

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**ANTALYA AKSU-FETTAHLI BÖLGESİNDE BULUNAN SERALARIN
TOPRAKLARINDA POLİSİKLIK AROMATİK HİDROKARBON
SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ**

Bihter OLGUN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZİRAN 2019

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**ANTALYA AKSU-FETTAHLI BÖLGESİNDE BULUNAN SERALARIN
TOPRAKLARINDA POLİSİKLIK AROMATİK HİDROKARBON
SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ**

Bihter OLGUN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZİRAN 2019

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ANTALYA AKSU-FETTAHLI BÖLGESİNDE BULUNAN SERALARIN
TOPRAKLARINDA POLİSİKLIK AROMATİK HİDROKARBON
SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ**

Bihter OLGUN
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi
tarafından FYL-2018-3645 nolu proje ile desteklenmiştir.**

HAZİRAN 2019

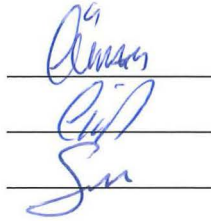
T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ANTALYA AKSU-FETTAHLI BÖLGESİNDE BULUNAN SERALARIN
TOPRAKLARINDA POLİSİKLIK AROMATİK HİDROKARBON
SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ

Bihter OLGUN
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 27/06/2019 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Güray DOĞAN
Doç. Dr. Çiğdem MORAL
Doç. Dr. Sema YURDAKUL



ÖZET

ANTALYA AKSU-FETTAHLI BÖLGESİNDE BULUNAN SERALARIN TOPRAKLARINDA POLİSİKLIK AROMATİK HİDROKARBONLARIN SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ

Bihter OLGUN

Yüksek Lisans Tezi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Güray DOĞAN

Haziran 2019; 100 sayfa

Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH'lar) biyobirikimli, kalıcı ve kanserojen oldukları için yıllardır araştırmacıların ilgisini çekmiştir. Yaşamsal bir kaynak olan tarım toprağı, gıda ve biyokütle üretiminde kilit bir işlev göstermesinden dolayı kirlilikten korunmaya muhtaçtır. Tarımsal alanların PAH'lara maruz bırakılması, besin zinciri ve direkt temas ile insanlarda ve hayvanlarda PAH'ların birikimine sebep olmaktadır. Dolayısıyla, topraktaki bu bileşiklerin konsantrasyonlarını ve kaynaklarını belirlemek önem taşımaktadır. Bu çalışmada örtü altı üretim gerçekleştirmekte ülkemizdeki öncü illerden olan Antalya'da bulunan Aksu-Fettahlı bölgesinde domates üretimi gerçekleştirilen cam ve plastik sera topraklarındaki PAH seviyeleri incelenmiştir. Bu kapsamda gerçekleştirilen çalışmada cam ve plastik seralardan toplamda 50 toprak numunesi olmak üzere hem sonbaharda hem de kış aylarında örnek alınmış ve GC/MS ile analiz edilmiştir.

Plastik seralar ve cam seralardaki PAH konsantrasyonların mevsimsel değişimleri incelenerek değerlendirilmiştir. Özellikle kış aylarında sonbahar aylarına göre PAH konsantrasyonlarının yüksek olduğu gözlenmiştir. Cam seralardaki PAH konsantrasyonları plastik seralardakilere oranla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Gözlenen PAH konsantrasyonlarının literatürde gözlenen değerlerin altında olduğu bulunmuştur. 4 halkalı PAH'ların her iki sera türünde de baskın olduğu belirlenmiş, bunları sırasıyla 5 halkalı, 3 halkalı, 6 halkalı ve 2 halkalı PAH bileşikler izlemiştir. Sonuçlar sınır değerler ile karşılaştırıldığında tespit edilen konsantrasyonların hem düşük hem de kanserojen açıdan risk teşkil etmediği görülmüştür. Gerçekleştirilen kaynak belirleme çalışması ile dizel araç emisyonları, sera emisyonları, kömür yanması ve benzinli araç emisyonları kaynaklı PAH'ların bu bölge toprağında etkili olduğu gözlenmiştir. Seralarda PAH kontaminasyonuna sebep olan en büyük kaynağın dizel araç emisyonları olduğu belirlenmiştir. Bunu sırasıyla sera emisyonları, kömür ve odun yanması, benzinli araç emisyonları ve jet yakıtı emisyonları izlediği tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Antalya, PAH, Sera, Toprak kirliliği

JÜRİ: Dr. Öğr. Üyesi Güray DOĞAN

Doç. Dr. Çiğdem MORAL

Doç. Dr. Sema YURDAKUL

ABSTRACT

DETERMINATION OF POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBON LEVELS IN SOILS OF GREENHOUSES IN AKSU-FETTAHLI REGION OF ANTALYA

Bihter OLGUN

MSc Thesis in Environmental Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Güray DOĞAN

June 2019; 100 pages

Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) have attracted the attention of researchers for years since they are bioaccumulative, persistent and carcinogenic. Agricultural land, which is a vital resource, needs protection from pollution as it has a key function in food and biomass production. Exposure of agricultural areas to PAHs leads to accumulation of PAHs in humans and animals through food chain and direct contact. Therefore, it is important to determine the concentrations and sources of these compounds in the soil. In this study, PAH levels in tomato produced glass and plastic greenhouse soils in Aksu-Fettahlı region of Antalya, one of the leading provinces in our country, are investigated. In the study, 50 soil samples were taken from glass and plastic greenhouses in both autumn and winter months and analyzed by GC / MS.

Seasonal variations of PAH concentrations in plastic and glass greenhouses were evaluated. Especially in winter, PAH concentrations were found higher than autumn. PAH concentrations in glass greenhouses were higher than those in plastic greenhouses. The observed PAH concentrations were found to be below the values observed in the literature. 4-ring PAHs were found to be dominant in both greenhouse types, followed by 5-ring, 3-ring, 6-ring and 2-ring PAH compounds, respectively. The concentrations of PAHs were found to be lower than the limit values and were showed there is no risk for carcinogenicity. Based on the source identification study, PAHs originating from diesel vehicle emissions, greenhouse emissions, coal combustion and gasoline vehicle emissions have been observed to be effective in the soil of this region. It is determined that diesel vehicle emission was the major source of PAH contamination in greenhouses. This was followed by greenhouse emissions, coal and wood combustion, gasoline vehicle emissions and jet fuel emissions, respectively.

KEYWORDS: Antalya, PAH, Greenhouse, Soil pollution

COMMITTEE: Asst. Prof. Dr. Güray DOĞAN

Assoc. Prof. Dr. Çiğdem MORAL

Assoc. Prof. Dr. Sema YURDAKUL

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında Antalya Aksu-Fettahlı bölgesinde bulunan sera topraklarında Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) seviyeleri belirlenmiş ve kaynakları incelenmiştir.

Antalya Aksu-Fettahlı bölgesi seracılığın yoğun olarak yapıldığı bir bölgedir. Bu bölgede seralarda ısıtma amaçlı odun ve kömür kullanımının yaygın olması, aynı zamanda bu bölgenin karayolu ve Antalya hava limanına yakınlarında bir bölge oluşu, bize bu topraklarda yanma ve emisyon kaynaklı Polisiklik Aromatik Hidrokarbon seviyelerin belirlenmesi üzerine bir çalışma yapmakta itici bir kuvvet olmuştur.

Yüksek lisans tez çalışmam süresince tezimin her aşamasında benden bilgi ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Güray DOĞAN' a saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Laboratuvar çalışmalarım ve numune alımı gibi aşamalarda yanımda olan ve bana yol gösteren Yüksek Mühendis Merve ÖZKALELİ AKÇETİN'e ve GC-MS kullanımı sırasında bana yardımcı olan Dr. Öğr. Üyesi Mihriban YILMAZ CİVAN ve öğrencisi Tuğba AY'a teşekkürlerimi sunarım. Bu süreçte laboratuvar analizlerimde ve her türlü aşamada bana yardımcı olan çalışma arkadaşım Ebru Nur DOKUMACI'ya teşekkür ederim.

Değerli jüri üyelerim Doç. Dr. Çiğdem MORAL ve Doç. Dr. Sema YURDAKUL'a katkıları için teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans sürem boyunca yaşadığım her zorlukta yanımda olan ve bana güç veren ve desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen kardeşim Kevser OLGUN'a sonsuz teşekkürler.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
AKADEMİK BEYAN	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	3
2.1. PAH’ların Çevredeki Kaynakları ve Dağılımları.....	8
2.2. PAH’ların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	9
2.3. PAH’ların Reaktiviteleri	13
2.4. Topraklarda Gözlenen PAH’ların Kaynaklarının Belirlenmesi	14
2.5. PAH’ların Çevresel Akıbetleri.....	15
2.6. PAH’ların Toksikolojik Etkileri.....	17
3. MATERYAL VE METOT	20
3.1. Örnekleme Yeri	20
3.2. Örnekleme	21
3.3. Örneklerle Uygulanan Ön İşlemler	23
3.4. Toprağın Karakteristiği	25
3.4.1. pH ve iletkenlik ölçümü.....	25
3.4.2. Porozite deneyi	26
3.4.3. Nem ve toplam organik madde ölçümü.....	26
3.4.4. Elek ve hidrometre analizi	27
3.5. GC-MS ile PAH Analizleri	29
3.5.1. Toprak numunelerinin analize hazırlanması.....	29
3.5.2. Ekstraksiyon yöntemi	30
3.5.3. Solvent değişimi	30
3.5.4. Azot gazı ile hacim azaltma.....	31
3.5.5. Kolon temizleme.....	31

3.5.6. GC/MS'in analize hazırlanması.....	32
3.5.7. Cihazın Kalibrasyonu	34
3.5.8. Metot tekrar edilebilirliği ve şahit numune ekstraksiyonu	36
3.5.9. LOD/LOQ belirlenmesi	37
3.6. İstatistiksel Analizler ve Kaynak Belirleme	37
3.6.1. Korelasyon analizi	37
3.6.2. Pozitif matris faktörizasyonu modeli (PMF)	38
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	40
4.1. Genel Toprak Parametreleri	40
4.2. Verilerin Genel Karakteristiği	40
4.3. PAH Konsantrasyonlarının Mevsimsel Değişimleri	44
4.3.1. Seralardaki PAH konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi.....	44
4.3.2. Referans noktalarındaki PAH konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi.....	47
4.4. Örtü Türlerinin PAH Konsantrasyonuna Etkisi	48
4.5. Elde Edilen Sonuçların Literatür ile Karşılaştırılması	53
4.6. Korelasyon.....	55
4.7. Diagnostik Oranlar (Tanı Oranları).....	61
4.8. Pozitif Matris Faktörizasyonu ile Kaynakların Belirlenmesi	62
4.8.1. Birinci faktör: benzinli araç emisyonları	63
4.8.2. İkinci faktör: jet yakıtı emisyonları	65
4.8.3. Üçüncü faktör: kömür ve odun yanması.....	68
4.8.4. Dördüncü faktör: dizel araç emisyonları	70
4.8.5. Beşinci faktör: sera emisyonları	72
5. SONUÇLAR	74
6. KAYNAKLAR	76
7. EKLER.....	90
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Antalya Aksu-Fettahlı Bölgesinde Bulunan Seraların Topraklarında Polisiklik Aromatik Hidrokarbon Seviyelerinin Belirlenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

27/06/2019

Bihter Olgun



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

*	: Belirsiz
✓	: Var
%	: Yüzde
dp	: Örgül Ağırlık
g	: Gram
g/cm ³	: Gram/santimetreküp
H	: Henry Sabiti
Km ²	: Kilometrekare
LogK _{OA}	: Oktanol Hava Paylaşım Katsayısı
LogK _{OC}	: Organik Karbon Paylaşım Katsayısı
LogK _{OW}	: Oktanol Su Paylaşım Katsayısı
ng/g	: Nanogram/gram
µs/cm	: Mikrosiemens/santimetre
µg/g	: Mikrogram/gram
µm	: Mikrometre
ml	: Mililitre
rpm	: Revolutions per Minute

Ondalık rakamlar virgülle belirtilmiştir.

Kısaltmalar

ACGIH	: American Conference of Governmental Industrial Hygienists
An	: Antrasen

Ane	: Asenaften
Anp	: Asenaftalen
ATSDR	: Agency for Toxic Substances and Disease Registry
BaA	: Benzo(a)antrasen
BaP	: Benzo(a)piren
BbF	: Benzo(b)floranten
BkF	: Benzo(k)floranten
BghiPy	: Benzo(g,h,i)perilen
Chr	: Krisen
DahA	: Dibenz(a,h)antrasen
DDT	: Diklorodifeniltrikloroetan
EPA	: Environmental Protection Agency
Flr	: Floren
Flu	: Floranten
GC/MS	: Gas Chromatography-Mass Spectrometry
HCH	: Heksaklorosikloheksan
IcdP	: İndeno(1,2,3-cd)piren
N	: Örnek Sayısı
Np	: Naftalen
PAE	: Ftalikasit Esteri
PAH	: Polisiklik Aromatik Hidrokarbon
Phe	: Fenantren
PMF	: Pozitif Matris Faktörizasyon Modeli
Pyr	: Piren
Ppm	: Parts per million (milyonda bir)
SHMP	: Sodyum hegzametasilik fosfat

SPSS : Statistical Package for the Social Sciences

TOC : Toplam Organik Karbon

TOM : Toplam Organik Madde

WHO : World Health Organization



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Öncelikli polisiklik aromatik hidrokarbonların listesi.....	12
Şekil 2.2. Polisiklik aromatik hidrokarbonların atmosfere girdi ve çıktıları	16
Şekil 2.3. Polisiklik aromatik hidrokarbonların çevresel döngüsü	17
Şekil 3.1. Antalya Aksu Fettahlı Bölgesi.....	20
Şekil 3.2. Cam örtülü seralar ve plastik örtülü seralar	20
Şekil 3.3. Yarı cam yarı plastik örtülü seralar ve ekin üzeri plastik örtü.....	20
Şekil 3.4. Yandan havalandırılmalı seralar ve üstten havalandırılmalı seralar	22
Şekil 3.5. Toprak örneklerinin toplandığı alan, Aksu- Fettahlı Bölgesi	22
Şekil 3.6. Numunelerin toplandığı poşetler	23
Şekil 3.7. Toprak numunelerinin paketlenmesi; numunelin karıştırılması.....	23
Şekil 3.8. Buzdolabı içerisinde muhafaza edilen toprak numuneleri.....	24
Şekil 3.9. Temizlenen toprak numuneleri	24
Şekil 3.10. 2 mm elekten geçirilen toprak numuneleri	25
Şekil 3.11. pH ve iletkenlik ölçümü	25
Şekil 3.12. Yoğunluk ölçer hidrometre.....	28
Şekil 3.13. Hidrometre ölçümü.....	28
Şekil 3.14. Elekten geçirilmiş toprak numunesi	29
Şekil 3.15. Tüplerdeki toprak numuneleri	29
Şekil 3.16. Ultrasonik banyo.....	30
Şekil 3.17. Döner buharlaştırıcıda solvent değişimi	30
Şekil 3.18. Azot gazı ile hacim azaltma.....	31
Şekil 3.19. Yıkama yönteminde kullanılan kartuş	31
Şekil 3.20. Elut 1.....	32
Şekil 3.21. Elut 2.....	32
Şekil 3.22. Gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC/MS) cihazı.....	33

