaptıkları bir çalışmada iç ortam ve dış ortamdaki PAH konsantrasyonları karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışmada genellikle I/O oranı 1'den küçük olduğu tespit edilmiştir. Bizim çalışmamızda ise I/O oranının 1'den büyük olduğu durumlarda hesaplanmıştır. Her iki çalışmayı birbiriyle kıyaslayacak olursak Ohura ve arkadaşları kirletici örneklerini yaz ve kış dönemlerinde toplanmıştır. Ayrıca alınan örnekler sanayi bölgesinde yer almaktadır. Dolayısıyla dış ortam PAH kirleticilerinin konsantrasyon değerlerinin yüksek olması I/O oranını 1'den küçük olmasını desteklemektedir.

PHE ve ANT gibi düşük molekül ağırlığına sahip PAH bileşiklerinin I/O oranları yaz ve sonbahar dönemlerinin tamamında 1'den büyük olduğu bulunmuştur. Bu durumda genellikle 2-3 halkalı PAH bileşiklerinin iç ortamdan kaynaklandığını söylemek

mümkündür. 4 halkalı PY ve CHR gibi PAHbileşikleri ise yaz ve sonbahar döneminin dış ortamı için hesaplanan I/O oranı 1'den küçüktür. Bu PAH bileşiklerinin dış ortamda kaynaklandığını söylemek mümkün olabilmektedir. ANT, PY ve CHR gibi kirleticiler literatüre göre doğalgaz kaynaklı kirlenmenin göstergesidir (Yang ve Chen, 2004;Li ve diğ., 1999). Bir başka literatür değerine göre düşük molekül ağırlıklı PAH'lar ve CHR ve PY'nin yüksek değerleri doğalgaz kaynağının bir diğer göstergesidir (Lee ve diğ., 2004).

Ancak genellikle PAH bileşikleri I/O oranlarında mevsimsel olarak farklılıklar göstermektedir. Bu durum PAH kirleticilerinin farklı olduğu ve örnekleme noktasının özelliklerine göre değişkenlik gösterdiğini açıklamaktadır. Literatürde düşük molekül ağırlığına sahip PAH'ların konsantrasyon değerleri uçucu bileşiklerin yüksek buhar basıncı nedeniyle mevsimsel faktörlerden etkilendiği belirlenmiştir (Bidleman, 1988). Yaz dönemi örnekleri oturma odası ve mutfak dış ortama oranlarında farklılıklar hesaplanmıştır. Yaz döneminde oturma odası örneklerinin dış ortama oranının 1'den küçük olduğu durumlarda, mutfak örneklerinin dış ortama oranının 1'den büyük olduğu bulunmuştur. Yaz döneminde mutfaktaki kirletici kaynaklarının dış ortama geçtiğini söylemek mümkündür. Yaz dönemi oturma odası için I/O oranı 1'den küçük olduğu durumlarda ise kirletici geçişi dış ortamdan iç ortama doğru olmaktadır.

Sonbaharda mutfak örnekleri ve oturma odası örneklerinin I/O oranlarıyla ilgili farklılık gözlenmemektedir. Sonbahar dönemine ait oturma odası ve mutfak örnekleri için hesaplanan I/O oranlarının 1'den büyük ve küçük olduğu durumlar aynı PAH türleri için benzerdir.

Çizelge 5.8. Sonbahar ve yaz döneminde evlerin iç ortamlarında (mutfak(M) ve oturma odası(O.O.)) ve dış ortamlarında ölçülen Σ_{10} PAH bileşiğine ait konsantrasyonlar (ng/m^3) ve I/O oranları

	YAZ			SONBAHAR				YAZ			SONBAHAR		
	İÇ ORTAM (M)	DIŞ ORTAM	I/O	İÇ ORTAM (M)	DIŞ ORTAM	I/O		İÇ ORTAM (O.O.)	DIŞ ORTAM	I/O	İÇ ORTAM (O.O.)	DIŞ ORTAM	I/O
PHE	11,76±13,37	4,51±2,62	2,60	11,72±3,74	9,64±3,09	1,36		11,40±9,09	4,51±2,62	2,52	13,09±9,04	9,64±3,09	1,22
ANT	9,42±10,67	3,59±2,08	2,62	7,82±3,55	7,76±2,42	1,34		10,07±6,90	3,59±2,08	2,81	10,44±7,18	7,76±2,42	1,01
FL	2,52±3,34	1,52±0,90	1,65	2,47±1,81	4,25±1,26	0,46		1,39±0,96	1,52±0,90	0,92	1,94±2,36	4,25±1,26	0,58
PY	1,37±1,78	1,05±0,68	1,31	1,51±1,17	2,32±1,04	0,74		0,99±0,64	1,05±0,68	0,95	1,71±1,96	2,32±1,04	0,65
BaA	0,27±0,13	0,08±0,01	3,41	0,30±0,24	0,22±0,07	0,89		0,23±0,13	0,08±0,01	2,99	0,19±0,19	0,22±0,07	1,40
CHR	0,21±,11	0,18±0,07	1,16	0,27±0,13	0,42±0,22	0,54		0,17±0,12	0,18±0,07	0,96	0,22±0,22	0,42±0,22	0,65
BbF		0,05±0,05			0,20				0,05±0,05		0,19±0,13	0,20	0,00
BkF	0,05±0,02	0,08±0,02	0,66	0,19±0,09	0,10±0,07	1,50		0,11±0,09	0,08±0,02	1,45	0,16±0,16	0,10±0,07	1,77
BaP	0,08	0,03	2,83	0,09	0,08	1,09			0,03		0,09	0,08	1,05
IcdP	0,06±0,04			0,06				0,08			0,10±0,01		
BghiP		0,006		0,02±0,01	0,01±0,02	3,18			0,006		0,04±0,02	0,01±0,02	1,75

5.1.5 PAH'ların İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

PAH'lar şehir atmosferlerinde yüksek konsantrasyonlarda bulunmalarından ve insan sağlığına ispatlanmış zararlı etkilerinden dolayı son yıllarda dünyada hava kirliliği çalışmalarında oldukça fazla yer almaktadır.

Bu çalışmada PAH kirleticileri evlerin iç ve dış ortamlarında insan sağlığını direk etkileyecek noktalarda örnekleme yapılmış olup ölçüm sonuçları kanser riski açısından değerlendirilmektedir.

PAH kirleticilerinin kanser potansiyelini hesaplarken literatürde BaPeq konsantrasyonundan yararlanılmaktadır. PAH'ların sağlık riski değerlendirmesi Çizelge 5.9'daki Nisbet ve LaGoy (1992)'un TEF değerleri kullanılarak BaPeq konsantrasyonları hesaplanmıştır (Denklem 2.1). PAH bileşiklerinin BaP ekivalent konsantrasyon değerleri Çizelge 5.9'daki gibi bulunmuştur.

Bu çalışmada PAH bileşiklerinin ekivalent konsantrasyonları iç ortam (mutfak ve oturma odası) ve dış ortam örneklerinde 0,1103, 0,1052 ve 0,0563 ng/m³ arasında değiştiği gözlenmektedir. Bu değerler hem uluslararası standart değer olan 10 ng/m³'ün hem de WHO'nun belirlediği (1 ng/m³, WHO 1987) standart değerinin altında kalmaktadır. Sonbahar döneminde hesaplanan iç ortam (mutfak ve oturma odası) ve dış ortam kanser risk değerleri 0,1131; 0,1625 ve 0,1285 ng/m³ olarak bulunmuştur. Bu değerler standartların çok altında kalmaktadır.

Buna rağmen sonbahar döneminde hesaplanan kanser risklerinin yaz dönemine göre daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Kanser riskinin en yüksek olduğu PAH bileşikleri arasında PHE ve ANT türlerinin olduğu söylenebilir.

Hem yaz hem de sonbahar döneminde iç ortam oturma odasındaki kanser riskinin dış ortamdakine göre daha yüksek olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 5.9. Örnekleme noktalarına ait PAH bileşiklerinin BaPeq ekivalent konsantrasyon değerleri (ng/m³)

PAHs	TEF	YAZ			SONBAHAR		
		İÇ ORTAM (M)	İÇ ORTAM (O.O)	DIŞ ORTAM	İÇ ORTAM (M)	İÇ ORTAM (O.O)	DIŞ ORTAM
PHE	0.001	0.0107	0.0095	0.0044	0.0104	0.0116	0.0072
ANT	0.01	0.0863	0.0755	0.0302	0.0695	0.0928	0.0582
FL	0.001	0.0009	0.0009	0.0014	0.0013	0.0017	0.0042
PY	0.001	0.0009	0.0003	0.0009	0.0013	0.0009	0.0023
BaA	0.1	0.0010	0.0117	0.0063	0.0027	0.0170	0.0161
CHR	0.01	0	0.0012	0.0016	0	0.0020	0.0042
BbF	0.1	0.0017	0	0.0016	0.0165	0.0088	0.0049
BkF	0.1	0.0065	0.0047	0.0052	0.0097	0.0139	0.01048
BaP	1	0.0021	0	0.0046	0.0014	0.0100	0.0207
IcdP	0.1	0	0.0013	0	0	0.0034	0
BghiP	0.01	0	0	0	0.0001	0.0002	0
Σ ₁₁ PAH		0,1103	0,1052	0,0563	0,1131	0,1625	0,1285

Literatürden alınan solunum yoluyla kanser potansiyeli faktör değerleri (Çizelge 5.10) (Hanedar, 2009) ile çocuk ve yetişkinler için mevsimsel olarak hesaplanan PAH'lara maruziyet dozu (Çizelge 5.11) kullanılarak kanser riskleri hesaplanmıştır. Hesaplanan değer bir milyondaki kanser olma ihtimalindeki artışa dönüştürmek için 10^6 ile çarpılarak Çizelge 5.12' de verilmiştir.

Çizelge 5.10. Solunum yoluyla kanser potansiyeli faktör değerleri(kg-gün/mg)

PAH Bileşiği	Solunum yoluyla kanser potansiyeli faktör değerleri
BaA	0.39
CHR	0.039
BbF	0.39
BkF	0.39
BaP	3.9

Hesaplamalar 6-12 yaş grubu çocuklar ve yetişkinler düşünülerek yapılmıştır. Çizelge 5.12'den de görüldüğü üzere iç ortam mutfak ve oturma odalarındaki hesaplamalara göre çocukların kanser olma riski yetişkinlere göre çok daha yüksek çıkmıştır.

İç ortam örnekleri kendi aralarında kıyasladığında, mutfak için hesaplanan kanser olma riski oturma odasına göre hem çocuklarda hem de yetişkinlerde daha yüksek çıkmıştır.

Çizelge 5.11.Solunum yoluyla maruziyet dozları($\mu\text{g}/\text{kg}\text{-gün}$)

ÖRNEKLEME NOKTALARI	YAZ				SONBAHAR			
	ÇOCUK		YETİŞKİN		ÇOCUK		YETİŞKİN	
	MUTFAK	OTURMA ODASI	MUTFAK	OTURMA ODASI	MUTFAK	OTURMA ODASI	MUTFAK	OTURMA ODASI
1	0,00012	0,00018	0,000056	0,000084	0,00017	0,00012	0,000077	0,000055
2	0,00005	0,00022	0,000022	0,0001	0,00044	0,00042	0,0002	0,0002
3	0,051	0,00014	0,000067	0,000063	0,00021	0,00022	0,000098	0,0001
4	0,059	0,00025	0,000045	0,00011	0,00028	0,00013	0,00013	0,00006
5	0,081	-	0,00011	-	0,00011	0,000057	0,00005	0,000026
6	0,088	0,000026	0,0001	0,000012	0,000071	-	0,000033	-
7	0,023	0,00002	0,000013	0,0000094	0,00016	0,000068	0,000073	0,00003
8	-	-	-	-	-	-	-	-
9	0,00011	0,000082	0,000049	0,000038	0,00041	0,00059	0,00019	0,0003
10	0,017	0,000022	0,000019	0,000011	-	-	-	-
11	0,0000093	-	0,0000043	-	-	-	-	-
12	0,000077	0,000098	0,000036	0,000045	0,00016	0,000094	0,000076	0,00004

Çizelge 5.12. Kanser Risk Oranları (1/milyon)

ÖRNEKLEME NOKTALARI	YAZ				SONBAHAR			
	ÇOCUK		YETİŞKİN		ÇOCUK		YETİŞKİN	
	MUTFAK	OTURMA ODASI	MUTFAK	OTURMA ODASI	MUTFAK	OTURMA ODASI	MUTFAK	OTURMA ODASI
1	0,047	0,04	0,022	0,019	0,143	0,03	0,066	0,014
2	0,018	0,057	0,008	0,027	0,108	0,13	0,05	0,06
3	1,998	0,035	0,016	0,016	0,052	0,063	0,024	0,029
4	2,313	0,058	0,006	0,027	0,072	0,035	0,033	0,016
5	3,299	-	0,068	-	0,019	0,015	0,009	0,007
6	3,455	0,004	0,023	0,002	0,009	-	0,005	-
7	0,913	0,001	0,0005	0,0004	0,04	0,018	0,019	0,008
8	-	-	-	-	-	-	-	-
9	0,041	0,032	0,019	0,015	0,12	0,25	0,055	0,11
10	0,671	0,006	0,003	0,003	-	-	-	-
11	0,004	-	0,002	-	-	-	-	0,011
12	0,03	0,02	0,014	0,009	0,043	0,024	0,02	0,011

Örnekleme noktalarının solunum yoluyla maruz kalınan kanser potansiyellerinin mevsimlere göre hesabının yer aldığı sonuçlar Çizelge 5.13’de gösterilmektedir.

Çizelge 5.13. Mevsimlere göre solunum yoluyla maruz kalınan kanser potansiyelleri

	BİREY	KANSER POTANSİYELLERİ
Yaz Dönemi	Çocuk	0,063
Oturma Odası	Yetişkin	0,029
Sonbahar Dönemi	Çocuk	0,104
Oturma Odası	Yetişkin	0,049
Yaz Dönemi	Çocuk	0,073
Mutfak	Yetişkin	0,034
Sonbahar Dönemi	Çocuk	0,102
Mutfak	Yetişkin	0,047

Çizelge 5.13’ten görüleceği gibi yaz dönemi oturma odası ve mutfak örneklerinde çocukların kanser potansiyellerinin yetişkinlere göre iki kat daha fazla olduğu hesaplanmıştır. Sonbahar dönemi oturma odası örneklerinde çocuklar için kanser potansiyeli 0,104 iken yetişkinler için bu değer 0,049 olarak bulunmuştur. Çocukların kanser olma potansiyelleri yetişkinlerden yaklaşık 2,5 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu oran sonbahar dönemi mutfaklarında hesaplanan kanser risk potansiyelleri ile paralellik göstermektedir.

5.1.6 PAH'ların Kaynağının Belirlenmesinde Kullanılan Tanı Oranları

Tanı oranları PAH kirletici kaynaklarının önemli bir göstergesidir. Çünkü PAH'ların izomer çiftleri içerisinde seyretmiş olarak bulunan doğal partikül maddeler karışmaktadır. Dış ortam partikül kaynakları göz önüne alındığında, iç ortam hava kirleticilerine etkisinin önemli olduğu söylenebilir. Ayrıca termodinamik bölümlenme ve kütle transfer kat sayıları karşılaştırıldığında partikül maddelerin fazlar arasında da benzer şekilde dağılmış olduğu görülür (Dickhut ve diğ., 2000).

Dış ortam PAH kirletici kaynaklarının analizi için tanı oranları kullanılmaktadır (Zhu ve diğ., 2015).

Belirli PAH bileşikleri kullanılarak tanı oranları $IcdP/(IcdP+BghiP)$, $BaA/(BaA+Chr)$ ve $BaP/BghiP$ hesaplanır ve büyük olasılıkla PAH kirletici kaynakları tahmin edilebilir. Çizelge 5.14'te tanı oranlarının hesaplanan sonuçları ve referans emisyon kaynakları verilmiştir (Yunker ve diğ., 2002).