Şekil 3.23. PAH bileşiğine ait kromatogram görüntüsü	34
Şekil 4.1. Halka sayısına göre gruplanan pah türleri	42
Şekil 4.2. Referans topraklarda gözlenen halka sayısına göre gruplanan pah konsantrasyonlarının toplam konsantrasyona oranları	43
Şekil 4.3. Sera toprağındaki PAH konsantrasyonlarının referans toprak kompozisyonlarındaki PAH konsantrasyonlarına oranları	42
Şekil 4.4. Sonbahar ve kış kampanya dönemlerinde sera topraklarında gözlenen halka sayısına göre gruplanan PAH konsantrasyonlarının dönemsel toplam konsantrasyonlarına oranları	42
Şekil 4.5. Kış kampanyası sonucunda elde edilen PAH konsantrasyonlarının sonbahar kampanyası sonucu elde edilen PAH konsantrasyonlarına oranı	42
Şekil 4.6. Farklı örtü türlerine göre sonbahar ve kış kampanyalarından elde edilen PAH konsantrasyonlarının dağılımı	49
Şekil 4.7. Kış ve yaz kampanyalarında cam ve plastik sera topraklarından gözlenen halka sayısına göre gruplanan PAH konsantrasyonlarının dönemsel toplam konsantrasyonlarına oranları	50
Şekil 4.8. Tespit edilen PAH konsantrasyonlarının literatür ile karşılaştırması	55
Şekil 4.9. Modellenen PAH'ların kaynak katkı oranları	63
Şekil 4.10. Birinci faktörün profili ve PAH'ların açıklanan kütle yüzdesi.....	64
Şekil 4.11. Benzinli araç emisyonları kaynaklı PAH'ların sonbahar döneminde seralardaki dağılımı	64
Şekil 4.12. Benzinli araç emisyonları kaynaklı PAH'ların kış döneminde seralardaki dağılımı	65
Şekil 4.13. İkinci faktörün profili ve PAH'ların açıklanan kütle yüzdesi	66
Şekil 4.14. TÜBİTAK tarafından hazırlanan havalimanı kaynaklı gürültü haritası ile örnekleme bölgesini gösteren harita.....	66
Şekil 4.15. Uçak emisyonları kaynaklı PAH'ların sonbahar döneminde seralardaki dağılımı	67
Şekil 4.16. Uçak emisyonları kaynaklı PAH'ların kış döneminde seralardaki dağılımı	67
Şekil 4.17. Üçüncü faktörün profili ve PAH'ların açıklanan kütle yüzdesi	68
Şekil 4.18. Odun ve kömür yanması kaynaklı PAH'ların sonbahar döneminde seralardaki dağılımı	69

Şekil 4.19. Odun ve kömür yanması kaynaklı PAH'ların kış döneminde seralardaki dağılımı	69
Şekil 4.20. Dördüncü faktörün profili ve PAH'ların açıklanan kütle yüzdesi.....	70
Şekil 4.21. Dizel araç emisyonları kaynaklı PAH'ların sonbahar döneminde seralardaki dağılımı	71
Şekil 4.22. Dizel araç emisyonları kaynaklı PAH'ların kış döneminde seralardaki dağılımı	71
Şekil 4.23. Dördüncü faktörün profili ve PAH'ların açıklanan kütle yüzdesi.....	72
Şekil 4.24. Sera emisyonları kaynaklı PAH'ların sonbahar döneminde seralardaki dağılımı	73
Şekil 4.25. Sera emisyonları kaynaklı PAH'ların kış döneminde seralardaki dağılımı..	73

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Ülkemizde yapılmış çalışmalar ve PAH konsantrasyonları	5
Çizelge 2.2. Tarım topraklarında yapılan çalışmalar ve PAH konsantrasyonları.....	5
Çizelge 2.3. Diğer ülkelerdeki ve ülkemizdeki topraklardaki PAH'lar için sınır değerler.....	6
Çizelge 2.4. Yüzde PAH'ların toplam kütleyle göre kaynak dağılımı.	9
Çizelge 2.5. PAH'ların fiziksel ve kimyasal özellikleri	10
Çizelge 2.6. Simüle edilmiş atmosfer koşullarında seçilmiş PAH'ların yarı ömrü.....	14
Çizelge 2.7. Farklı kurumlara göre polisiklik aromatik hidrokarbonların kanserojenlik sınıflandırması	19
Çizelge 3.1. PAH'ların geliş zamanları ve tanımlanan iyonları	33
Çizelge 3.2. PAH bileşikleri için oluşturulan kalibrasyon eğrileri	33
Çizelge 3.3. Şahit numunelerin konsantrasyonları	33
Çizelge 3.4. PAH analizleri için hesaplanan LOQ değerleri	33
Çizelge 4.1. Kalite kontrolünden geçen numune sayıları	40
Çizelge 4.2. Sera toprakları PAH analiz sonuçları	41
Çizelge 4.3. Referans toprak kompozisyonundaki PAH analiz sonuçları	43
Çizelge 4.4. Sonbahar dönemi için PAH analiz sonuçları	45
Çizelge 4.5. Kış dönemi için PAH analiz sonuçları	46
Çizelge 4.6. Referans noktalardaki PAH konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi.....	48
Çizelge 4.7. Cam örtülü seralardaki PAH konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi ...	51
Çizelge 4.8. Plastik örtülü seralardaki PAH konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi	52
Çizelge 4.9. Tespit edilen PAH konsantrasyonlarının literatür ile karşılaştırılması.....	54
Çizelge 4.10. Sonbahar kampanyasında plastik örtü kullanılan seralardaki PAH bileşiklerinin korelasyon matrisi	57
Çizelge 4.11. Sonbahar kampanyasında cam örtü kullanılan seralardaki PAH bileşiklerinin korelasyon matrisi	58

Çizelge 4.12. Kış kampanyasında plastik örtü kullanılan seralardaki PAH bileşiklerinin korelasyon matrisi	59
Çizelge 4.13. Kış kampanyasında cam örtü kullanılan seralardaki PAH bileşiklerinin korelasyon matrisi	60
Çizelge 4.14. Tanı oranları ile kaynak belirleme	62
Çizelge 4.15. Kaynakların katkılarının (G-skor) mevsimsel ortalama değerleri	63



1. GİRİŞ

Toprak kirliliği insan etkileri sonucunda toprağın fiziksel, kimyasal, biyolojik ve jeolojik yapısının bozulmasıdır. Toprak kirliliği yanlış tarım tekniklerinin uygulanması, yanlış ve fazla gübre ile tarımsal mücadele ilaçlarının kullanımı, atık ve artıkları, zehirli ve tehlikeli maddelerin toprakta birikmesi sonucu ortaya çıkmaktadır (Karaca ve Turgay 2012). Yanlış gübreleme, pestisit kullanımı, açık maden işletmeciliğinden meydana gelen sızıntılar, evsel ve endüstriyel atıkların doğrudan toprağa verilmesi, ya da taşıyıcı kanallar ile toprağa verilmesi, tarım alanlarının tarım dışı kullanımı ve nükleer kirlenme adı altında atmosferde bulunan radyoaktif kirlleticilerin yağışlarla toprağa iletilmesi toprak kirliliğinin ana nedenlerindendir (Güler ve Çobanoğlu 1997).

Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar) temelde tamamlanmamış yanma işlemlerinden üretilen bir grup organik kirleticidir (Shen vd. 2013). PAH bileşikleri, en az iki benzen halkası içeren kaynaşık bir halka yapısına sahip organik yarı uçucu organik kimyasallar olarak tanımlanmışlardır (Khawal Ravindra vd. 2008). PAH'lar genel olarak hidrojen ve karbon elementlerinden oluşmaktadır. Ancak bazı türlerinde azot, oksijen ve kükürtte bulunmaktadır. Literatürde 100'den fazla tanımlanmış PAH bileşiği bulunmaktadır.

Bazı PAH'lar mutajenik ve kanserojenik oldukları bilinmektedir. USEPA(2008) kanserojen ve mutajenik özelliklere sahip öncelikli kirleticiler maddeler olarak 16 PAH'ı listelemiştir. Bunlar: Naftalin (Np), Asenaftalen (AnP), Asenaften (Ane), Floren (Flr), Fenantren (Phe), Antrasen (An), Floranten (Flu), Piren (Py), Benzo(a)antrasen (BaA), Krisen (Chr), Benzo(b)floranten (BbF), Benzo(k)floranten (BkF), Benzo(a)piren (BaP), Dibenzo(a,h)antrasen (DahA), İndeno(1,2,3-cd)piren (IcdP), Benzo(g,h,i)perilen (BghiPy)'dir.

Sigara dumanı, odun dumanı, kömür dumanı ve birçok sanayi sitesinden gelen duman PAH'ları içermektedir. PAH'lar, havayı soluduğumuzda (genellikle parçacıklara veya toza yapışmış) vücudumuza girebilir. Su içmek ve PAH içeren yiyecek, toprak veya toz parçacıklarını yutmak, bu kimyasalların vücudunuza girmesi için başka yollardır (ATSDR 1995). Çeşitli yollarla insan vücuduna giren PAH'ların kısa ve uzun dönemli sağlık etkileri olduğu bilinmektedir. PAH'ların sağlık üzerindeki akut etkileri temel olarak maruz kalma derecesi (örneğin, zamanın uzunluğu), maruz kalınan PAH'lar, PAH'ların toksisitesi ve soluma, yutma veya cilt teması yoluyla gibi maruz kalma şekline bağlıdır. Diğer birçok faktör sağlık etkilerini etkileyebilmektedir. PAH'lara kısa süreli maruz kalmanın astımlı hastalarda akciğer fonksiyonlarında bozulmaya ve koroner kalp hastalığından etkilenen insanlarda trombotik etkilere neden olduğu bildirilmiştir. PAH bileşiklerine uzun dönem maruz kalınmasının kansere neden olduğu düşünülmektedir. Bazı PAH'ların (örn., Pyr ve BaP) düşük seviyelerde uzun süre maruz kalması, laboratuvar hayvanlarında kanserin nedeni olarak tanımlanmıştır. Hayvan çalışmaları ayrıca PAH maruziyeti sonucunda olumsuz üreme ve gelişimsel etkiler göstermiştir (K.-H. Kim vd. 2013).

PAH'lar hemen hemen her çevresel ortamda bulunabilmektedir. PAH'lar doğal ve antropojenik kaynaklardan çevreye yayılmaktadır. Volkanik patlamalar, doğal orman yangınları, ve otlakların yakılması PAH'ların doğal kaynaklarıdır. Antropojenik kaynakları çoğunlukla petrol, doğalgaz, kömür, odun ve tütün dumanı gibi organik

maddelerin eksik yanması, evsel ısınma, sanayi emisyonları ve araç emisyonlarıdır (Larsen ve Baker 2003)

PAH'lar doğal ve antropojenik kaynaklar ile ilk olarak atmosfere giriş yaparlar. Daha sonra çevresel ve meteorolojik koşulların etkisi ile su, toprak ve sediment gibi çoklu ortamlara dağılmaktadır (Palm vd. 2004; S.-K. Kim vd. 2009). Toprak, yarı uçucu organik bileşiklerden olan PAH için, karasal çevredeki en önemli çevresel rezerv alanı olmaktadır. PAH'lar başlangıçta toprağın üst katmanlarında (A. Jin vd. 2014) PAH ile kirlenmiş su ve atmosferik çökeltme ile toplanmaktadır (Chung vd. 2007). Kuru ve yaş atmosferik çökelmeler ile PAH'lar, kaynaklarından salındıktan sonra uzun ve kısa mesafeli taşınım ile toprakta birirmektedir. Toprakta gözlenen PAH'ın en önemli kaynağı atmosferden çökeltme olsada diğer PAH potansiyel kaynakları olan çamur bertarafı, kanalizasyon arıtma tesisleri, kok kömürü atık suları ile sulama, bitümlü kömür depolama alanlarından sızıntı suyu ve toprak kompostu ve gübrelerin kullanımı yerel olarak kirliliğe sebep olmaktadır (ATSDR 1995).

Yaşamsal bir kaynak olan tarım toprağı, gıda ve biyokütle üretiminde kilit bir işlev görmektedir. Tarımsal toprak, temel olarak odun ve kömürün eksik yanması, kimyasal üretim, petrol sızıntıları, kömür katranları, taşıt emisyonları, elektrik üretimi ve petrol rafine etme gibi antropojenik faaliyetlerden kaynaklanan PAH kirlenme riski altındadır (Gan vd. 2009). Hava, su ve toprak ve direk temas ile besinlere geçebilecek olan bu bileşiklerin insan ve hayvanlardaki maruziyetlerinin önemli etkilere yol açtığı bilinmektedir. Bu nedenle toprakta bu bileşiklerin konsantrasyonlarını ve kaynaklarını belirlemek önem taşımaktadır.

Antalya ili önemli tarım merkezlerinden biridir. İklim koşullarının uygun olması sebebiyle seracılık yoğun olarak yapılmaktadır. Antalya kent merkezine yaklaşık 10 km mesafede bulunan Aksu'ya bağlı Fettahlı Mahallesi sera tarımının yoğun olarak yapıldığı bir bölgedir. Bu bölgede seraların ısıtılması amaçlı kullanılan sobalarda odun ve kömür yakımı yapılmaktadır. Aynı zamanda bölge Antalya havalimanı yakınlarında, Antalya - Isparta karayolu üzerinde bir bölgedir. Bu çalışmada Aksu-Fettahlı bölgesindeki seraların zirai toprağında ısıtma amaçlı yakılan odun ve kömür kaynaklı PAH konsantrasyonlarının ve trafik, uçak uçuş sahası kaynaklı PAH'ların zirai toprağa etkisinin belirlenebilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda Aksu-Fettahlı bölgesindeki seraların zirai toprağında EPA tarafından öncelikli kirletici olarak belirtilen 16 PAH'ın analizi yapılmıştır. Bu bölgedeki sera topraklarında PAH konsantrasyonları belirlenmiş, bu konsantrasyonlara farklı kaynakların etkileri araştırılmış, kaynaklar ve taşınım mekanizmaları belirlenmiştir. Sera topraklarında yapılan analizlerin sonucu bu bölgedeki PAH kirliliğine ilişkin bir veritabanı oluşturulmuştur. Elde edilen veri seti daha öncesinde yapılmış ulusal ve uluslararası çalışmalar ile karşılaştırılıp değerlendirilmiştir.