Çizelge 5.14.Dış ortamdaki PAH'ların tanı oranları

	DIŞ ORTAM		Referans Emisyon Kaynakları
	YAZ	SONBAHA R	
$BaA/(BaA+Chr)$	0.318	0.306	<0,20 petrol kökenli 0,20-0,35 yanma kökenli >0,35 pirolitik kaynaklar

Çizelge 5.14'te yer almayan $IcdP/(IcdP+BghiP)$ oranı <0,5 ise referans emisyon kaynağı yakıt yanması, $IcdP/(IcdP+BghiP)$ oranı >0,5 ise referans emisyon kaynağı kömür/biyokütle yanması olarak belirlenmiştir. $BaP/BghiP$ oranı 0,30-0,40 arasında ise trafikten, 0,90-6,60 arasında ise kömür/biyokütle yanmasından kaynaklan PAH kirleticilerinin olduğu söylenebilir. Yapılan çalışmada $IcdP$, BaP ve $BghiP$ bileşiklerine ait konsantrasyon hesaplarında eksiklikler olduğu için yeterli veri elde edilememiştir.

Çizelge 5.14'teyer alan BaA/(BaA+Chr) oranı yaz dönemi için ortalama 0,3178 sonbahar dönemi için 0,3059 olarak hesaplanmıştır. Her iki mevsimde de PAH kirletici kaynağı 0,20 ile 0,35 arasında kaldığı gözlenmektedir. Buna göre kirletici kaynağının yanma kökenli olduğu söylenebilir.

Çizelge 5.15' de BaA/(BaA+Chr) oranı her bir örnekleme noktası için hesaplanmıştır.

Buna göre örnekleme noktalarının özellikleri dikkate alınarak PAH kirletici kaynağının kökeni belirlenmeye çalışılmıştır.

Çizelge 5.15. Örnekleme noktalarına ait BaA/(BaA+Chr) oranları

ÖRNEKLEME NOKTALARI	DIŞ ORTAM	
	YAZ	SONBAHAR
1	0,552	0,439
2	0,318	-
3	0,532	0,373
4	-	0,412

Örnekleme noktalarının kirletici kaynakları değerlendirilirken hesaplanan BaA/(BaA+Chr) oranının durumuna göre; <0,20 petrol kökenli, 0,20-0,35 yanma kökenli ve >0,35 pirolitik kaynaklardan oluştuğu düşünülmektedir.

1 nolu örnekleme noktasının tanı oranı yaz döneminde 0,552 (> 0,35) ve sonbahar döneminde 0,439 (> 0,35) olarak hesaplanmıştır. Bu durumda PAH kirliliği her iki dönemde de pirolitik kaynaklardan oluştuğu söylenebilir.

2 nolu örnekleme noktasının tanı oranı yaz döneminde 0,318 (0,20-0,35) olarak hesaplanmıştır. Bu da bu örnekleme noktasına ait kirletici kaynağının yanma kökenli olduğunu göstermektedir.

3 nolu örnekleme noktasının tanı oranı yaz döneminde 0,532 (>0,35) ve sonbahar döneminde 0,373 (>0,35) olarak bulunmuştur. Referans kirletici kaynağı baz alınarak bu noktadaki kirletici kaynağı her iki dönem için de pirolitik kökenli olduğu söylenebilir.

4 nolu örnekleme noktası için sonbahar dönemine ait tanı oranı hesaplanabilmiştir. BaA/ (BaA+Chr) oranı sonbahar dönemi için 0,412 (>0,35) olarak bulunmuştur. Bu noktanın da PAH kirletici kaynağı olarak pirolitik kaynakların sebep olduğu söylenebilir.

5.1.7 Temel Bileşen Analizi

Temel bileşen analizi (PCA) çok değişkenli bir istatistiksel analiz olup, orijinal verilerin varyanslarını oluşturan daha küçük bir veriye dönüştürür (Agarwal, 2009). Temel bileşenler analizi, veri setiyle ifade edilmiş olan bilgiyi alternatif formda ifade etmek amacıyla uygulanan bir metottür.

Değişkenler arasındaki bağımlılık yapısının yok edilmesi veya boyutindirgeme amacıyla kullanılan Temel Bileşenler Analizi tek başına kullanılan bir analiz olduğu gibi, başka analizler için veri hazırlama tekniği olarak da kullanılmaktadır. Değişkenler arasında bir bağımlılığın bulunması ve dolayısı ile bağımsız olmamaları durumunda istatistik analiz sonuçlarının yorumu oldukça güç olmaktadır. Bu gibidurumlarda kullanılan tekniklerin başında Temel Bileşenler Analizi gelmektedir (Sangün, 2007).

PCA için varyansın toplamı PAH konsantrasyonlarına uygulanmıştır. Yaz dönemi iç ortam örneklerinin PCA Analizi Çizelge 5.16'de yer almaktadır. Yapılan çalışmada PCA sonucuna göre baskın kirletici kaynağı olarak araç emisyonları, biyokitle/odun ve kömür yanmaları olduğu tespit edilmiştir. PAH bileşiklerinin 0,5'ten büyük değerleri esas alınmıştır. Öz değerler, % varyans, % kümülatif toplam ve PAH kaynakları ilgili olduğu bileşikler Çizelge 5.16'da gösterilmiştir.

PCA hesaplarında evlerin oturma odası ve mutfaklarından alınan örneklerin ortalama PAH konsantrasyonları alınarak iç ortam örnekleri olarak belirtilmiştir.

Çizelge 5.16. Yaz dönemi iç ortam örneklerine ait PAH bileşiklerinin Temel Bileşen Analizi

PAH Bileşikleri	PC1	PC2	PC3	PC4
-----------------	-----	-----	-----	-----

PHE	7,009	-0,018	-0,574	0,091
ANT	5,504	-0,282	0,662	-0,082
FL	-0,152	1,108	0,161	0,009
PY	-1,577	0,019	-0,229	-0,466
BaA	-1,972	0,031	-0,006	0,183
CHR	-2,024	-0,035	-0,004	0,185
BkF	-2,252	-0,264	-0,011	-0,010
BaP	-2,276	-0,262	0,008	0,055
IcdP	-2,260	-0,297	-0,007	0,036
Özdeğer	11,696	0,171	0,094	0,034
Varyans(%)	97,470	1,422	0,783	0,282
Kümülatif (%)	97,470	98,892	99,675	99,958
	Araç/	Araç/	Araç/	
Muhtemel kaynaklar	Odun/Kömür	Odun/Kömür	Kömür	-

0,5'ten büyük değerler koyuyla yazılmıştır.

Çizelge 5.16'daki birinci grup bileşen PC1'e göre en yüksek PAHFenantren(7,009) bileşiminde gözlenmektedir. İkinci sırada ise Antrasen(5,504) bileşimini görmek mümkündür. PC1, varyansı %97 oranında açıklamaktadır. ANT, PY, BaA, CHR, BbF, BkF ve BaP kirleticileri kömürün yanmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca PHE, ANT, PY, BaA ve CHR kirleticileri odun yanmasından kaynaklanmaktadır (Khalili ve diğ., 1995).

İkinci grup bileşen PC2'de Floranten(1,108) bileşiminin yüksek olduğu hesaplanmıştır. Bu bileşik kaynağı olarak araç aktivitelerinden kaynaklanan emisyonların oluşturduğu söylenebilir (Gupta ve diğ., 2011; Masih ve diğ., 2012). Böylece PC2'nin mobil emisyonlardan kaynaklandığı söylenebilir.

Üçüncü grup bileşen için Antrasen(0,662) bileşiminin majör kirletici kaynağının araç emisyonları ve biyoyakıt yanmaları olduğu görülmektedir (Gupta ve diğ., 2011; Masih ve diğ., 2012). Dördüncü grup bileşen için herhangi bir yorum yapılamamaktadır.

Çizelge 5.17'de sonbahar dönemi iç ortam örneklerine ait PAH bileşiklerinin Temel Bileşen Analiz sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.17.Sonbahar dönemi iç ortam örneklerine ait PAH bileşiklerinin Temel Bileşen Analizi

PAH Bileşikleri	PC1	PC2	PC3	PC4
PHE	6,861	0,196	0,371	-0,157
ANT	4,848	0,011	-0,563	0,120
FL	-0,201	-0,496	0,269	0,288
PY	-0,666	-0,535	0,137	0,204
BaA	-1,395	-0,596	-0,024	-0,050
CHR	-1,705	2,754	0,019	0,024
BbF	-1,486	-0,604	-0,023	-0,099
BkF	-1,582	0,773	-0,026	-0,031
BaP	-1,552	-0,611	-0,058	-0,087
Özdeğer	7,992	0,936	0,051	0,019
Varyans(%)	88,800	10,399	0,562	0,210
Kümülatif(%)	88,800	99,199	99,761	99,971
Muhtemel kaynaklar	Araç/ Odun/Kömür	Araç/ Odun/Kömür	-	-

0,5'ten büyük değerler koyuyla yazılmıştır.