2. KAYNAK TARAMASI

PAH'lar, odun, kömür, petrol, yağ, gaz, odun, çöp ya da tütün ve kömürleşmiş et gibi diğer organik maddelerden oluşan bir kimyasallar grubudur (Johnsen ve Karlson 2007). PAH'lar 2 den 7 ye kadar birleşik aromatik halkalara sahip kimyasallardır (K.-H. Kim vd. 2013). PAH'lar genellikle tek karışımlar halinde değil, kompleks karışımlar halinde ortaya çıkar. 100 den fazla farklı PAH vardır (ATSDR 1995). Polisiklik aromatik hidrokarbonlar düşük molekül ağırlıklı ve yüksek molekül ağırlıklı PAH'lar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. 2 veya 3 benzen halkasına sahip PAH'lar düşük molekül ağırlıklı, 3 ve daha fazla benzen halkasına sahip PAH'lar yüksek molekül ağırlıklı PAH'lar olarak adlandırılmaktadır. Naftalin (Np), Asenaftelen (AnP), Asenaften (Ane), Floren (Flr), Fenantren (Phe), Antrasen (An) düşük molekül ağırlıklı PAH'lar, Floranten (Flu), Piren (Py), Benzo(a)antrasen (BaA), Krisen (Chr), Benzo(b)floranten (BbF), Benzo(k)floranten (BkF), Benzo(a)piren (BaP), Dibenzo(a,h)antrasen (DahA), İndeno(1,2,3-cd) piren (IcdP), Benzo(g,h,i)perilen (BghiPy) ise +yüksek molekül ağırlıklı PAH'lardır(Khan vd. 2008).

PAH'lar doğal ve antropojenik kaynaklar sonucunda çevreye doğrudan salıverilmektedirler. Atmosferdeki PAH'lar çoğunlukla partikül madde ile ilişkilidir; bununla birlikte, bileşikler gaz halinde de bulunur (NRC 1983; Yang vd. 1991). PAH'lar atmosferden diğer çevresel ortamlara geçebilmektedirler. Atmosferdeki PAH'lar çökeltme ile bitki örtüsü üzerinde yoğunlaşabilmekte ve bitkilerden toprağa transfer olabilmektedir (Johnsen ve Karlson 2007). Yüzey sularında PAH'ların en önemli kaynakları ise atmosferik çökeltmedir. Aynı zamanda havada toz parçacıklarına bağlı olarak sediment ve toprakta birikebilmektedirler (ATSDR 1995). Bu yüzden günümüze kadar atmosfer, su, toprak ve sediment gibi çevresel ortamlarda PAH'ların kaynak ve miktarlarını belirlemeye ilişkin birçok çalışma yapılmıştır. Bu kapsamda gerçekleştirilen kaynak taraması ile son 20 yılda “webofscience” veritabanından PAH'lar için tüm çevresel ortamlarda yapılan kaynak ve konsantrasyon belirleme çalışmaları incelenmiştir. 20 yıl için 539 çalışma incelenmiştir. Yapılan bu çalışmalarda EPA tarafından öncelikli kirleticiler olarak belirlenen 16 PAH'ın kaynak ve konsantrasyonları belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar PAH kirliliği açısından yüksek konsantrasyonların görüldüğü Çin, Amerika, İspanya, Türkiye ve Hindistan'da yoğunlaşmıştır. Çalışmaların %17'i sucul ortamlarda, %25'i toprak, %28'i atmosfer ve %30'u sedimentte yapılmıştır. Tüm çevresel ortamlarda konsantrasyon ve rastlanma sıklığı olarak baskın gelen PAH türlerinin sırasıyla, fenantren, floranten, naftalin ve piren olduğu görülmüştür. Tüm çevresel ortamlar ayrı ayrı incelendiğinde baskın gelen PAH türleri sırasıyla atmosferde; fenantren, floranten, benzo(b)floranten, floren ve benzo(a)piren, sucul ortamlarda; fenantren, naftalin, floranten ve antrasen, sedimentte; floranten, fenantren, piren, naftalin, toprakta ise; fenantren, floranten, naftalin, piren ve krisen olduğu görülmüştür. Literatürde rastlanan en yüksek konsantrasyonlar incelendiğinde Hindistan'da Delhi kentsel havasında Sharma vd. (2008) tarafından yapılan çalışmada toplam PAH konsantrasyonu 4159,97 ng/m³, baskın tür olarak Benzo(ghi)piren konsantrasyonunun 761,66 ng/m³ olduğu tespit edilmiştir. dos Santos vd. (2017) tarafından Brezilya'nın Curitiba Metropol Bölgesi'ndeki Iguassu Nehri havzasında yapılan çalışmada 16 PAH konsantrasyonu 18983 ng/l ve 2,3 ve 4 halkalı PAH'ların ise baskın türler olduğu vurgulanmıştır. Guerra (2012) Adriatik denizi kıyısında Piassa Baiona lagününden aldığı sediment örneklerinde 16 PAH konsantrasyonu araştırmış ve toplam PAH konsantrasyonunu 87150 µg/kg ve baskın

PAH bileşiğın 23120 µg/kg konsantrasyon ile piren olduğunu belirtmiştir. Zhou vd. (2014) yaptıkları çalışmada İngiltere topraklarında 16 PAH konsantrasyonlarını araştırmış ve baskın bileşiğın 66,089 µg/kg konsantrasyon ile floranten olarak bulmuştur. Bu alışma literatürde toprakda rastlanan en yüksek PAH konsantrasyonudur.

Literatür taraması kapsamında ölkemizde toprakta PAH'ların kaynak ve konsantrasyon belirlemesine yönelik tüm çalışmalar incelenmiştir. Ölkemizde yapılan çalışmalar ve toprakta gözlenen PAH konsantrasyonları izelge 2.1.'de verilmiştir.

Ölkemizde yapılan çalışmalar incelendiğinde çalışmaların sanayi alanlarının bulunduğu bölgelerde yoğunlaştığı görölmektedir. Yapılan çalışmalarda toprakta tespit edilen PAH konsantrasyonları Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik'te (TKKY 2010) belirtilen sınır değerler ile karşılaştırıldığında, kimi zaman (Bozlaker vd. 2008; Eker 2017) tespit edilen konsantrasyonların sınır değerlerin üstünde olduğu görölmektedir.

Tüm Dünya genelinde tarım topraklarında yapılan PAH alışmaları incelenmiştir. Tespit edilen PAH türleri ve konsantrasyonları izelge 2.2'de verilmiştir.

Tarımsal topraklarda belirlenen sınır değer konsantrasyonlarına bakıldığında Kanada evre kalite kılavuzundaki PAH konsantrasyonu Naftalen için 0,1 mg/kg, 0,1 mg/kg Benzo(a)piren olarak belirlenmiştir. Yeni Zelanda sınır değerleri ise naftalen, piren ve benzo(a)piren için sırasıyla 7,2 mg/kg, 160 mg/kg, 0,027 mg/kg olarak belirlenmiştir. Aynı zamanda tarıma elverişli topraklarda 16 PAH bileşiği için 150 µg/kg limit değerinin aşılmaması gerektiği belirtilmiştir (Indeka vd. 2009). Dünya genelinde yapılan çalışmalar ile sınır değerler karşılaştırıldığında çalışmalarda bulunan konsantrasyonların sınır değerlerin üstünde olduğu görölmektedir. Bu sınır değerlere göre bu tarım toprakları kirlenmiş toprak olarak değerlendirilmektedir. PAH'lar gibi birçok kirleticinin biyokötle ve gıdalara transfer olacağı bilinmekle beraber canlılar üzerinde etkileri de bilinmektedir. Bu yüzden yaşamsal bir kaynak olarak gıda ve biyokötle üretiminde kilit bir işlev gören tarım toprağı için kirletici değerlerinin tespiti ve kontrol edilmesi büyük önem arz etmektedir.

Çizelge 2.1. Ülkemizde yapılmış çalışmalar ve PAH konsantrasyonları($\mu\text{g/kg}$)(Bozlaker vd. 2008; Kaya vd. 2012; Odabasi vd. 2015; Cetin 2016; Karaca 2016; Cetin vd. 2017; Yetkin Dumanoglu vd. 2017; Eker 2017; Hanedar vd. 2019)

Referans	Çalışmanın Yapıldığı Bölge	PAH Konsantrasyonu	Baskın PAH	Baskın PAH Konsantrasyonu
Bozlaker vd. 2008	Aliağa, İzmir	4628 $\mu\text{g/kg}$	Krisen	651,6 $\mu\text{g/kg}$
Kaya vd. 2012	Aliağa, İzmir	209 $\mu\text{g/kg}$	Fenantren	32,8 $\mu\text{g/kg}$
Odabasi vd. 2015	Aliağa, İzmir	407 $\mu\text{g/kg}$	Orta Molekül Ağırlıklı PAH'lar	-
Karaca 2016	Bursa	2234 $\mu\text{g/kg}$	Floren	746 $\mu\text{g/kg}$
Cetin 2016	Kocaeli	1077 $\mu\text{g/kg}$	Fenantren	158 $\mu\text{g/kg}$
Cetin vd.2017	Kocaeli	992 $\mu\text{g/kg}$	Fenantren	16,6 $\mu\text{g/kg}$
Dumanoglu vd. 2017	Kütahya	3114,2 - 1435,4 $\mu\text{g/kg}$	Orta Molekül Ağırlıklı PAH'lar	-
Eker 2017	Bursa	13993 $\mu\text{g/kg}$	Benzo(a)piren	399,4 $\mu\text{g/kg}$
Hanedar vd. 2019	Ergene	398.06 $\mu\text{g/kg}$	Orta Molekül Ağırlıklı PAH'lar	-

Çizelge 2.2. Tarım topraklarında yapılan çalışmalar ve pah konsantrasyonları($\mu\text{g/kg}$) (Ma vd. 2003; Xu vd. 2009; P. Plaza-Bolanos vd. 2012; C. Chai vd. 2017)

Referans	Çalışmanın Yapıldığı Bölge	Toplam PAH Konsantrasyonu	Baskın PAH	Baskın PAH Konsantrasyonu
Ma vd. 2003	Çin	3,51	Floranten	0,43
Xu vd. 2009	Çin	365380	Piren	365380
Plaza-Bolanos vd. 2012	İspanya	127	Benzo(k)floranten	23
Chai vd.2017	Çin	407,4	Fenantren	245,9

Çizelge 2.3. Diğer ülkelerdeki ve ülkemizdeki topraklarda PAH'lar için sınır değerler (mg/kg) (TKKY, 2010;Busquet 1997; Kalf vd. 1997;CSQG 2008; USEPA, 2006)

PAH	Türkiye	Katalunya(İspanya)		Hollanda	New Jersey	
	Toprağın Yutulması ve Deri Teması Yoluyla Emilim	Endüstriyel Olmayan Alan	Endüstriyel Alan	Toprak	Yaşam Alanı Toprak Kriteri(Direk Temas)	Yaşamsal Olmayan Alan Toprak Kriteri(Direk Temas)
Naftalen	1147	5	15	0,14	230	4200
Asenaftilen	-	-	-	-	-	-
Asenaften	3441	-	-	-	3400	10000
Floren	2294	-	-	-	2300	10000
Fenantren	-	5	10	0,51	-	-
Antrasen	17203	100	1300	0,12	10000	10000
Floranten	2294	15	1000	2,6	2300	10000
Piren	1720	-	-	-	1700	10000
Krisen	62	-	-	10,7	9	40
Benzo(a)antrasen	0,6	10	535	0,25	0,9	4
Benzo(k)floranten	6	50	535	2,4	0,9	4
Benzo(b)floranten	0,6	-	-	-	0,9	4
Benzo(a)piren	0,06	0,08	7,5	0,26	0,66	0,66
İndeno(123-cd)piren	0,6	50	535	-	-	-
Dibenzo(ah)antrasen	0,06	-	-	-	0,66	0,66
Benzo(ghi)perilen	-	-	-	7,5	-	-

Çizelge 2.3. 'nin devamı (mg/kg) (TKKY, 2010; Busquet 1997; Kalf vd. 1997; CSQG 2008; USEPA, 2006)

PAH	Yeni Zelanda			Kanada			US EPA	
	Tarımsal Alan	Yerleşim Yeri Alanı	Sanayi Bölgesi	Tarım Alanı	Yaşam Alanı	Ticari ve Endüstriyel Alan	Yerleşim Alanı	Sanayi Bölgesi Toprağı
Naftalen	7,2	58-71	190- 230	0,1	0,6	22	1600	20000
Asenaftilen	-	-	-	-	-	-		-
Asenaften	-	-	-	-	-	-	4700	61000
Floren	-	-	-	-	-	-	3100	41000
Fenantren	-	-	-	-	-	-	-	-
Antrasen	-	-	-	-	-	-	23000	310000
Floranten	-	-	-	-	-	-	3100	41000
Piren	160	1600	-	-	-	-	2300	31000
Krisen	-	-	-	-	-	-	88	392
Benzo(a)antrasen	-	-	-	-	-	-	0,88	3,9
Benzo(k)floranten	-	-	-	-	-	-	8,8	3,9
Benzo(b)floranten	-	-	-	-	-	-	0,88	3,9
Benzo(a)piren	0,027	0,27	11	0,1	0,7	0,7	0,088	0,39
İndeno(123-cd)piren	-	-	-	-	-	-	0,88	3,9
Dibenzo(ah)antrasen	-	-	-	-	-	-	0,088	0,39
Benzo(ghi)perilen	-	-	-	-	-	-	-	-

2.1. PAH'ların Çevredeki Kaynakları ve Dağılımları

PAH'lar kalıcı organik kirleticilerin en önemli sınıflarından biridir (Khailwal vd. 2008). PAH'lar düşük hidrojen-karbon oranına sahip en kararlı hidrokarbon formudur ve genellikle tek bileşiklerden ziyade karmaşık karışımlarda ortaya çıkar ve doğal ya da insan kaynaklı olarak organik bileşiklerin eksik yanması sonucu oluşurlar. Bu kirleticiler çoğunlukla fosil yakıtların veya odunun eksik yanması ve pirolizi sırasında ve petrol ürünlerinin salınmasından kaynaklanmaktadır (Manahan 1994). Petrol döküntüleri, yağ sızıntısı ve anoksik çökeltilerde organik maddenin diyajenezi diğer PAH kaynakları arasındadır. PAH kaynakları genel olarak incelediğimizde evsel, mobil, endüstriyel, tarımsal ve doğal kaynaklar olarak ayrılmaktadır.