Çizelge 5.17'deki sonuçlara göre PCA, varyansın %88 oranında gerçek değeri yansıttığı bulunmuştur. Yapılan çalışmada baskın kirletici kaynağı olarak kütle/odun ve kömür yanmaları ve taşıt emisyonlarından kaynaklandığı bulunmuştur. Benzer metodoloji kullanılarak PC1, PC2, PC3 ve PC4'de yer alan, 0,5'ten büyük bileşen değerleri vurgulanmıştır.

Birinci grup PC1'e göre özellikle Fenanten(6,861) ve Antrasen(4,848) için kirletici kaynağı dizel motor egzozları olduğu bilinmektedir (Harrison ve diğ., 1996). Ayrıca PHE ve ANT odun ve kömür yanmalarından kaynaklanan PAH bileşikleridir(Khalili ve diğ., 1995). PC1 varyansı %88 oranında açıklamaktadır.

İkinci grup PC2’de Krisen(2,754) ve Benzo(k)floranten(0,773) bileşikleri araç emisyonları ve odun/kömür yanmalarından kaynaklanmaktadır(Agarwal ve diğ., 2009; Gupta ve diğ., 2011).

Bu nedenle sonbahar döneminde kirletici kaynağına genel katkı olarak PC1 Ve PC2’de trafik ve taşıtlar, kömür yanması ve odun yanmasının etkili olduğunu söylemek mümkündür.Üçüncü ve dördüncü grup bileşenler için herhangi bir yorum yapılamamaktadır.



6. SONUÇ

Bu çalışma Bursa ili sınırları içerisinde farklı semtlerde yer alan toplam 12 adet evin iç ortam havasından ve belirlenen evlerin 6 tanesinin de dış ortam havasındaki PAH’ların seviyelerinin belirlenmesi amacıyla yaz ve sonbahar dönemi olmak üzere örnekler toplanmıştır. Toplanan örnekler, literatürde kabul görmüş metot olan pasif örnekleyciler kullanılarak, oldukça sıkı kalite güvenirlik ve kalite kontrol şartları altında analizedilmiştir. Çalışma kapsamında, on iki farklı örnekleme bölgesinde bulunan evlerin mutfak ve oturma odalarından yaz ve sonbahar dönemlerine ait örnekler

toplanmıştır. İç ortam örnekleri Mudanya, Yenibağlar mahallesi, Altınşehir mahallesi, Karaman mahallesi, 100. Yıl mahallesi, Balat, Ataevler mahallesi, Yıldırım, Dereköy, Selimiye mahallesi, Cumhuriyet mahallesi ve Çamlıca mahallesi noktalarındaki evlerden toplanmıştır. Belirlenen evlerin altı tanesinin dış ortamından da yaz ve sonbahar dönemine ait olmak üzere örnekler toplanmıştır. Dış ortam örnekleri Mudanya, Yenibağlar mahallesi, Altınşehir mahallesi, Karaman mahallesi, Yıldırım ve Dereköy noktalarındaki evlerin balkonlarından toplanmıştır.

PAH bileşiklerinin yaz döneminde mutfakta ölçülen ortalama toplam konsantrasyonları sırasıyla Mudanya 20,24 ng/m³, Yenibağlar mahallesi 21,68 ng/m³, Altınşehir mahallesi 7,81 ng/m³, Karaman mahallesi 0,31 ng/m³, 100. Yıl mahallesi 6,34 ng/m³, Balat 18,92 ng/m³, Ataevler mahallesi 38,05 ng/m³, Yıldırım 4,56 ng/m³, Dereköy 106,78 ng/m³, Selimiye mahallesi 13,93 ng/m³, Cumhuriyet mahallesi 13,21 ng/m³, ve Çamlıca mahallesi 23,72 ng/m³ olarak belirlenmiştir.

PAH bileşiklerinin yaz döneminde oturma odasında ölçülen ortalama toplam konsantrasyonları Mudanya 8,37 ng/m³, Yenibağlar mahallesi 60,59 ng/m³, Altınşehir mahallesi 19,41 ng/m³, Karaman mahallesi 9,61 ng/m³, Balat 19,79 ng/m³, Ataevler mahallesi 37,52 ng/m³, Yıldırım 0,38 ng/m³, Dereköy 26,86 ng/m³, Selimiye mahallesi 30,08 ng/m³, Cumhuriyet mahallesi 10,45 ng/m³ ve Çamlıca mahallesi 0,32 ng/m³ olarak belirlenmiştir.

PAH bileşiklerinin yaz döneminde dış ortamda ölçülen ortalama toplam konsantrasyonları Mudanya 6,07 ng/m³, Yenibağlar mahallesi 6,70 ng/m³, Altınşehir mahallesi 6,76 ng/m³, Karaman mahallesi 7,46 ng/m³, Yıldırım 20,79 ng/m³, Dereköy 13,32 ng/m³ olarak belirlenmiştir.

PAH bileşiklerinin sonbahar döneminde mutfakta ölçülen ortalama toplam konsantrasyonları Mudanya 25,94 ng/m³, Yenibağlar mahallesi 30,03 ng/m³, Altınşehir mahallesi 17,49 ng/m³, Karaman mahallesi 20,69 ng/m³, 100. Yıl mahallesi 17,35 ng/m³, Balat 0,25 ng/m³, Ataevler mahallesi 29,11 ng/m³, Dereköy 36,72 ng/m³ ve Çamlıca mahallesi 17,22 ng/m³ olarak belirlenmiştir.

PAH bileşiklerinin sonbahar döneminde oturma odasında ölçülen ortalama toplam konsantrasyonları Mudanya 13,49 ng/m³, Yenibağlar mahallesi 54,73 ng/m³, Altınşehir mahallesi 6,81 ng/m³, Karaman mahallesi 14,22 ng/m³, 100. Yıl mahallesi 14,08 ng/m³,

Ataevler mahallesi 28,72 ng/m³, Dereköy 59,88 ng/m³ ve Çamlıca mahallesi 26,38 ng/m³ olarak belirlenmiştir.

PAH bileşiklerinin sonbahar döneminde dış ortamda ölçülen ortalama toplam konsantrasyonları Mudanya 16,43 ng/m³, Yenibağlar mahallesi 6,75 ng/m³, Altınşehir mahallesi 25,61 ng/m³, Karaman mahallesi 32,76 ng/m³ olarak belirlenmiştir.

Bu çalışma, evlerin koşulları (ısıtma türü) ve evlerde yaşayan kişilerin yaşam alışkanlıklarına (ev içinde sigara içilmesi) bağlı olarak klasik kirleticilerin yanısıra, iç ortam havasında tespit edilen temizlik maddelerinden, trafik emisyonlarından, yakıt türünden, sigara dumanından ve mutfak faaliyetlerinden (yemek yanması vb.) kaynaklanan bazı ağır metaller toz taneciklerinde birikerek yeni tür kirleticiler ortaya çıkarmaktadır. Günümüzün büyük bir bölümünü iç ortamda geçirdiğimizi düşünerek hava kirliliğinin insan sağlığına olan etkisi azımsanmayacak derecede önemli olduğu görülmüştür.

Yaptığımız bu çalışmada insan sağlığına olan etkisinin belirlenebilmesi amacıyla örnekleme noktalarına ait PAH bileşiklerinin BaP ekivalent konsantrasyon değerleri (ng/m³) hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler standartların altında (<1ng/m³) kalmaktadır. Dolayısıyla örnekleme noktalarına ait iç ve dış ortalamalarında her iki mevsimde de kanser riskinin düşük olduğu söylenebilir.

Toplanan örneklerde uçuculuk özelliği fazla olan ve moleküler ağırlığı düşük olan PAH türleri (PHE, ANT, FL ve PY) baskın karakterdedir.