Evsel kaynaklar, büyük ölçüde kömür, petrol, gaz, çöp, tütün ve kömürleşmiş et gibi diğer organik maddelerin yanmasıyla ilişkilidir (Smith 1987). Ayrıca, ahşap, kurutulmuş hayvan gübresi ve tarımsal ürün atıkları, gelişmekte olan ülkelerde yemek pişirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (WHO 2002). Bu ürünlerin kontrolsüz veya eksik yanması sonucu PAH bileşikleri salınmaktadır.

Mobil kaynaklar, uçak, nakliye, demiryolları, otomobiller, arazi araçları ve makineler gibi araçlardan emisyonları içermektedir (Khailwal vd. 2008). Mobil kaynakların fosil yakıtları yakması veya eksik yakması ana PAH emisyonu oluşturmaktadır. Ancak dizel gibi kimi yakıtların içerisinde de PAH bileşikleri bulunmaktadır. Dolayısıyla, yakıtların buharlaşması sonucu da PAH emisyonları olmaktadır.

PAH'ların en önemli endüstriyel kaynakları arasında birincil alüminyum üretimi, kok üretimi, kreozot ve odun koruma, atık yakma, çimento üretimi, petrokimya ve ilgili endüstriler, bitüm ve asfalt endüstrisi, kauçuk lastik üretimi ve ticari ısı / enerji üretimi yer almaktadır (PAHs Position paper 2001).

Arazi hazırlığı için mahsul ve orman kalıntısının bertarafı (yakılması), tarımsal atıkların ve anızların yakılması tarımsal kaynaklı PAH'ların oluşmasına sebep olmaktadır. Bu faaliyetlerin tümü, optimum yanma koşulları altında, organik maddelerin yanmasını içermektedir. Böylece, önemli miktarda PAH üretilmektedir (Khailwal vd. 2008).

PAH'ların doğal kaynakları arasında yıldırım düşmesi nedeniyle ormanların, ormanlık alanların antropojenik olmayan yanmaları yer almaktadır (Baumard vd. 1999). Aynı zamanda volkanik patlamalarda doğal kaynaklar arasındadır (Khailwal vd. 2008)

PAH'ların kaynak dağılımları incelendiğinde, literatürde yapılan çalışmalarda farklı PAH türlerinin farklı ortamlarda baskın gelmesi ve çeşitli oranlar ile ifade edilmesiyle kaynak dağılımları tanımlanmış ve belirlenmiştir. Khalili vd. (1995), Chicago metropol alanındaki başlıca PAH kaynaklarının kimyasal bileşimi (kaynak parmak izleri) 1990'dan 1992'ye izlenmiştir. Bu çalışmada 2 veya 3 halkalı PAH'ların otoyol tünellerinden, dizel motordan, benzin motorlarından, kok fırından ve odun yanmasından ölçülen 20 PAH'ın toplam konsantrasyonunun sırasıyla % 92, % 65, % 74, % 99 ve % 80'inden sorumlu olduğu belirlenmiştir. Khalili vd. (1995)'ne göre PAH'ların toplam kütleyle göre kaynak dağılımı Çizelge 2.4'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.4. PAH'ların toplam kütleye göre yüzdesel kaynak dağılımı (Khalili vd. 1995)

PAH	Karayolu Tüneli	Dizel Motorlar	Benzinli Motorlar	Kok Fırını	Odun Yanması
2 Halkalı	76,2	8,7	55,6	89,8	11
3 Halkalı	16	56,2	18,1	8,9	69,2
4 Halkalı	4,3	10,8	12,6	0,97	6,6
5 Halkalı	3,1	18,7	13,4	0,22	13,2
6 Halkalı	0,4	5,2	0,05	0,01	-
7 Halkalı	-	0,2	0,08	-	-

“-” : tespit limitinin altında

Literatürde yapılan diğer çalışmalara göre krisen ve benzo(k)florentenin baskınlığı kömür yanmasının göstergesi olarak belirlenmiştir(Khalili vd. 1995; Smith vd. 1998; Khaiwal vd. 2007; Khaiwal vd. 2008). Yüksek seviyelerde benzo(gih) perilen, koronen ve fenantren baskınlığı motorlu taşıt emisyonlarının göstergesi olarak gösterilmiştir (Smith vd. 1998; Ravindra vd. 2006). Miguel vd. (1998), dizel kamyonların daha hafif PAH'ların ana kaynağı olduğunu, hafif benzinli araçların ise benzo(a)piren ve dibenzo(a,h)antrasen gibi daha yüksek molekül ağırlıklı PAH'ların baskın kaynakları olduğunu belirlemiştir. Benzer şekilde, Marr vd. (1999), hafif ticari araçların 4 ve 5 benzen halkalı PAH'lara önemli ölçüde katkıda bulunduğunu, ağır araçların (dizel), florenten ve piren gibi 3 benzen halkalı PAH'ların baskın kaynağı olduğunu tespit etmiştir. Fenantren, fluoranthen ve piren, motorlu taşıtlardan gelen PAH emisyonları ile ilişkilendirilmiştir (Harrison vd. 1996). Petrol kullanımı ise floren, florenten ve piren gibi daha uçucu PAH'ların yüksek konsantrasyonuyla ve ayrıca yüksek molekül ağırlıklı bileşiklerin, yani benzo(b)florenten ve indeno(1,2,3-cd)piren seviyelerinin yüksek olmasıyla ilişkilidir (Harrison vd. 1996; Ravindra vd. 2006).

2.2. PAH'ların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Toksisiteleri yüzünden 16 PAH EPA tarafından diğer PAH bileşikleri arasında öncelikli kirleticiler olarak belirlenmiştir (US EPA 1985). Öncelikli PAH'ların fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2.5'de sunulmuştur (Kaya vd. 2012). Ayrıca öncelikli PAH'ların kimyasal yapıları Şekil 2.1'de gösterilmiştir.

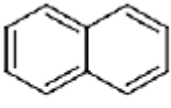
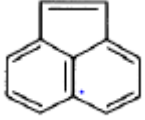
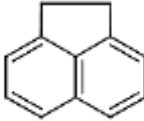
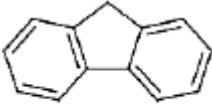
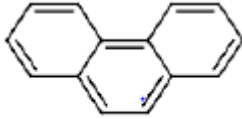
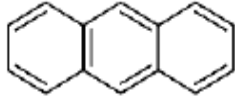
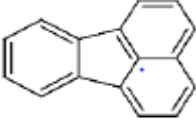
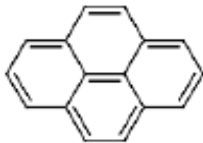
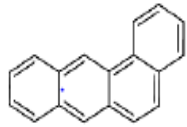
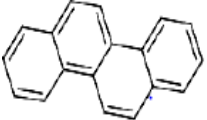
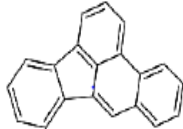
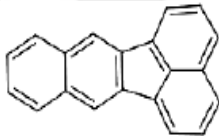
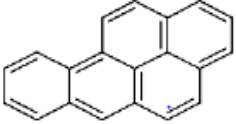
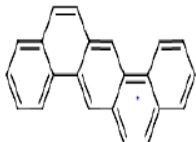
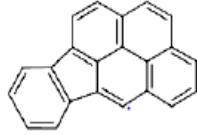
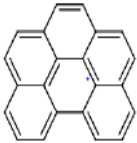
Çizelge 2.5. PAH'ların fiziksel ve kimyasal özellikleri (Mumtaz ve George 1999; USEPA 2008; who 1998; ATSDR 1995; Martinez vd 2004; Bjorseth ve Ramdahl 1985; Radecki vd. 1979; Varnamkhasti vd. 2008; Wise vd. 1981; Odabaşı vd. 2006)

PAH	Aromatik Halka	CAS	Kimyasal Formül	Molekül Ağırlığı (g/mol)	Kaynama Noktası °C	Erime Noktası °C	Buhar basıncı (mm Hg)
Naftelen	2	91-20-3	C ₁₀ H ₈	128,174	218	80	0,085
Asenaften	3	82-32-9	C ₁₂ H ₁₀	154,2	279	93.4	2,50x 10 ⁻³
Asenaftelen	3	208-96-8	C ₁₂ H ₈	152,2	280	92.5	2,9x 10 ⁻³
Antrasen	3	120-12-7	C ₁₄ H ₁₀	178,2	340	218	1,70x 10 ⁻³
Floren	3	86-73-7	C ₁₀ H ₁₀	166,2	295	116	5,00x 10 ⁻⁶
Fenantren	3	85-01-8	C ₁₄ H ₁₀	178,2	340	100	6,80x 10 ⁻⁴
Benzo(a)antrasen	4	56-55-3	C ₁₈ H ₁₂	228,3	435	162	2,20x 10 ⁻⁸
Krisen	4	218-01-9	C ₁₈ H ₁₂	228,3	448	255	6,30x 10 ⁻⁷
Floranten	4	206-44-0	C ₁₆ H ₁₀	202,3	375	111	5,00x 10 ⁻⁶
Piren	4	129-00-0	C ₁₆ H ₁₀	202,3	393	156	2,50x 10 ⁻⁶
Benzo(a)piren	5	50-32-8	C ₂₀ H ₁₂	252,3	495	179	5,60x 10 ⁻⁹
Benzo(b)floranten	5	205-99-2	C ₂₀ H ₁₂	252,3	481	168	5,00x 10 ⁻⁷
Benzo(k)floranten	5	207-08-9	C ₂₀ H ₁₂	252,3	481	215	-
Dibenzo(ah)antrasen	5	53-70-3	C ₂₂ H ₁₄	278,4	524	262	1,00x 10 ⁻¹⁰
Benzo(ghi)perilen	6	191-24-2	C ₂₂ H ₁₂	276,3	550	273	1,30x 10 ⁻¹⁰
İndeno(123-cd)piren	6	193-39-5	C ₂₂ H ₁₂	276,3	530	163	10-11-10 ⁻⁶

Çizelge 2.5. ' in devamı

PAH	25 ° C'de suda çözünürlük (mg/dm ³)	Henry Sabiti H (atmm ³ /mol)	Log Kow	Log Koc	Log KOA	Kanserojen Potansiyeli
Naftelen	31	4,4x10 ⁻⁴	3,3	-	-	-
Asenaften	3,9	7,91 x 10 ⁻⁵	9,92	3,66	6,28	-
Asenaftelen	16,1	1,45 x 10 ⁻³	3,94	1,4	6,23	-
Antrasen	4,34x 10 ⁻²	1,77 x 10 ⁻⁵	4,45	4,15	7,09	-
Floren	1,89	6,50x 10 ⁻⁶	4,9	4,18	6,58	-
Fenantren	1,15	2,56x 10 ⁻⁵	4,45	4,45	7,33	-
Benzo(a) antrasen	9,40 x 10 ⁻³	1,00x 10 ⁻⁶	5,61	6,61	9,1	+
Krisen	2,80x 10 ⁻³	1,05 x 10 ⁻⁶	5,16	5,3	9,4	±
Floranten	2,60 x10 ⁻¹	6,50 x 10 ⁻⁶	4,9	4,58	4,58	-
Piren	1,35x 10 ⁻¹	1,14 x 10 ⁻⁵	4,88	4,58	-	-
Benzo(a)piren	1,62x 10 ⁻³	4,90 x 10 ⁻⁷	6,06	6,74	10,86	+++
Benzo(b) floranten	1,20x 10 ⁻³	1,22 x 10 ⁻⁵	6,04	5,74	10,68	+++
Benzo(k) floranten	na	na	6,84	5,74	10,73	-
Dibenzo(ah) antrasen	5,00x 10 ⁻⁴	7,30x 10 ⁻⁸	6,84	6,52	13,67	+++
Benzo(ghi) perilen	2,60x 10 ⁻⁴	1,44 x 10 ⁻⁷	6,5	6,2	11,77	-
İndeno(123- cd)piren	1,90x 10 ³	6,95 x 10 ⁻⁸	6,58	6,22	11,56	+

“±”: düşük oranda kanserojen; “+”: kanserojen; “+++”: yüksek oranda kanserojen

 Naftalin (Np)	 Asenaftelen (Anp)	 Asenaften (Ane)
 Floren (Flr)	 Fenantren (Phe)	 Antrasen (An)
 Floranten (Flu)	 Piren (Py)	 Benzo[a]antrasen (BaA)
 Krisen (Chr)	 Benzo[b]floranten (BbF)	 Benzo[k]floranten (BkF)
 Benzo[a]piren (BaA)	 Dibenzo[a,h]antrasen (DahA)	 İndeno[1,2,3-cd]piren (IcdP)
 Benzo[g,h,i]perilen (BgHiPy)		

Şekil 2.1. Öncelikli polisiklik aromatik hidrokarbonların yapıları

Fiziksel ve kimyasal özellikler PAH'ların bir ortamdan emilimini ve ayrışmasını etkilemektedir (Jonsson vd. 2007). PAH'ların kararlılığı, artan aromatik halka sayısı ve dolayısıyla moleküler ağırlık ile artmaktadır (Henner vd. 1997). PAH'ların çevrede yayılmalarını sudaki çözünürlükleri, buhar basınçları, logK_{OW}, gibi faktörler belirlemektedir. K_{OW} bileşiğin sudan lipide geçiş potansiyelini gösterir. K_{OC}, bileşiğin toprakta bulunan organik karbon üzerine adsorblanma potansiyelini gösterir. Henry

sabiti, denge durumunda bir bileşiğin sudaki ve havadaki derişimlerini açıklayan ve bu kimyasalın uçuculuk potansiyeliyle ilgili bilgi veren bir değerdir (Radecki vd. 1979; Wise vd. 1981; Janini vd. 1976). PAH'lar yüksek erime ve kaynama noktasına sahiptir. PAH'lar zayıf uçucu bileşiklerdir ve su içerisinde çözünürlükleri düşüktür. Çözünürlükleri halka sayısının artması ile azalmaktadır. PAH'lar organik solventler içerisinde iyi çözünebilirler ve lipitler veya yağlar ile birleşme veya çözünme eğilimi gösterirler (Skupinska vd. 2004). Çizelge 2.5'de görüldüğü gibi diğer PAH bileşiklerine göre 3 aromatik halka içeren PAH'ların sudaki çözünürlükleri daha yüksektir ve 5-6 aromatik halkaya sahip olan PAH'ların sudaki çözünürlükleri oldukça düşüktür (Venny vd. 2012). Çok yüksek oktanol-su ayrışma katsayısına (K_{OW}) sahip PAH'lar hidrofobik olarak kabul edilmektedir. Nakamura vd. (1996), $\log K_{OW} < 1$ olan bileşikler son derece hidrofilik ve $\log K_{OW} > 3$ olan bileşikler son derece hidrofobik olarak sınıflandırmıştır.

Toprakta, PAH'lar hidrofobik olarak bilinmektedir. Bu bileşikler katı parçalara özellikle katıların organik fraksiyonuna adsorbe olma eğilimindedirler (Tremblay vd. 2005). Düşük moleküler ağırlıklı PAH'ların toprak matrisinden transferinin yüksek moleküler ağırlıklı PAH'lardan daha hızlı olduğu bilinmektedir. Bu gözlem, yüksek moleküler ağırlıklı PAH'ların partiküllerin mikro gözenekleri ve bunların hidrofobikliği üzerine güçlü şekilde adsorbe olmasıyla açıklanmıştır (Venny vd. 2012).

2.3. PAH'ların Reaktiviteleri

PAH'ların reaktivitesi fiziksel yapılarına; kenarlarına, kusurlarına ve diğer aktif bölgelerine bağlıdır. PAH'ların kenar yapısı, toplam PAH boyutu reaktivitelerini belirlemede önemli parametrelerdir (Stein ve Brown 1987). PAH'lar atmosferik oksidanlara, özellikle hidroksil radikaline, ozona, nitrat radikaline (NO_3) ve azot dioksit'e karşı reaktiftir. Ortam koşulları içerisinde PAH'lar, neredeyse tamamen gaz fazında bulunan iki aromatik halkalı benzenden, neredeyse tamamen partikül faza ayrılan altı veya daha fazla aromatik halkalı bileşiklere kadar çeşitlilik göstermektedir. Atmosferik ortamdaki PAH'ları ana kimyasal reaksiyonlar belirlemektedir. PAH'lar atmosferde en fazla OH radikali ile tepkimeye girer, bu tepkime ile PAH-OH ürünü oluşur ve daha sonra bunu NO_2 veya O_3 ile reaksiyonlar izlemektedir. Gözlenen reaksiyon ürünleri hem nitro-PAH'ları hem de kinonları ve ftalik asit, ftaldialdehit ve ftalik anhidrit gibi halka açılmış ürünleri içermektedir (Khailwal vd. 2008).

Aynı zamanda PAH'lar moleküler oksijen ile de reaksiyona girmektedir, ancak bu reaksiyonlar çok yavaş olduğundan bir bozunma mekanizması olarak önemsiz görülmektedir. Çizelge 2.6'da bazı PAH'ların simüle edilmiş atmosfer koşullarındaki yarı ömürleri listelenmiştir.

PAH'ların yarı ömürleri saat veya günler mertebesinde olabilmektedir. 2-3 benzen halkalı hafif PAH'lar çoğunlukla gaz fazında bulunurken, ağır olanlar esasen havadaki partiküller ile ilişkilendirilmektedirler. PAH'ların çoğunluğu (% 70-90) atmosferdeki partikül maddelere adsorbe edilmektedir (Khailwal vd. 2008).

3-5 benzen halkalı PAH'ların atmosferik yarı ömürleri saat veya günler mertebesinde ancak bu değerler yapılan çalışmalar arasında büyük farklılıklar göstermektedir (Keyte vd. 2013).

Çizelge 2.6. Simüle edilmiş atmosfer koşullarında seçilmiş PAH'ların yarı ömrü (Katz vd. 1979; Baek vd. 1991; Perraudin vd. 2007)

PAH	Simüle Edilmiş Güneş Işığı	Simüle Edilmiş Güneş Işığı ve Ozon (0,2 ppm)	Karanlık reaksiyon ozonu (0,2 ppm)
Antrasen	0,2	0,15	1,23
Benzo(a)antrasen	4,2	1,35	2,88
Dibenzo(ah)antrasen	9,6	4,8	2,71
Piren	4,2	2,75	15,72
Benzo(a)piren	5,3	0,58	0,62
Benzo(b)floranten	8,7	4,2	52,7
Benzo(k)floranten	14,1	3,9	34,9

2.4. Topraklarda Gözlenen PAH'ların Kaynaklarının Belirlenmesi

Toprak PAH'ların birikimi için önemli bir ortamdır. PAH'lar öncelikle üst toprakta birikmektedir. Organik maddeye yakınlığı ve kalıcılığı ile ilişkili olarak PAH'lar, toprakta organik maddelerin zengin olduğu katmanlarda birikmektedirler (A. F. Jin vd. 2014). Atık su deşarjı ve sulamanın yanı sıra topraktaki en yaygın kirlilik kaynağı atmosferik çökeltidir (Chung vd. 2007).

Hareketli veya sabit kaynaklardan atmosfere dağıtılan PAH'lar kuru veya ıslak çökeltme ile atmosferik taşınma süreçlerinden geçerek toprağa dağılmaktadır. (Simoneit 2002; Fu vd. 2003). Chung vd (2007) atmosferik çökeltme ile topraktaki PAH konsantrasyonu arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Hong Kong boyunca kentsel park, yeşil alan, kır, kırsal alan, restore edilmiş çöplük, tarım arazileri, meyve bahçesi çiftliği, krematoryum, endüstriyel ve yakın karayolu alanı topraklarından toplanan 138 toprak örneğinde PAH konsantrasyonlarını tespit etmişlerdir. Sonuçlar tüm arazi örneklerinde düşük PAH konsantrasyonlarının olduğunu göstermiştir. Fakat karayolu, kentsel ve endüstriyel bölgelerden alınan toprak örneklerinde PAH konsantrasyonları diğer bölgelere oranla daha yüksek tespit edilmiştir. Bu bölgelerdeki toprak kirliliğine en büyük katkının petrol kaynaklı taşıt emisyonlarının, endüstriyel emisyonların ve kullanılmış motor yağlarının uygunsuz şekilde imha edilmesinin sebep olduğu anlaşılmıştır. Aynı zamanda yeşil alanlar, kır parkı ve krematoryum için topraktaki PAH'ların başlıca kaynaklarının uzak bölgelerden orta veya uzun atmosferik çökeltme olduğu belirtilmiştir.

Kontamine atıksu, su ve yeraltı suyu ile sulama da toprağın PAH'larla kirlenmesine sebep olmaktadır. A. F. Jin vd. (2014) Çin'in güneydoğu bölgesinde atıksu, geri kazanılmış su ve yeraltı suyu ile sulanan bir bölgenin toprak profillerinde (0-5,5m), PAH'lara sulamanın etkisini araştırmışlardır. Atıksu sulama alanı, geri kazanılmış su ile sulama alanı ve yeraltı suyu sulama alanındaki PAH konsantrasyonları sırasıyla 726, 206,8 ve 42.8 mg/kg olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar sulama alanlarında tespit edilen PAH konsantrasyonlarının derin topraklardakinden çok daha yüksek olduğunu göstermiştir.

Atmosferik çökelme, sulama faaliyetleri gibi kaynakların toprakta PAH kirliliğine neden olabileceği düşünüldüğünde sera toprakları da bu sebeplerle kirlilik tehlikesi altındadır. Literatürde sera topraklarında PAH konsantrasyonları ve kaynak tespitine yönelik yapılan sayılı çalışma bulunmaktadır.

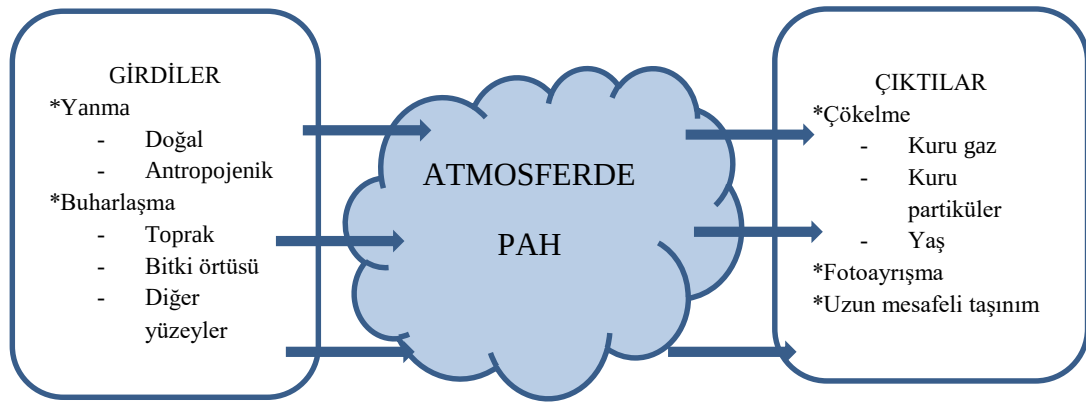
Ma vd. (2003) Pekin seralarında PAH konsantrasyon ve kaynaklarını araştırmışlardır. Toplam PAH konsantrasyonu 1.92–7.84 µg/g bulunmuştur. En yüksek tespit edilen PAH bileşikler 4, 5 ve 6 halkalı PAH'lar olmuştur. Bu sonuç dizel ve benzin yanması kaynaklı trafik emisyonlarının sera topraklarında kalan PAH'lar üzerindeki önemli etkisini olduğunu göstermiştir.

Patricia Plaza-Bolanos vd. (2012), güneydoğu İspanya'da yoğun olarak tarımın yapıldığı bir bölgede plastik ile kaplı seralarda 38 toprak örneği 400 km²'lik bir alanı kapsayacak şekilde toplanmış, PAH konsantrasyon ve kaynakları araştırılmıştır. Düşük miktarda pirojenik kaynaklı (tarımsal ekipman olarak traktör kullanımı, ısıtma, ot ve bitki atıklarının yanması) PAH konsantrasyonlarıyla karşılaşmıştır. 4, 5 halkalı PAH'lar baskın bulunmuştur. En yüksek konsantrasyonlu bileşik benzo(b)floranten (5 halka), % 74'lük bir oranla 2–63 µg/kg olarak bulunmuştur.

Çin'in Shandong kentindeki seralarda yapılan çalışmada sera topraklarından 196 ve sebzelerden toplanan 27 örnekte PAH konsantrasyonlarına bakılmıştır. Toprakta toplam PAH konsantrasyonu 152,2 µg/kg ile 1317,7 µg/kg arasında değişmiş ve 3 halkalı bileşikler baskın tür olarak bulunmuştur. Fenantren % 16,3, Asenaften % 13,1 ve Floren % 10,5 oranda tespit edilmiştir. Bu toprak örneklerinde tespit edilen 3 halkalı PAH bileşiklerinin tarım arazilerinde araç kullanımı ve ot ve bitki yakımı gibi projenik kaynaklı olduğu belirtilmiştir(Chao Chai vd. 2017).

2.5. PAH'ların Çevresel Akıbetleri

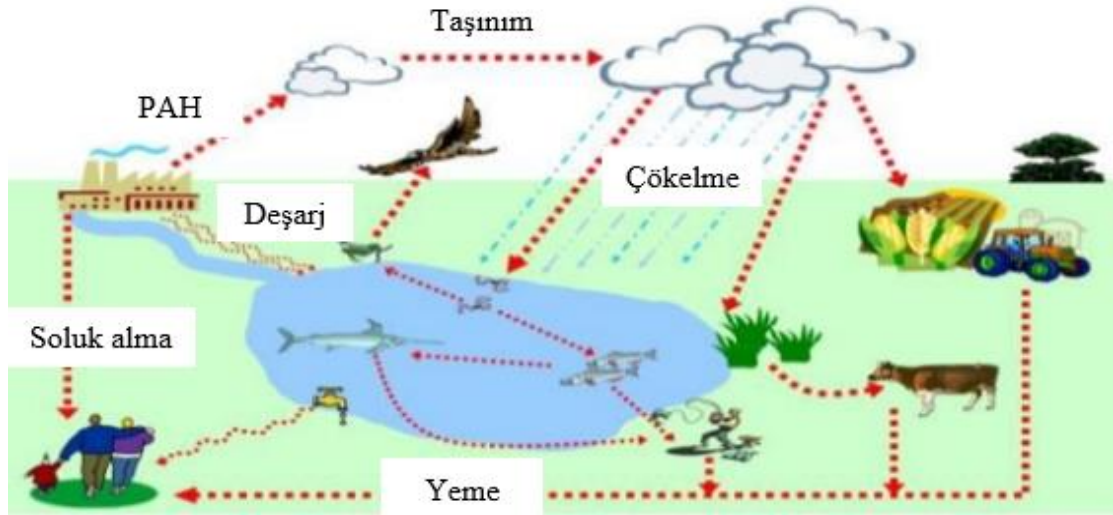
PAH'lar çevreye esas olarak doğal ve antropojenik kaynaklardan katılmaktadır. PAH'lar kaynaklardan başlangıç olarak atmosfere giriş yapmaktadır. Daha sonra fiziksel ve kimyasal özellikleri ve çevresel ve meteorolojik koşulları tarafından yönetildiği gibi çoklu çevresel ortamlara örneğin hava, su, toprak ve sedimente dağılmaktadır (Palm vd. 2004; S.-K. Kim vd. 2009). Atmosfere yayılan PAH'lar ya gaz fazında bulunurlar yada partikül maddelere adsorbe olmaktadır. PAH'ların gaz halinde veya partiküler halde bulunmaları bileşiklerin moleküler ağırlığına, ortamın sıcaklığına ve nemine ve partikülün içersindeki karbon miktarına bağlı olmaktadır. Örneğin yüksek molekül ağırlığına, dolayısıyla yüksek yoğunlaşma sıcaklığında ve düşük uçuculuğa sahip PAH'lar havadaki partiküller tarafından adsorplanmaktadır. Düşük yoğunlaşma sıcaklıkları sergileyen 2-3 halkalı düşük moleküler ağırlıklı PAH'lar ise gaz fazında daha fazla miktarda bulunmaktadır (Maliszewska-Kordybach 1999). Orta moleküler ağırlıklı PAH'lar olarak bilinen 4 halkalı PAH'lar ise her iki fazda da bulunmaktadır (Subramanyam vd. 1994). Atmosfere dağılan PAH'lar topraklara, bitki örtülerine, denizlere ve yüzey sulara yağış ile ayrılmadan önce uzun mesafe taşınması mümkün olmaktadır (Wild ve Jones 1995; VanJaarsveld vd. 1997). Doğal ve antropojenik faaliyetler sonucunda atmosfere giriş yapan PAH'lar için çevresel ortamlara girdi ve çıktı özet şeması Şekil 2.2'de gösterilmektedir.