Toplanan örneklerde PAH'ların konsantrasyon seviyelerinin mevsimsel değişimi de incelenmiştir. PAH konsantrasyon değerleri ısınma olan (sonbahar) ve ısınma olmayan (yaz) sezonlarına göre incelendiğinde ısınma olan sezonda ısınma olmayan sezona göre konsantrasyon değerlerinin daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu durum daha önce yapılan çalışmalarla paralellik göstermektedir.

Yaz dönemi kanser risk değerlerinin iç (oturma odası, mutfak) ve dış ortam örneklerinde sırasıyla 0,11, 0,11 ve 0,06 ng/m³ arasında değiştiği gözlenmektedir. Sonbahar döneminde hesaplanan iç (oturma odası, mutfak) ve dış ortam kanser risk değerleri sırasıyla 0,11, 0,16 ve 0,13 ng/m³ olarak bulunmuştur. Bu değerler standartların çok altında kalmaktadır. Ancak sonbahar döneminde hesaplanan kanser risklerinin yaz

dönemine göre daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Kanser riskinin en yüksek olduğu PAH bileşikleri arasında PHE ve ANT türlerinin olduğu söylenebilir.

Hem yaz hem de sonbahar döneminde iç ortam oturma odasındaki kanser riskinin dış ortamdakine göre daha yüksek olduğu hesaplanmıştır.

Solunum maruziyet dozu hesaplanarak çocuklar ve yetişkinler için kanser risk oranları belirlenmeye çalışılmıştır. İç ortam mutfak ve oturma odalarındaki hesaplamalara göre çocukların kanser olma riski yetişkinlere göre çok daha yüksek çıkmıştır. Ayrıca iç ortam örnekleri kendi aralarında kıyasladığında, mutfak için hesaplanan kanser olma riski oturma odasına göre hem çocuklarda hem de yetişkinlerde daha yüksek çıkmıştır.

Yaz dönemi oturma odası ve mutfak örneklerinde çocukların kanser potansiyellerinin yetişkinlere göre iki kat daha fazla olduğu hesaplanmıştır. Sonbahar dönemi oturma odası örneklerinde çocuklar için kanser potansiyeli 0,104 iken yetişkinler için bu değer 0,049 olarak bulunmuştur. Çocukların kanser olma potansiyelleri yetişkinlerden yaklaşık 2,5 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu oran sonbahar dönemi mutfaklarında hesaplanan kanser risk potansiyelleri ile paralellik göstermektedir.

Yapılan çalışmanın tanı oranlarını belirleyebilmek için yaptığımız hesaplarda BaA/ (BaA+Chr) oranına ulaşılmış olup buna göre kaynağın petrol, yanma ya da pirolitik kaynaklardan ileri geldiği belirlenmeye çalışılmıştır. Dört örnekleme noktasından üçüne ait (1, 3 ve 4 nolu) kirleticilerin pirolitik kaynaklardan oluştuğu söylenebilir. 2 nolu örnekleme noktasına ait kirletici kaynağının yanma kökenli olduğu tanı oranlarının hesaplanmasıyla belirlenmiştir.

Tanı oranları kullanılarak temel bileşen analizi uygulanmıştır. PCA ve korelasyon hesaplarına göre iç ortam yaz ve sonbahar dönemlerindeki PAH kirleticileri araç emisyonları, kömür ve odun yanmaları gibi birincil kirletici kaynağıdır.

Yapılan çalışmada tespit edilen bulguların yanı sıra iç ortam hava kirliliğine neden olan PAH konsantrasyonlarının azaltılması ve yüksek PAH konsantrasyonlarının maruziyetine karşı alınacak önlemler farklı bir çalışma konusu olarak karşımıza çıkmaktadır. Elde edilen veriler kullanılarak iç ortam hava kirliliğinde karşılaşılan problemlerle ilgili alınacak önlemlerin tespiti üzerine çalışma geliştirilebilir. Ayrıca örnekleme noktalarına

ait PAH bileşiklerinin konsantrasyon değerleri istatistiksel analiz metodlarından uygun olanı kullanılarak aralarında anlamlı bir ilişki olup olmadığı değerlendirilebilir.

12 farklı örnekleme noktasının iç ve dış ortamlarından toplanarak ölçülen toplam PAH konsantrasyon değerleri özet halinde Çizelge 6.1.'de ng/m^3 cinsinden verilmiştir.



Çizelge 6.1. Örnekleme noktalarına ait iç ve dış ortam toplam PAH konsantrasyonları, ng/m³

ÖRNEKLEME NOKTALARI	İÇ ORTAM								DIŞ ORTAM			
	OTURMA ODASI				MUTFAK				ΣPAH	YAZ	ΣPAH	SONBAHAR
	ΣPAH	YAZ	ΣPAH	SONBAHAR	ΣPAH	YAZ	ΣPAH	SONBAHAR				
1	5	8,37	8	13,49	5	20,24	9	25,94	7	6,07	7	16,43
2	8	60,59	10	54,73	5	21,68	7	30,03	8	6,70	4	6,75
3	7	19,41	8	6,81	7	7,80	8	17,49	7	6,76	9	25,61
4	7	9,61	8	14,22	2	0,31	7	20,68	8	7,46	4	32,76
5	-	-	7	14,08	8	6,34	6	17,35	-	-	-	-
6	6	19,79	-	-	6	18,92	3	0,24	-	-	-	-
7	5	37,51	9	28,72	6	38,05	9	29,1	-	-	-	-
8	1	0,38	-	-	3	4,56	-	-	7	20,79	-	-
9	3	26,85	8	59,88	5	106,78	8	36,72	7	13,32	-	-
10	5	30,08	-	-	7	13,93	-	-	-	-	-	-
11	3	10,45	-	-	5	13,2	-	-	-	-	-	-
12	2	0,32	8	26,38	5	23,72	8	17,22	-	-	-	-

KAYNAKLAR

Agarwal, T., Khillare, P. S., Shridhar, V., & Ray, S. 2009. Pattern, sources and toxicpotential of PAHs in the agricultural soils of Delhi, India. *Journal of HazardousMaterials*, 163(2), 1033–1039.

Alyüz, B., Sevil, V., 2006. İç Ortam Havasında Bulunan Uçucu Organik Bileşikler ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Trakya University Journal of Science*, 7(2): 109-116.

ARI, A., 2008. Eskişehir atmosferindeki polisiklik aromatik hidrokarbonların(PAH'ların) derişimlerinin ve kaynaklarının belirlenmesi.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), 1995. Toxicological Profile for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs). U.S. Department of Health & Human Services. Agency for Toxic Substances and Disease Registry.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), 2001. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs, U.S. Department of Health and Human Service, Atlanta, USA.

Balasubramanian, R., Lee, S.S., 2007. Characteristics of indoor aerosols in residential homes in urban locations: a case study in Singapore. *J. AirWaste Manage. Assoc.*, 57: 981-990.

Bayram, A., Müezzinoğlu, A., Seyfioğlu, R., 1999. Precence and Control of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Petroleum Coke Drying and Calcination Plants. *Fuel Processing Technology*, 60: 111-118.

B.B. Jackson, 2004. *Multivariate Data Analysis An Introduction*, Illinois , Richard, D. Irwin, Inc., 225.

Benner, J.B.A., Wise, S.A., Currie, L.A., 1995. Distinguishing the contribution of residential wood combustion and mobile source emissions using relative concentrations of dimethyl Fenantren isomers, *Environmental Science and Technology.*, 29: 2382-2389.

Bhargava, A., Khanna, R.N., Bhargava, S.K., Kumar, S., 2004. Exposure risk to carcinogenic PAHs in indoor-air during biomass combustion whilst cooking in rural India, *Atmospheric Environment.*,38: 4761-4767.

Bidleman, T.F., 1988. Atmospheric processes, wet and dry deposition of organic compounds are controlled by their vapor-particle partitioning. *Environmental Science and Technology.*, 22: 361-367.

Birgul, A., Taşdemir , Y., Cindoruk, S.S., 2011. Atmospheric wet and dry deposition of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) determined using a modified sampler. *Atmospheric Research.*, 101(1-2): 341-353.

Birgul, A., Kurt-Karakuş, P.B., Alegria, H., Güngörmüş, E., Çelik, H., Çiçek, T., Güvâe, E.C., 2017. Polyurethane foam (PUF) disk passive samplers derived polychlorinated biphenyls (PCBs) concentrations in the ambient air of Bursa-Turkey: Spatial and temporal variations and health risk assessment. *Chemosphere.*, 168:1345-1355.