Şekil 2.2. Polisiklik aromatik hidrokarbonların atmosfere girdi ve çıktıları (Maliszewska-Kordybach 1999)

PAH'lar sucul ekosistemlere atmosferik birikim, atık su deşarjları, seyir aktiviteleri ve petrol sızıntıları gibi kaynaklardan giriş yapmaktadır (Rogge vd. 1993; Heemken vd. 2000; Garban vd. 2002; Motelay-Massei vd. 2007; Mouhri vd. 2008; Masood vd. 2016). PAH partikülleri insan faaliyetlerine maruz kalan bölgelerde birikir ve hızlı bir şekilde yağmur, fırtınalar ve kar erimesi yoluyla sucul ortamlara taşınmaktadır (Neary ve Boving 2011). Sucul ortamlarda PAH'lar yaşayan organizmalarda biyolojik olarak birikir ve parçalanabilir. Bununla beraber PAH'ların çoğu katı parçacıklara adsorbe olarak nehir göl ve denizler gibi sucul ortamların dibine yerleştirilmektedir. Aynı zamanda sucul ortamlara giriş yapan PAH'lar yine buharlaşma yolu ile tekrar atmosfere geçiş yapmaktadır (ATSDR 1995). PAH'lar sucul ortamlarda fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı sedimanlara tutulma eğilimindedirler ve sucul sisteme girdikten sonra hidrofobik özellikleri nedeniyle partikül fazına bağlanarak sedimanda birikirler. Bu nedenle sedimanlar PAH'ların birikimi için iyi bir çevresel ortamdır (Fernandez vd. 1999; Souza Brito vd. 2005).

Toprak PAH'ların birikimi için önemli bir ortamdır ve PAH'lar başlangıçta üst toprakta toplanmaktadır (A. F. Jin vd. 2014). PAH'lar atmosferdeki taşınma süreçlerinden geçerek toprakta kuru ve yağ çökeltme ile birikmektedir. Kalıcılıkları ve hidrofobiklikleri nedeniyle, PAH'lar topraklarda, özellikle de uzun yıllar tutulabilecekleri organik yapılarda birikir (Fu vd. 2003). PAH'lar toprağa sıkıca yapışırlar aynı zamanda toprakta uçucu hale gelebilir, biyolojik bozunmaya maruz kalabilir ve bitkilere transfer olabilirler. Bazı PAH'lar yüzey topraklarından havaya buharlaşır. Bir akifer ile birlikte taşınarak yer altı suyunu kirletebilir. PAH'ların topraktaki ve sudaki mikroorganizmaların etkisinden kaynaklanan bozunmaları genellikle haftalar veya aylar alır (ASTDR 1995). Çevresel ortamlarda PAH'ların oluşumu ve çevreye dağılımları Şekil 2.3.' de gösterilmektedir.



Şekil 2.3. Polisiklik aromatik hidrokarbonların çevresel döngüsü

2.6. PAH'ların Toksikolojik Etkileri

PAH'lar yüksek konsantrasyonlarda insanlar, hayvanlar ve bitkiler üzerinde risk oluşturabilen ve çevrede kalıcı olan bir kirletici grubudur. PAH'lar insanlar hayvanlar ve bitkiler üzerinde toksik etkiler göstermektedir. PAH'ların ortamdaki organizmalar üzerindeki etkileri hakkındaki mevcut veriler su, sediment, hava ve toprak yoluyla maruz kalma süreleriyle ve konsantrasyonları ile ilişkilidir (WHO 1998). Jaward vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada Meksika Sinaloa körfezinden alınan su, sediman, karides örneklerinde PAH konsantrasyonlarını belirlenmiş, aynı zamanda balık ve karides embriyoları da bu PAH'ların bazılarına maruz bırakılarak canlılar üzerindeki toksik etkileri incelenmiştir. Bu çalışmada toplam PAH konsantrasyonları suda 9 ile 347 ng/l, sedimanda 27 ile 418 ng/g ve karideslerde 36 ile 498 ng/g arasında değişmiştir. PAH'lara maruz kalan balık embriyolarında genetik bozulmalar gözlenirken yavru karideslerde kontrol karideslerine oranla önemli ölçüde daha düşük büyüme oranları ve DNA ve protein değişiklikleri de gözlenmiştir.

Canlıların PAH'lara farklı maruz kalma yolları vardır. Yapılan çalışmalar aynı zamanda PAH maruziyetinin bitkiler içinde toksik etkileri olduğunu kanıtlamıştır. Cody vd. (1984) PAH'ların farklı ışık etkileri altında bitkiler üzerinde fototoksitesini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda Benzo(a)piren(40µg/l) beyaz ışık altında *Selenastrum capricornutum* popülasyonlarının büyümesini inhibe etmiştir. Aynı zamanda beyaz ışık altında alg büyümesi üzerine fototoksitesite sıralaması benzo(a)piren>benz(a) antrasen≥ antrasen olarak bulunmuştur. Yazarlar çalışmadaki ekotoksitesite sırasının memeliler üzerinde gözlemlenen kanserojen etki sıralaması ile benzer olduğunu ifade etmişlerdir. Henner vd. (1999) PAH'lar ile kirlenmiş toprakların fototoksitesini incelemek için bitki türleri üzerinde yaptıkları araştırmada <3 halkalı PAH'ların bitki büyümesini kuvvetli bir şekilde inhibe ettiği sonucuna ulaşmışlardır. Diğer yandan yüksek moleküler ağırlıklı PAH'lar ile çalışılan bitki örneklerinde herhangi bir toksitesite görülmemiştir. Yazarlar bu duruma düşük molekül ağırlıklı PAH'ların uçucu hale getirme, biyobozunma, ayrışma, toprak işleme ve gübreleme gibi yöntemler ile topraktan uzaklaştırılması durumunda bitkilerin büyüyebileceği yorumunu getirmişlerdir. Yapılan

alışmalar PAH'ların bitkiler ve hayvanların gelişimi üzerindeki olumsuz etkilerini açıkça göstermektedir.

PAH'lara maruz kalma yolları ve insanlar üzerindeki sağlık etkileri uzun süreler araştırmalara konu olmuştur. PAH'lar soluma, ağız ve deri yoluyla maruziyet ile canlıların bünyesine alınırlar. Bu maruziyetler canlılar üzerinde ölüme, olumsuz sistematik, immünolojik ve lenforetiküler, nörolojik, gelişimsel, genotoksik etkilere sebep olmaktadır. Aynı zamanda üremede olumsuzluklara ve kansere sebep olduğu bilinmektedir (ATSDR 1995). PAH'ların canlılar üzerindeki etkileri kısa süreli ve uzun süreli etkiler olarak incelenmiştir. PAH'ların insan sağlığı üzerindeki akut yanı kısa süreli etkileri maruz kalma derecesine, konsantrasyonuna, PAH'ların toksisitesine ve maruz kalma çeşidine bağlıdır (ACGIH 2005). Yüksek seviyede PAH içeren kirletici karışımlarına maruziyet göz tahrişi, bulantı, kusma, ishal, cilt tahrişi ve iltihabı gibi semptomlara yol açtığı bilinmektedir (Unwin vd. 2006). PAH'ların uzun süreli etkileri hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalarla araştırılmış ve uzun süreli maruziyetin laboratuvar hayvanlarında kansere sebep olduğu bildirilmiştir (Diggs vd. 2012). Belirlenmiş PAH'ların farklı kurumlara göre kanserojen sınıflamaları izelge 2.7.'de gösterilmektedir.

PAH bileşiklerinin yüksek konsantrasyonlarına maruz kalmanın bir dizi toksikolojik etkiye sebep olmasına rağmen, düşük ve gerçekçi konsantrasyonlara maruz kalmanın en büyük önemi, akciğer kanserine sebep olmasıdır. Yapılan alışmalar sonucunda birçok PAH bileşiğinin tamamen kanserojen olduğu, yani DNA'da mutasyonlara sebep olarak kansere yol açtığı gösterilmiştir(PAHs Position paper 2001).

PAH'ların DNA yapısını bozarak bazı genetik değişikliklere sebep oldukları bilinmektedir. Sigara içen ve işyerinde veya dışarda yüksek miktarda PAH derişimine maruz kalan insanlar üzerinde yapılan araştırmalarda bu DNA mutasyonlarına rastlanmıştır (Chen ve Liao 2006). Yapılan alışmalar PAH'ların insanlar için kanserojen olduğunu göstermektedir ancak, PAH'ların insanlar için kanserojen olduğunun doğrudan bir kanıtı bildirilmemiştir. Bu sonuçlar, PAH karışımlarına maruz kalan insanlarda mesane ve gastrointestinal kanserleri ve ağırlıklı olarak cilt ve akciğer kanserinde artan bir risk olduğunu göstermiştir (Bach vd. 2003).

Çizelge 2.7. Farklı kurumlara göre polisiklik aromatik hidrokarbonların kanserojenlik sınıflandırması

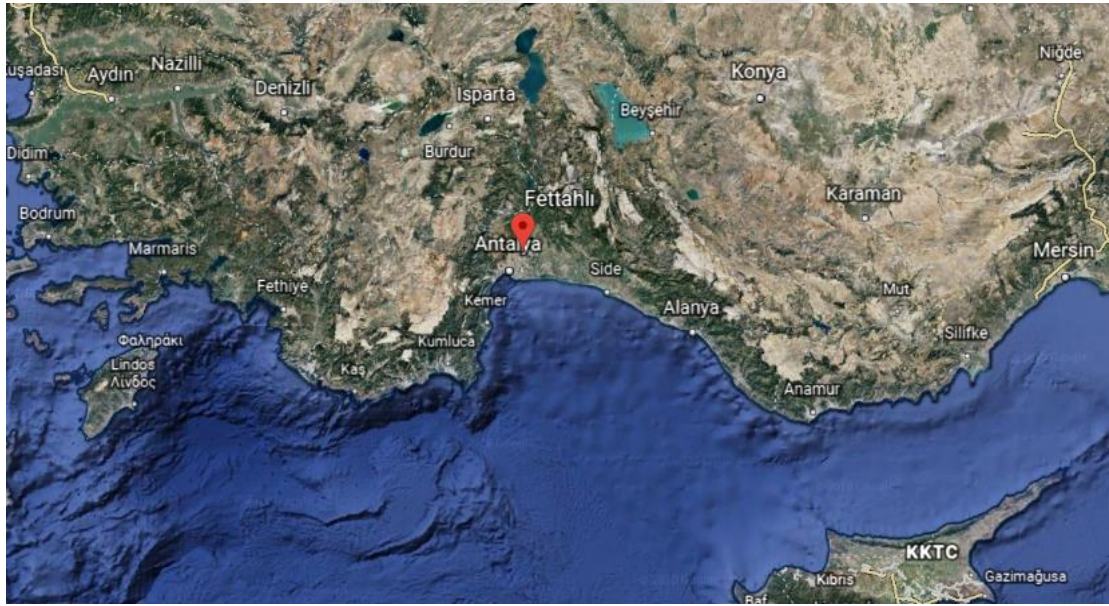
Kurum	PAH	Kanserojenik Sınıflandırma
Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR)	Benzo(a)antrasen	Hayvan Kanserojenleri
	Benzo(b)floranten	
	Benzo(a)piren	
	Dibenzo(a,h)antrasen	
	İndeno(1,2,3-c,d)piren	
	Benzo(a)antrasen	Muhtemelen İnsanlara Kanserojen
	Benzo(a)piren	
International Agency for Research on Cancer (IARC)	Benzo(a)floranten	Muhtemel İnsanlara Kanserojen
	Benzo(k)floranten	
	İndeno(1,2,3-c,d)piren	
	Antrasen	İnsanlara Kanserojen Olarak Sınıflandırılmaz
	Benzo(g,i,h)perilen	
	Benzo(e)piren	
	Krisen	
	Floranten	
	Floren	
	Fenantren	
	Piren	
U.S. Environmental Protection Agency (EPA)	Benzo(a)antrasen	Muhtemel İnsanlara Kanserojen
	Benzo(e)piren	
	Benzo(b)floranten	
	Benzo(k)floranten	
	Krisen	
	Dibenzo(a,h)antrasen	
	İndeno(1,2,3-c,d)piren	
	Asenaftalen	İnsan Kanserojenliğine Göre Sınıflandırılmaz
	Antrasen	
	Benzo(g,i,h)perilen	
	Floranten	

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Örnekleme Yeri

Antalya ili önemli tarım merkezlerinden biridir. İklim koşullarının uygun olması sebebiyle seracılık yoğun olarak yapılmaktadır. Türkiye’de seracılık Akdeniz, Ege ve Marmara Bölgesi kıyı şeridinde dağılma ve gelişme göstermektedir. Antalya ilinde seracılık Kaş-Gazipaşa arasında yoğun bir şekilde gelişmiştir. Toplam sera alanlarının % 57’nin yer aldığı yöre gerek üretim alanı ve gerekse üretim teknolojisi yönünden Türkiye seracılığında önder durumdadır. İlde büyük çoğunlukla sebze üretimi hakimdir, son yıllarda kesme çiçek ve süs bitkileri üretimi yapılmaktadır. Ayrıca Antalya’da bulunan seraların % 46’sında tek ürün, % 54’ünde çift ürün yetiştiriciliği yapılmaktadır. Yetiştirilen ürünler sırasıyla domates (% 49), hıyar (% 26), sivri biber (% 12), patlıcan (% 8) ve süs bitkileri (% 1.6)’dır. Antalya’da bulunan seraların büyük çoğunluğu aile işletmeleri şeklinde olduğu ve küçük alanlara sahip oldukları görülmektedir (Emekli vd. 2008).

Proje kapsamında Antalya ili Aksu ilçesi Fettahlı köyündeki seraların zirai toprakları örnekleme için seçilmiştir. Bu bölge sera tarımının yoğun olarak yapıldığı, Antalya havalimanı yakınlarında, Antalya Isparta karayolu üzerinde bir bölgedir. Numune alınan bölgenin Google Eart’den alınan görüntüsü Şekil 3.1’de gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Antalya Aksu Fettahlı Bölgesi

Örnekleme esnasında numune alınan sera sahipleriyle numune alınan yerin fiziksel ve çevresel özelliklerini belirlemek amacıyla bir anket çalışması yapılmıştır. Bu anket çalışmasında sera sahiplerine seralarda kullanılan örtü malzemesi ve kullanım ömrü, seraların ısıtma ve soğutma metodu, sulama metodu, kaynağı ve sıklığı, havalandırma metodu, ürünlerin ekin sıklığı (çift ekim veya tek ekim), son ekin zamanı, gübre kullanımı ve kullanım sıklığı, kimyasal ilaç kullanımı ve kullanım sıklığı gibi sorular sorularak numune alınan seraların özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

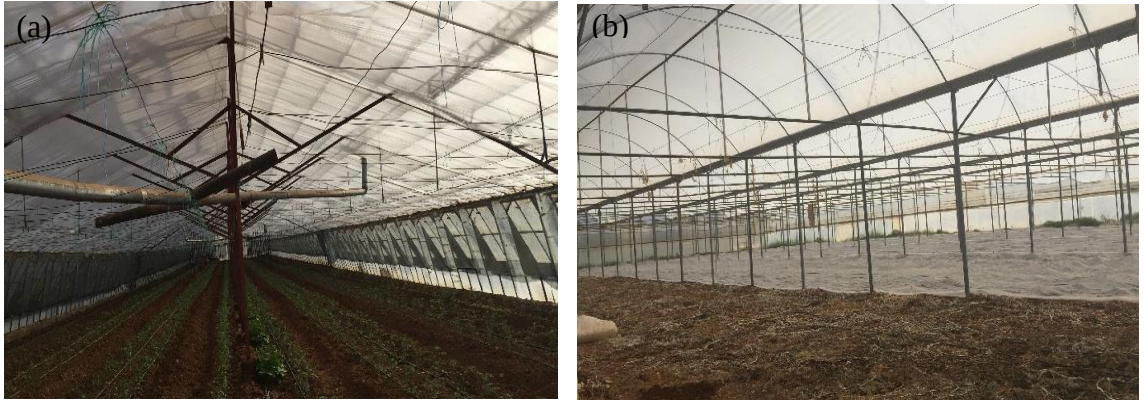
7. EKLER bölümünde Çizelge Ek.1.'de yapılan anket çalışması sonucunda toprak numunesi alınan seraların özellikleri gösterilmektedir.

3.2. Örneklemeye

Antalya Aksu Fettahlı bölgesinde örneklemeye yapılan seralar benzer özelliklerde seçilmiştir. Toprak örnekleri domates yetiştirilen seralardan alınmıştır. Bu seralarda plastik, cam ve yarı cam yarı plastik olmak üzere 3 farklı örtü çeşidi kullanılmaktadır. Aynı zamanda bazı seralarda toprak üstü örtüsü olarak ekinlerin üzerinde plastik örtü de kullanılmaktadır. Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'de seralarda kullanılan örtü çeşitleri gösterilmiştir.

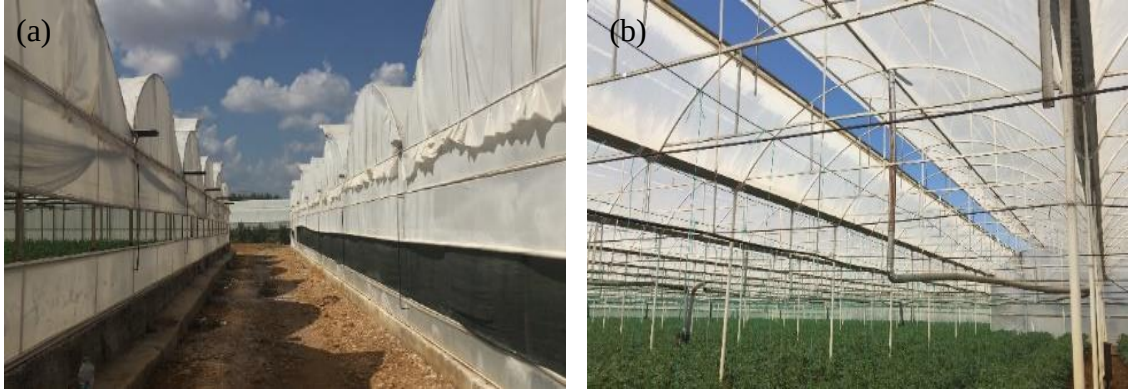


Şekil 3.2. a) Cam Örtülü Seralar; b) Plastik Örtülü Seralar



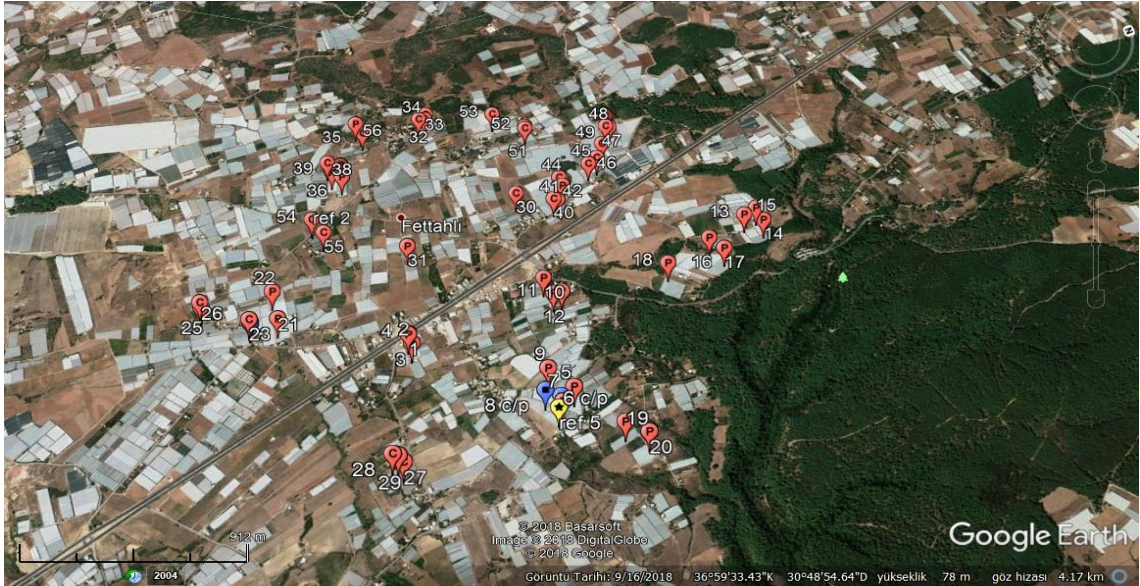
Şekil 3.3. a) Yarı Cam Yarı Plastik Örtülü Seralar; b) Ekin Üzeri Plastik Örtü

Örneklemeye yapılan seralarda üstten ve yandan olmak üzere 2 çeşit havalandırma metodu kullanılmaktadır. Kullanılan havalandırma metotları Şekil 3.4'de gösterilmiştir.



Şekil 3.4. a) Yandan Havalandırmalı Seralar; b) Üstten Havalandırmalı Seralar

Yapılan örneklemelemlerde seralardan 53 adet toprak numunesi ile seralara yakın bölgelerden 5 adet referans numunesi olmak şartıyla toplamda 58 adet toprak numunesi alınmıştır. Sonuçlarda karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla cam ve plastik çeşitlerinin kullanıldığı seralardan numuneler eşit olarak alınmıştır. Alınan 58 adet toprak numunesinin 25'i plastik seralardan, 28'i cam seralardan alınmıştır. Seralar Yapılan örnekleme yaklaşık olarak 5.83 km²'lik bir alan içerisinde yapılmıştır. Örnekleme seralara ekim tarihlerinden sonrası dikkate alınarak sonbahar ve kış örnekleme olarak 2 farklı dönemde yapılmıştır. Sonbahar dönemi için örnekleme 2017 yılının Eylül ayında yapılmıştır. Kış dönemi için ise toprak örnekleri 2018 yılının Şubat ayında toplanmıştır. Örneklemenin yapıldığı alan Şekil 3.5'de gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Toprak örneklerinin toplandığı alan, Aksu- Fettahlı Bölgesi

Toprak numuneleri toplama esnasında ve sonrasında güneş ışığından korunması amaçlı, çeker ocak içerisinde hekzan ile temizlenerek bekletilen alüminyum folyolara sarılarak plastik torbalar içerisine paketlenip toplanmıştır (Karaca 2016). Numuneler toplandıktan sonra icepeak çantada buz kasetleri ile birlikte laboratuvara taşınmıştır. Şekil 3.6'da numunelerin toplandığı poşetler gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Numunelerin toplandığı poşetler

Şekil 3.7’de görüldüğü gibi her bir numune için belirlenen seralanın 4-5 farklı bölgesinden 0-20 cm derinlikten toprak numuneleri alınıp karıştırılarak kompozit bir numune oluşturulmuştur. Numuneler alınırken sera içerisinde ve dışarısında sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Yapılan sıcaklık ölçümleri kapalı ölçek termometrenin toprağın 0-5 cm derinliğine batırılmasıyla yapılmıştır (Karaca 2016).



Şekil 3.7. a) Toprak numunelerinin paketlenmesi; **b)** Numunelin karıştırılması

Alınan numuneler laboratuvara getirilerek analize kadar -20°C ’de Şekil 3.8’de gösterildiği gibi derin dondurucu içerisinde saklanmış ve analizden önce bir takım ön işlemlere tabi tutulmuştur.

3.3. Örneklerle Uygulanan Ön İşlemler

Tüm numuneler toprak karakterizasyon ve GC-MS ile analize hazırlama işlemlerinden 1 gün önce derin dondurucudan çıkarılarak numunelerin oda sıcaklığına gelmesi sağlanmıştır (Zhang vd. 2004). Şekil 3.9’de gösterildiği gibi toprak karakterizasyon analizleri ve GC-MS analizlerine hazırlama gibi işlemler öncesinde toprak örnekleri içerisindeki plastik, iplik, metal, cam parçaları gibi istenmeyen maddeler numunelerin içerisinden cımbız yardımı ile alınarak tüm toprak numuneleri temizlenmiştir. Daha sonra ekstraksiyon ve GC-MS ile analiz öncesinde tüm numuneler

2 mm'lik bir elekten geçirilerek 50 gr'a ayarlanarak analize kadar yine derin dondurucuda muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.8. Buzdolabı içerisinde muhafaza edilen toprak numuneleri



Şekil 3.9. Temizlenen toprak numuneleri



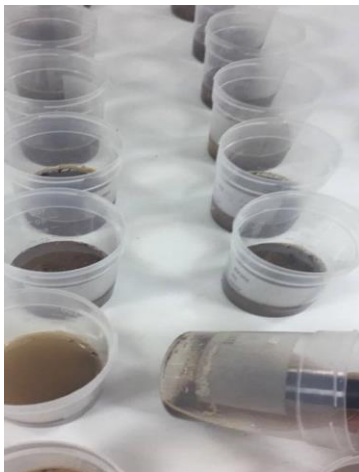
Şekil 3.10. 2 mm elekten geçirilen toprak numuneleri

3.4. Toprağın Karakteristiği

Tez çalışması kapsamında 5.83 km²'lik bir alan içerisinde farklı noktalardan birçok toprak numunesi toplanmıştır. Her toprak numunesi farklı özellikler taşımaktadır. Bu yüzden toplanan toprak numunelerinin yapısını belirlemek için pH, iletkenlik ölçümü, porozite, nem ve toplam organik madde ölçümleri, elek analizi ve hidrometre analizleri yapılmıştır.

3.4.1. pH ve iletkenlik ölçümü

Numunelerin pH ve iletkenlik ölçümü numune toplanmasının hemen sonrasında yapılmıştır. Toprak numunesi içerisindeki kaba parçaların ayırımı için No.10 numara (2 mm) elek ile elenen her bir toprak numunesinden 10 gram alınarak 50 ml plastik kaplara konulmuş ve üzerine 25 ml saf su ilave edilmiştir. 30 dakika bekletildikten sonra iyice karıştırılarak pH ve iletkenlik ölçümleri yapılmıştır (Haney ve Haney 2010). Yapılan ölçümler Şekil 3.11'de gösterilmiştir.



Şekil 3.11. pH ve iletkenlik ölçümü

Toprak numunelerinde yapılan pH ve iletkenlik ölçümü sonuçları 7. EKLER bölümünde Çizelge Ek.2.'de özetlenmiştir.

3.4.2. Porozite deneyi

Porozite deneyi bölümümüz laboratuvarında bulunan Memmert UN110 Etüv ile yapılmıştır. Toprak numunelerinde porozite deneyi için özgül ağırlık (bulk density) (ρ_p) ve hacim ağırlığı (particle density) (ρ_p) ölçülüp aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (ASTM D7263-09). Toprak numunelerinin hacim ağırlığı hesabı için 20 ml mezür ile hacimce belirli miktarda (20 ml) numune ağırlığı ölçülmüştür. Hacimce ağırlığı ölçülen numune sabit tartıma getirilmiş krozelere konularak tartımları yapılmıştır. Daha sonra numuneler alınıp 105°C’de etüvde kurutulup kuru ağırlığı hesaplanmıştır. Numuneler etüvde 105°C’de 24 saat kurutulduktan sonra son tartım yapılmıştır. Toprak yapısına bağlı olarak toprağın özgül ağırlığı 2,65 gr/cm³ olarak kabul edilmiştir (Haney ve Haney 2010). 1 numaralı numune için örnek hesaplama aşağıdaki gibi gerçekleştirilmiştir.

105 °C’de 24 saat şartlanan krozelerin boş tartımları yapılmıştır. Dara 30,7398 gr olarak hesaplanmıştır. Belirli bir miktarda (mezür ile 20 ml) alınan numune sabit tartım yapılmış kroze alınıp tekrar tartılmıştır. Alınan numune miktarı 48,3937 gr olarak ölçülmüştür. Krozelerle birlikte numuneler etüvde 24 saat 105°C de kurutulmuştur. 105 °C kurutmadan sonra son tartım yapılmıştır. 105 °C Sonrası tartım 46,3743 gr olarak ölçülmüştür. Etüv sonrası kuru ağırlık formül 3.1’deki eşitlik ile hesaplanmaktadır.

$$\text{Etüv sonrası kuru ağırlık} = (105^\circ\text{C Sonrası tartım}) - (\text{Boş tartım}) \quad (3.1)$$

Bu eşitlikten Etüv sonrası kuru ağırlık 15,6345 gr olarak hesaplanmıştır. Hacim Ağırlığı (gr/cm³) formül 3.2’deki eşitlik ile hesaplanmaktadır.

$$\text{Hacim Ağırlığı (gr/cm}^3\text{)} = \text{Etüv Sonrası Kuru Ağırlık (gr)} / \text{Hacim (cm}^3\text{)} \quad (3.2)$$

Bu eşitlikten Hacim Ağırlığı 0,7817 gr/ cm³ olarak hesaplanmıştır. Porozite hesabı için formül 3.3’deki eşitlik kullanılmaktadır.

$$\text{Porozite (\%)} = 100 - (\text{Hacim Ağırlığı (gr/cm}^3\text{)} / \text{özgül ağırlık 2,65 (gr/cm}^3\text{)}) * 100 \quad (3.3)$$

Bu eşitlik ile hesaplanan porozite % 70,5009 olarak bulunmuştur.