Bozlaker, A., Muezzinoglu, A. and Odabasi, M., 2008. Atmospheric concentrations, dry deposition and air–soil exchange of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in an industrial region in Turkey. *Journal of Hazardous Materials*, 153: 1093-1102.

Castellano A. V., C. J., 2003. Polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air particle in the city of Las Palmas de Gran Canaria.

Castro, D., Slezako, K., Delereu-Matos, C., Alvim-Ferraz, M.D.c., Morais, S., Pereira, M.D.C., 2011. Polycyclic aromatic hydrocarbons in gas and particulate phases of indoor environments influenced by tobacco smoke: levels, phase distributions and health risks. *Atmospheric Environment.*, 45: 1799-1808.

Cetin, B., Odabasi, M., 2008. Atmospheric concentrations and phase partitioning of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in Izmir, Turkey, *Chemosphere.*, 71:1067-1078.

Cheng, H., Deng, Z., Chakraborty, P., Liu, D., Zhang, R., Xu, Y., Luo, C., Zhang, G., Li, J., 2013. A comparison study of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons in three Indian cities using PUF disk passive air samplers. *Atmospheric Environment.*, 73: 16-21.

Cindoruk, S.S., Birgöl, A., Taşdemir, Y., 2008. Islak Çökeltmenin Büyük Su Kütelleri Üzerine Olan Etkisi ve Bir Islak Çökeltme Örnekleycisinin Geliştirilmesi, Van Gölü Hidrolojisi ve Kirliliği Konferansı, 21–22 Ağustos 2008, DSİ XVII. Van: Bölge Müdürlüğü.

Dall'Osto, M., Thorpe, A., Beddows, DCS., Harrison, RM., Barlow, JF., Dunbar, T., 2011. Remarkable dynamics of nanoparticles in the urban atmosphere. *Atmos ChemPhys*, 11(13): 6623-37.

Delgado-Saborit, J. M., 2011. Carcinogenic potential, levels and sources of polycyclic aromatic hydrocarbon mixtures in indoor and outdoor environments and their implications for air quality standards. *Environmental International*.

Destailats, H., Singer, B.C., Lee, S.K., Gundel, L.A., 2006. Effect of ozone on nicotine desorption from model surfaces: evidence for heterogeneous chemistry. *Environmental Science and Technology*, 40: 1799-1805.

Dickhut R. M., C.E., 2000. Automotive sources of carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons associated with particulate matter in the Chesapeake Bay Region. *Environmental Science and Technology*.

Duan, J.C., Bi, X.H., Tan, J.H., Sheng, G.Y., Fu, J.M., 2007. Seasonal variation on size distribution and concentration of PAHs in Guangzhou City, China. *Chemosphere*, 67: 614–622.

Esen, F., 2006. Bursa Atmosferin'deki Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların (PAH'ların) Gaz/Partikül Konsantrasyon Dağılımları ve Kuru Çökelme Miktarları. Doktora Tezi. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Esen, F., Cindoruk, S.S., Taşdemir , Y., 2006. Ambient Concentrations and Gas/Particle Partitioning of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in an Urban Site in Turkey. *Environmental Forensics*, 7: 303-312.

Esen, F., Tasdemir , Y., Vardar, N., 2008. Atmospheric concentrations of PAHs, their possible sources and gas-to-particle partitioning at a residential site of Bursa, Turkey. *Atmospheric Research*, 88: 243-255.

Esen, F., Tasdemir, Y., Cindoruk, S.S., 2010. Dry deposition, concentration and gas/particle partitioning of atmospheric carbazole. *Atmospheric Research*, 95: 379-385.

EPA, 2003. Appendix A to 40 CFR, Part 423-126 Priority Pollutants Available from: [http:// www.epa.gov/region01/npdes/permits/generic/prioritypollutants.pdf](http://www.epa.gov/region01/npdes/permits/generic/prioritypollutants.pdf). (Erişim tarihi: 22.08.2015)

Fang, G., Wu, Y., Chen, M., Ho, T., Huang, S. and Rau, J., 2004. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons study in Taichung, Taiwan, during 2002-2003. *Atmospheric Environment*, 38: 3385-3391.

Fanger, P. O. 2004. How to make indoor air quality one hundred times better while saving energy, VI. İstanbul.

Finlayson-Pitts, B. P., 1998. *Atmospheric Chemistry Fundamentals and Experimental Techniques*.

Finlayson-Pitts, B.J., Pitts Jr., J.N., 2000. *Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere. Theory, Experiments and Applications*. Academic Press. New York, USA, 969.

Formme, H., Lahrz, T., Piloty, M., Gebhardt, H., Oddoy, A., Ruden, H., 2004. Polycyclic aromatic hydrocarbons inside and outside of apartments in an urban area, *Science of the Total Environment*, 326: 143-149.

Gaga, E.O., Ari, A., 2011. Gas-particle partitioning of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in an urban traffic site in Eskisehir, Turkey. *Atmospheric Research*, 99: 207-216.

Garban, B., Blanchoud, H., Motelay-Massei, A., Chevreuil, M., Ollivon, D., 2002. Atmospheric bulk deposition of PAH's onto France: Trends from urban to remote sites. *Atmospheric Environment.*, 36: 5395-5403.

Gryniewicz, M., P. Z., 2002. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in bulk precipitation and runoff waters in an urban region (Poland).

Gupta, S., Kumar, K., Srivastava, A., Srivastava, A., & Jain, V. K., 2011. Sizedistribution and source apportionment of polycyclic aromatic hydrocarbons(PAHs) in aerosol particle samples from the atmospheric environment of Delhi,India. *Science of the Total Environment.*, 409(22), 4674–4680.

Hanedar, A., 2009. İstanbul'da Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların Atmosferik Birikiminin ve Konsantrasyon Dağılımının Belirlenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniv. Fen Bil. Enst. Çevre Müh. Böl.

Harrison, R.M., Smith, D.J.T., Luhana, L., 1996. Source apportionment of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons collected from an urban location in Birmingham, UK. *Environmental Science and Technology.*, 30: 825-832.

He, J., Balasubramanian, R., 2010. The exchange of SVOCs across the air-sea interface in Singapore's coastal environment. *Atmospheric Chemistry and Physics.*, 10(4): 1837-1852.

Hellen, T., Hakola, H., Haaparanta, S., Pietarila, H., Kauhaniemi, M., 2008. Influence of residential wood combustion on local air quality. *Science of the Total Environment*, 393: 283-290.

Kanaly, R.A., Harayama, S., 2000. Biodegradation of high-molecularweight polycyclic aromatic hydrocarbons by bacteria. *J. Bacteriol.*,182: 2059-2067.

Katsoyiannis, A., Sweetman, A.J., Jones, K.C., 2011. PAH molecular diagnostic ratios applied to atmospheric sources: a critical evaluation using two decades of source inventory and air concentration data from the UK. *Environmental Science and Technology*, 45: 8897-8906.

Khalili, N.R., Scheff, P.A., Holsen, T.M., 1995. PAH source fingerprints for coke ovens, diesel and, gasoline engines, highway tunnels, and wood combustion emissions. *Atmospheric Environment*, 29: 533-542.

Khoder, M.I., 2007. Ambient Levels of Volatile Organic Compounds In The Atmosphere Of Greater Cairo. *Atmospheric Environment*, 41:554-556.

Krugly, E., M. D., 2013. Characterization of particulate and vapor phase polycyclic aromatic hydrocarbons in indoor and outdoor air of primary schools,. *Atmospheric Environment*.

Krivacsy, Hlavay, J., 2000. The Seasonal Changes in the Concentration of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Precipitation and Aerosol Near Lake Balaton, Hungary. *Environmental Pollution*, 114: 55-61.

Kulkarni, P., Venkataraman, C., 2000. Atmospheric Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Mumbai, India. *Atmospheric Environment*, 34: 2785-2790.

Larsen, R. K. and Baker, J. E., 2003. Source apportionment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the urban atmosphere; A comparison of three methods. *Environmental Science and Technology*, 37: 1873-1881.

Lee, J. H., Gigliotti, C., Offenberg, J. H., Eisenreich, S. J. and Turpin, B., 2004. Sources of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons to the Hudson River Airshed. *Atmospheric Environment*, 38: 5971-5981.

Li, C.S., Ro, Y.S., 2000. Indoor characteristics of polycyclic aromatic hydrocarbons in the urban atmosphere of Taipei, *Atmospheric Environment.*, 34: 611-620.

Li A., Jang, J. and Scheff, P., 2003. Application of EPA CMB 8.2 model for source apportionment of sediment PAHs in Lake Calumet, Chicago. *Environmental Science and Technology.*, 37: 2958-2965.

Li, A., Schoonover, T.M., Zou, Q., Norlock, F., Conroy, L.M., Scheff, P.A., Wadden, R.A., 2005. Polycyclic aromatic hydrocarbons in residential air of ten Chicago area homes: concentrations and influencing factors. *Atmospheric Environment*, 39: 3491-3501.

Li, J., Zhang, G., Li, X., Qi, S., Liu, G., Peng, X., 2006. Source seasonality of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in a subtropical city, Guangzhou, South China. *Science of the Total Environment.*, 355: 145-155.

Lin, C.T., Chang, H.F., Hsien, H.J., Chao, R.H., Chao, R.M., 2002. Characteristics of polycyclic aromatic hydrocarbons and total suspended particulate in indoor and outdoor atmosphere of a Taiwanese temple. *Hazard. Mater.*, 95: 1-12.

Liu, Y., Zhu, L., Shen, X., 2001. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in indoor and outdoor air of Hangzhou, China. *Environmental Science and Technology*, 35: 840-844.

Mackay, D., Shiu, W.Y., Ma, K.C., 1992. *Illustrated Handbook of Physical-Chemical Properties and Environmental Fate for Organic Chemicals*, volume II of Polynuclear Aromatic Hydrocarbons, Polychlorinated Dioxins, and Dibenzofurans. Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA., 921-2167.

Mansalakis, M., Tsapakis, M., Tsoga, A., Stephanoy, E.G., 2002. Gas-particle concentrations and distribution of aliphatic hydrocarbons, PAHs, Ps and PCDD/Fs in the atmosphere of Athens (Greece). *Atmospheric Environment*, 36: 4023-4035.

Masih, J., Masih, A., Kulshrestha, A., Singhvi, R., Taneja, A., 2010. Characteristics of polycyclic aromatic hydrocarbons in indoor and outdoor atmosphere in the North central part of India. *Journal of Hazardous Materials*, 177:190-198

Masih, J., Singhvi, R., Taneja, A., Kumar, K., & Masih, H., 2012. Gaseous/particulate-bound polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), seasonal variation in Northcentral part of rural India. *Sustainable Cities and Society*, 3, 30-36.

Marr, L.C.W., Harley, R.A., Miguel, A.H., 1999. Characterization of polycyclic aromatic hydrocarbons in motor vehicle fuels and exhaust emission. *Environmental Science and Technology*, 33:3091-3099.

Mastral, A.M., Callen, M.S., 2000. A review on polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) emissions from energy generation. *Environmental Science and Technology*, 34(15): 3051-3056.

Mitra, S., Ray, B., 1995. Patterns and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons and their derivatives in indoor air. *Atmospheric Environment*, 92: 3345-3356.

Moret, S., Conte, L.S., 2000. Polycyclic aromatic hydrocarbons in edible fats and oils: occurrence and analytical methods. *J. Chromatogr.*, 882:245-253.

Naumova, Y.Y., Eisenreich, S.J., Turpin, B.J., 2002. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the indoor and outdoor air of three cities in the US. *Environmental Science and Technology*, 36: 2552-2559.

Nisbet, C. and Lagoy, P., 1992. Toxic equivalency factors (TEFs) for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). *Reg. Toxicol. Pharmacol.*, 16: 290-300.

Odabaşı, M., 1998. Measurement of PAH dry deposition and air-water exchange with the water surface sampler., Ph.D Thesis, Illinois Institute of Technology, Chicago, IL, USA.

Odabaşı, M., Sofuoğlu, A., Vardar, N., Taşdemir, Y., Holsen, T.M., 1999(a). Measurement of PAH Dry Deposition and Air-Water Exchange of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons with the Water Surface Sampler. *Environmental Science and Technology*, 33:426-434.

Odabaşı, M., Vardar, N., Sofuoglu, A., Taşdemir, Y., Holsen, T.M., 1999(b). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Chicago air. *Science of the Total Environment*, 227: 57- 67.

Ohura, T., Sugiyama, T., Amagai, T., Fusaya, M., Matsushita, H., 2002. Simultaneous liquid chromatographic determination of 39 polycyclic aromatic hydrocarbons in indoor and outdoor air and application to a survey on indoor air pollution in Fuji, Japan. *Journal of AOAC International*, 85: 188-202.

Ohura, T., Amagai, T., Sugiyama, T., Fusaya, M., Matsushita, H., 2004. Characteristics of particle matter and associated polycyclic aromatic hydrocarbons in indoor and outdoor air in two cities in Shizuoka, Japan. *Atmospheric Environment*, 38: 2045-2054.

Özcan, S., 2007. Hava Ortamında Öncelikli Organik Kirleticilerin Tayini için Analitik Metot Optimizasyonu ve Konya Kent Atmosferinde İzlenmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniv. Fen Bil. Enst. Çevre Müh. Böl.

Özcan, S., Aydın, M.E., 2009. Polycyclic aromatic hydrocarbons, polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in urban air of Konya, Turkey. *Atmospheric Research*, 93:715-722.

Pan, S.H., Li, J., Lin, T., Zhang, G., Li, X.D., Yin, H., 2012. Polycyclic aromatic hydrocarbons on indoor/outdoor glass window surfaces in Guangzhou and Hong Kong, south China. *Environmental Pollution*, 169: 190-195.

Park, S.S., Kim, Y.J., Kang, C.H., 2002. Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons in Seoul, Korea. *Atmospheric Environmental*, 36: 2917-2924.

Pekey, B., Karakas, D., Ayberk, S., 2007. Atmospheric deposition of polycyclic aromatic hydrocarbons to Izmit Bay, Turkey. *Chemosphere*, 67(3): 537-547.

Petry, T., Schmid and P., Schlatter, C., 1996. The use of Toxic Equivalency Factors in assessing occupational and environmental health risk associated with exposure to airborne mixtures of PAHs. *Chemosphere*, 32: 639-648.

Ravindra, K., Sokhi, R., van Grieken, R., 2008. Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: Source attribution, emission factors and regulation. *Atmospheric Environmental*, 42: 2895-2921.

Rivas, I., Viana, M., Morenob, T., Pandolfi, M., Amato, F., Reche, C., Bouso, L., Àlvarez-Pedrerol, M., Alastuey, A., Sunyer, J., Quero, X., 2014. Child exposure to indoor and outdoor air pollutants in schools in Barcelona, Spain. *Environmental International*, 69: 200-212.

Robinson, J., Nelson, WC., 1995. National Human Activity Pattern Survey Data Base. United States Environmental Protection Agency, Research Triangle Park.

Rogge, W.F., Hildemann, L.M., Mazurek, M.A., Cass, G.R., 1998. Sources of fine organic aerosol. 9. Pine, oak, and residential fireplaces, *Environmental Science and Technology*, 32:13-22.

Sangün, L., 2007. Temel Bileşenler Analizi, Ayırma Analizi, Kümeleme Analizleri Ve Ekolojik Verilere Uygulanması Üzerine Bir Araştırma. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Shen, H., Huang, Y., Wang, R., Zhu, D., Li, W., Shen, G., Lu, Y., 2013. Global atmospheric emissions of polycyclic aromatic hydrocarbons from 1960 to 2008 and future predictions. *Environmental Science and Technology*, 47: 6415-6424.

Sienra, M. R., Rosazza, N. G. and Prendez, M., 2005. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and their molecular diagnostic ratios in urban atmospheric respirable particulate matter. *Atmospheric Research*, 75: 267-281.

Simcik, M.F., Zhang, H., Eisenreich, S.J., Franz, T.P., 1997. Urban Contamination of the Chicago/Coastal Lake Michigan Atmosphere by PCBs and PAHs During AEOLOS. *Environmental Science and Technology*, 31: 2141-2147.

Simcik, M.F., Franz, T.P., Zhang, H., Eisenreich, S.T., 1998. Gas-particle partitioning of PCBs and PAHs in the Chicago urban and adjacent coastal atmosphere: states of equilibrium. *Environmental Science and Technology*, 32: 251-257

Singh, K. P., Malik, A., Kumar, A., Saxena, P. and Sinha, S., 2008. Receptor modeling for source apportionment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in urban atmosphere. *Environmental Monitoring Assessment*, 136: 183-196.

Sofuoglu, A., Odabaşı, M., Taşdemir, Y., Khalili, N.R., Holsen, T.M., 2001. Temperature dependence of gas-phase polycyclic aromatic hydrocarbon and organochlorine pesticide concentrations in Chicago air. *Atmospheric Environmental*, 35: 6503- 6510.

Stellman, JM., McCann, M., Warshaw, L., Brabant, C., Finklea, J., Messite, J., 1998. *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*. 4th edition International Labour Office. Geneva., 44:1-30, 45:1-25.

Sverdrup, L.E., Krogh, P.H., Nielsen, T., Kjaer, C., Stenersen, J., 2003. Toxicity of eight polycyclic aromatic compounds to red clover (*Trifolium pratense*), ryegrass (*Lolium perenne*), and mustard (*Sinapsis alba*). *Chemosphere*, 53(8): 993-1003.

Tan, J.H., Bi, X.H., Duan, J.C., Rahn, K.A., Sheng, G.Y., Fu, J.M., 2006. Seasonal variation of particulate polycyclic aromatic hydrocarbons associated with PM10 in Guangzhou, China. *Atmospheric Research.*, 80: 250-262.

Taşdemir, Y., Holsen, T.M., 2005. Measurement of particle phase dry deposition fluxes of polychlorinated biphenyls (PCBs) with a water surface sampler. *Atmospheric Environmental*, 39:1845-1854.

Taşdemir Y., Esen F., 2006. Dry deposition fluxes and deposition velocities of PAHs at an urban site Turkey Bursa.

Taşdemir, Y., Esen, F., 2007. Urban air PAHs: Concentrations, temporal changes and gas/particle partitioning at a traffic site in Turkey. *Atmospheric Research*, 84: 1-12.

TS 12281, Çevre Sağlığı-Kapalı Ortam Havası ile İlgili Tedbirler, 1997.

Tsai, P.J., Shieh, H.Y., Lee, W.J., Lai, S.O., 2001. Health risk assessment for workers exposed to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in carbon black manufacturing industry. *Science of the Total Environment.*, 278: 137-150.

Tsapakis, M. Stephanou, E.G., 2005. Occurrence of gaseous and particulate polycyclic aromatic hydrocarbons in the urban atmosphere: study of sources and ambient temperature effect on the gas/particle concentration and distribution. *Environ. Pollut.*, 133: 147-156

Vardar, N., Taşdemir, Y., Odabaşı M., E Noll, K. 2004. Characterization of atmospheric concentration and partitioning of PAHs in the Chicago atmosphere, *Science of the Total Environment*, 327:163-174.

Vardar, N., Esen, F., Taşdemir, Y., 2008. Seasonal concentrations and partitioning of PAHs in a suburban site of Bursa, Turkey. *Environ. Pollut.*, 155: 298-307.

Vasilakos, C., Levi, N., Maggos, T., Hatzianestis, J., Michopoulos, J., Helmis, C., 2007. Gas-particle concentration and characterization of sources of PAHs in the atmosphere of a suburban area in Athens, Greece. *J. Hazard. Mater.*, 140: 45-51.

Wang, G., Whang, H., Zhang, X., Huang, K., Xu, C., Tang, A., An, Z., 2006. The ion chemistry, seasonal cycle, and sources of PM_{2.5} and TSP aerosol in Shanghai. *Atmospheric Environmental.*, 40: 2935-2952.

Wang, Y., Zhuang, G., Yu, Y., Gao, S., Feng J., Gao, S., Wang, L., 2003. Chemical characterization of water-soluble components of PM₁₀ and PM_{2.5} atmospheric aerosols in five locations of Nanjing, China. *Atmospheric Environmental.*, 37:2893-2902.

Wilson, W.E., Suh, H.H., 1997. Fine particles and coarse particles: concentration relationships relevant to epidemiologic studies. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 47: 1238-1249.

Wolkoff, P., Wilkins, C., Clausen, P., Nielsen, G., 2006. Organic compounds in office environments-sensory irritation, odor, measurements and the role of reactive chemistry. *Indoor Air*, 16: 7-19.

World Health organization (WHO), 1998. Environmental health criteria 202. Selected non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons.

Yang, H.H., LEE, W.J., Chen, S.J., LAI, S.O., 1998. PAH Emission From Various Industrial Stacks. *Journal of Hazardous Materials*, 60: 159-174.

Yang, H., Chen, C., 2004. Emission inventory and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in the atmosphere at a suburban area in Taiwan. *Chemosphere*, 56: 879-887.

Yunker, M. B., Macdonald, R. W., Vingarzan, R., Mitchell, R. H., Goyette, D., Sylvestere, S., 2002. PAHs in the Fraser Rive basin: a critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition. *Org. Geochem.*, 33:489-515.

Zander, M., 1983. Physical and chemical properties of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Handbook of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons* ed A. Bjorseth, Marcel Dekker: New York, USA, 1-26.

Zhang, K., Wang, Y.S., Wen, T.W., Meslmani, Y., Murray, F., 2007. Properties of nitrate, sulfate and ammonium in typical polluted atmospheric aerosols (PM10) in Beijing. *Atmospheric Research.*, 84: 67-77.

Zhang, Y., Tao, S., 2009. Global atmospheric emission inventory of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) for 2004. *Atmospheric Environmental.*, 43: 812-819.

Zhu, L.Z., Wang, J., 2003. Sources and patterns of polycyclic aromatic hydrocarbons pollution in kitchen air, China. *Chemosphere*, 50: 611-618.

Zhu, Y., Yang, L., Menga, C., Yuan, Q., Yan, C., Dong, C., Sui X., Yao, L., Yang, F., Lu, Y., Wang, W., 2015. Indoor/outdoor relationships and diurnal/nocturnal variations in water-soluble ion and PAH concentrations in the atmospheric PM_{2.5} of a business office area in Jinan, a heavily polluted city in China. *Atmospheric Research.*, 153: 276-285.



EKLER

Ek 1: Örnekleme Noktaları olarak kullanılan evlerle ilgili anket soruları

Açıklama: Örnekleyicilerle ilgili boşluğa eve yerleştirilen pasif örnekleyicilerin yerleştirildikleri alanlar(oturma odası, mutfak ve dış ortam) belirtilecektir.

Adı-Soyadı	Adres	Örnekleyiciler
NO	SORULAR	CEVAPLAR
1	Evinizin durumu nedir? (müstakil/apartman vs.)	
2	Eviniz kaç m^2 ?	
3	Eviniz kaçınca katta bulunuyor?	
4	Evdeki oda sayısı nedir?	
5	Eviniz nasıl ısıtılıyor? (doğalgaz/soba vs.)	
6	Mutfaktaki bulunan ocak ne ile çalışıyor? (doğalgaz/elektrik)	
7	Evinizin zemin durumu nedir?(halıfleks/parke vs.)	
8	Evin anayola ve ara yollara yakınlık durumu nedir?	
9	Evin içerisinde sigara içiliyor mu?	
10	Ailedeki birey sayısı nedir?	
11	Ailedeki çocuk sayısı nedir ve yaşları nelerdir?	
12	Ailede çalışan kişi sayısı nedir?	
13	Örnekleme süresince ev kaç gün tamamen kapalı kaldı? (tatil vs.)	
14	Örnekleme süresince evde gaz kaçağı, yemek yanması vs. yaşandı mı?	

ÖZGEÇMİŞ

Adı soyadı : Gizem KAYIKÇI

Doğum Yeri ve Tarihi : Bursa ve 1990

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Mudanya Sami Evkuran Anadolu Lisesi (2004)

Lisans : Balıkesir Üniversitesi (2008)

Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi (2012)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : İslamoğlu Atık Yönetimi (2012)

: İslamoğlu Çevre Danışmanlık (2013)

İletişim (e-posta) : gizemmkayikci@gmail.com

Yayımları* :