Tüm numuneler için porozite deney sonuçları 7. EKLER bölümünde Çizelge Ek.3’de özetlenmiştir.

3.4.3. Nem ve toplam organik madde ölçümü

Nem, Toplam organik madde ve Organik karbon deneyleri bölümümüz laboratuvarında bulunan Memmert UN110 Etüv ve Protherm furnaces kül fırını ile yapılmıştır. Alınan toprak numunelerinde nem ve toplam organik madde ölçümleri yapılmıştır. Nem ölçümü için 10 gram toprak numunesi kullanılmıştır. Nem tayini için alınan toprak numuneleri 24 saat boyunca 105 °C’de etüvde bekletilmiş ve kuru ağırlıkları yaş ağırlıklarından çıkarılarak hesaplanmıştır (Black 1965). Nem tayininde 1 numaralı numune için hesaplama aşağıda belirtildiği gibi gerçekleştirilmiştir.

Boş krozelere 24 saat boyunca 105 °C’de etüvde bekletildikten sonra daraları alınmıştır. Kroze darası 31,132 gr olarak bulunmuştur. Krozelere 10 gr toprak numunesi eklenerek tartımı yapılmıştır. Tartımı yapılan numune+kroze 105 °C öncesi, 41,138 gr olarak bulunmuştur. Kroze+Numune 105 °C sonrası tartım 40,99 gr olarak bulunmuştur. Kroze içerisindeki numuneler 24 saat boyunca 105 °C’de etüvde bekletildikten sonra daraları alınmıştır. Nem hesabı formül 3.4’deki eşitlik ile 105 °C öncesi kroze+numune ağırlığından, Kroze+Numune 105 °C sonrası ağırlığın çıkartılmasıyla hesaplanmıştır.

$$\text{Nem miktarı(gr)} = \text{kroze+numune} - \text{Kroze+Numune 105 °C sonrası} \quad (3.4)$$

Bu eşitlik kullanılarak hesaplanan nem miktarı 0,148 gr olarak bulunmuştur.

Numuneler için toplam organik madde tayini ise Etüvden çıkarılarak tartıma alınmış numunelerin kül fırınında 600 °C’ de yakılması ve son tartımının alınmasıyla hazırlanmıştır. 1 numaralı numune için toplam organik madde formül 3.5 eşitliği kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\text{TOM (gr)} = \text{Kroze+Numune 105 °C sonrası tartım} - \text{Kroze+numune 600°C’ de yakılması sonrası tartım} \quad (3.5)$$

Bu eşitlik kullanılarak hesaplanan toplam organik madde miktarı 0,335 gr olarak bulunmuştur.

Toplam organik karbon içeriği ise Toplam Organik Madde Miktarının 1,724 ile çarpılmasıyla hesaplanmaktadır(Fetter 1999). 1 numaralı numune için toplam organik karbon miktarı 0,57754 gr olarak bulunmuştur.

Tüm toprak numuneleri için yapılan nem, toplam organik madde ve toplam organik karbon tayini sonuçları 7. EKLER bölümünde Çizelge Ek.4’de özetlenmiştir.

3.4.4. Elek ve hidrometre analizi

Toprak tekstüre yapısının belirlenmesi için toprak numunelerine elek ve hidrometre analizi yapılmıştır. Bu analizler için fakültemizde jeoloji mühendisliği bölümü laboratuvarında bulunan elekler, elek makinası(ASTM E11 standartlarına uygun) ve yoğunlukölçer hidrometre kullanılmıştır. Seralardan alınan toprak örneklerinin büyük bir çoğunluğunun ufak tanelere sahip olması ve toprak yapısında daha çok kil ve silt bulunması nedeniyle toprak örnekleri tüm eleklerden geçirilmemiş, sadece no. 10 (2 mm) elekten geçirildikten sonra kum, kil ev silt gruplarına ayrılması için hidrometre analizine alınmıştır. Tüm hesaplamalar buna göre yapılmıştır. Elek analizi için numuneden homojen olması için karıştırılarak 200 gram alınmıştır. 200 gram toprak numunesi no.10 (2 mm) elekten geçirilmiştir. Elek üzerinde ve altında kalan miktar tartılarak not alınmıştır. No.10 (2 mm) elek altında kalan kısımdan 100 gr toprak alınarak hidrometre analizi için kullanılmıştır. Hidrometre analizi için 100 gram toprak numunesi alınarak 500 ml beherlere konulmuş üzerine 125 ml %4’lük Sodyumhegzametafosfat (SHMP) ilave edilmiş ve 16 saat ağzı kapalı bir şekilde bekletilmiştir. SHMP hidrometre deneyinde toprak numunesin içerisindeki birbirine yapışmış halde bulunan partikülleri birbirinden ayırmak ve hidrometre analizinde doğru bir sonuç almak için kullanılmaktadır. 16 saat boyunca bekletilen numuneler 1 dakika karıştırıldıktan sonra 1000 ml’lik mezürlere

alınarak üzerine 1000 ml'ye kadar saf su ilave edilmiştir. Ağzı kapalı mezürler iyice çalkalandıktan sonra sabit bir hale getirilerek 2, 5, 15, 30, 60, 250, 1440 dakikalarda hidrometre ve sıcaklık ölçümleri yapılmış ve sonuçlar kaydedilmiştir (ASTM, PA 19428-2959). Şekil 3.12 ve 3.13'de kullanılan yoğunlukölçer hidrometre ve yapılan hidrometre deneyleri gösterilmiştir.



Şekil 3.12. Yoğunluk ölçer hidrometre



Şekil 3.13. Hidrometre ölçümü

Hidrometre analizi tamamlandıktan sonra mezürdeki numuneler no.200 (0,074 mm) numara elekten geçirilerek elek üstü toprak etüvde 105°C'de 24 saat kurumaya bırakılmıştır. Kuruduktan sonra hassas terazide son tartımları yapılarak not edilmiştir (ASTM, PA 19428-2959). 7. EKLER bölümünde Çizelge Ek.5'de elek analizi, Çizelge Ek.6'da hidrometre deneyi için yapılan ölçümlerin sonuçları listelenmiştir.

Elek ve hidrometre analizi için 1 numaralı numunede örnek hesaplama aşağıdaki gibi gerçekleştirilmiştir.

1 numaralı numuneden 200 gram toprak numunesi hassas terazide tartılarak alınmıştır. 200 gram toprak numunesi no. 10 (2mm) elekten geçirilmiştir. No.10 elek üstü kütle 99,5774 gr, No.10 elek altı kütle: 100,4226 gr olarak ölçülmüştür. No. 10 elekten geçen kütleden 100 gram hidrometre analizine alınmıştır. Hidrometre okumaları yapıldıktan sonra mezürdeki numune no.200 (0,074 mm) elekten geçirilmiştir (Numunedeki kil ve silt oranları buradaki işlem üzerinden hesaplanır). Elekten geçirilen

numune daha önce darası alınmış bir behere konularak 105 °C’de 24 saat boyunca kurutulmuştur. Darası alınmış beherin ağırlığı 32,9955 gr olarak bulunmuştur. 105 °C sonrası beherin tartımı yapılmış ve 83 gr olarak bulunmuştur. No. 200 Elek Üstü Kütle formül 3.6’ daki eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu eşitlik ile 200 Elek Üstü Kütle 50,0428 gr olarak hesaplanmıştır.

$$\text{No. 200 Elek Üstü Kütle(gr)} = 105\text{ °C Beher Tartımı} - \text{Beher Dara} \quad (3.6)$$

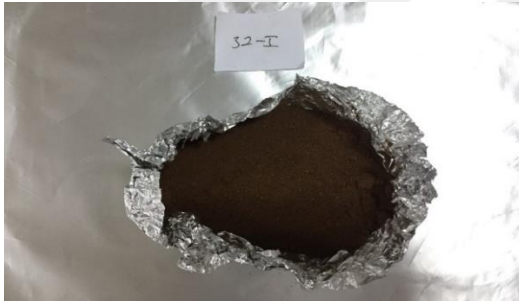
No. 200 Elek Altı Kütle ise 100’den No. 200 Elek Üstü Kütle’nin çıkarılması ile hesaplanmaktadır. Buna göre No. 200 Elek Altı Kütle 49,9572 gr olarak hesaplanmıştır.

Elek ve hidrometre analizi sonucunda belirlenen toprak texture yapısı 7. EKLER bölümünde Çizelge Ek.7’de gösterilmiştir.

3.5. GC-MS ile PAH Analizleri

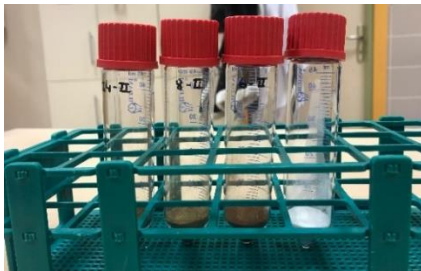
3.5.1. Toprak numunelerinin analize hazırlanması

Toprak numuneleri GC-MS cihazında ölçümden önce numuneler bir gün öncesinden derin dondurucudan çıkarılarak oda sıcaklığında beklemeye alınmıştır. Kurutulan numuneler no.10 (2mm) elekten geçirilmiştir (Karaca 2016).



Şekil 3.14. Elekten geçirilmiş toprak numunesi

Elenen toprak numunesi içerisinde 5 gr toprak örneği alınmıştır. Toprak numuneleri üzerine 1:1 oranında Aseton:Hekzan karışımı ve analitik metodun geri kazanım verimini izlemek için ekstraksiyon işlemi öncesinde tüm numunelere 1µl PAH geri kazanım standardı(asenaften-d10, krisen-d12, perilen-d12, fematren-d10) eklenmiş ve 50 ml konik tüplerde 1 gece beklemeye alınmıştır (Dumanoğlu vd. 2015). Analize hazırlanan toprak numuneleri Şekil 3.15’de gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Tüplerdeki toprak numuneleri

3.5.2. Ekstraksiyon yöntemi

1 gece beklemeye alınan toprak numuneleri Isolab marka ultrasonik banyoya konularak 60 dk boyunca 40 kHz frekansta ve 15°C sıcaklıkta ekstrakte edilmiştir (Karaca 2016). Ekstraksiyon işleminde kullanılan ultrasonik banyo Şekil 3.16’de gösterilmiştir.



Şekil 3.16. Ultrasonik banyo

3.5.3. Solvent değişimi

Ultrasonik banyo ile ekstrakte edilen toprak ve aseton:hekzan karışımı 15 dakika 3000 rpm hızda santrifüje konulduktan sonra üst sıvı cam pastör pipet yardımı ile alınarak döner buharlaştırıcı şişesi içerisine aktarılmıştır (Zhang vd. 2004). Üst sıvısı alınan toprak numunelerine tekrar 5 ml hekzan eklenerek 15 dakika 3000 rpm hızda santrifüj edilmiştir. Bu işlem 3 defa tekrarlanmış ve alınan tüm üst fazlar döner buharlaştırıcı şişeleri içerisinde toplanmıştır. Döner buharlaştırıcı şişesi içerisinde toplanan toplam hacim 40 ml olmuştur. Şişeler içerisinde toplanan üst faz döner buharlaştırıcı (Rotary Evaporatör) ile önce 5 ml ye indirilmiştir. Üzerine 10 ml hekzan ilave edilerek ve tekrar 5 ml’ye kadar buharlaştırılmış ve son olarak 5 ml hekzan ilave ederek son hacim 5 ml olana kadar buharlaştırılmıştır (Esen vd. 2008). Solvent değişiminde kullanılan döner buharlaştırıcı Şekil 3.17’de gösterilmiştir.



Şekil 3.17. Döner buharlaştırıcıda solvent değişimi

3.5.4. Azot gazı ile hacim azaltma

Döner buharlaştırıcıda hacmi 5 ml indirilen özüt, azot gazı altında hacmi 1 ml olacak şekilde buharlaştırılmıştır. Şekil 3.18’de azot gazıyla hacim azaltma işlemi gösterilmektedir.



Şekil 3.18. Azot gazı ile hacim azaltma

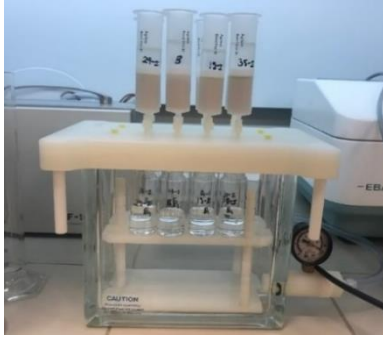
3.5.5. Kolon temizleme

Azot gazı ile hacim azaltma işleminden sonra özütlerin saflaştırılması için Agilent Bond Elut SI kartuş ile yıkama yöntemi kullanılmıştır. Yıkama yönteminde kullanılan kartuş Şekil 3.19’de gösterilmiştir.



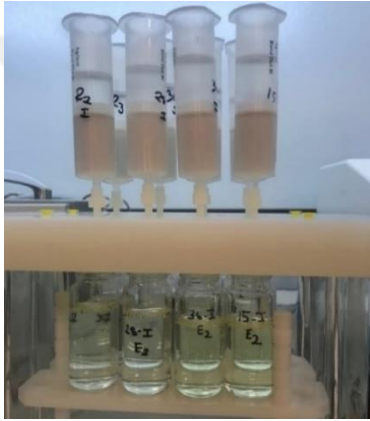
Şekil 3.19. Yıkama yönteminde kullanılan kartuş

Kartuş içerisindeki kolon malzemesi Florisil, silika veya alüminadan oluşmaktadır. Silika ve florosil PAH izleri içermektedir, bu yüzden kartuşlara 15 ml hekzan ile ön yıkama işlemi uygulanmıştır (Pena vd. 2007). Hekzan ile ön yıkama işlemi sonrasında azot ile hacmi 1 ml’ye indirilen özüt cam pastör pipeti yardımıyla kartuşa transfer edilmiştir. Elut 1 için Kartuş üzerine 20 ml hekzan ilave edilerek 0,8 bar basınç uygulanarak fraksiyon 30 ml’lik cam viallerde toplanmıştır. Elut 1 Şekil 3.20’de gösterilmiştir.



Şekil 3.20. Elut 1

Elut 2 için kartuş üzerine 20 ml aseton ilave edilerek fraksiyon 0,8 bar basınçta 30 ml cam viallerde toplanmıştır (Pena vd. 2007). Elut 2 Şekil 3.21’de gösterilmiştir.



Şekil 3.21. Elut 2

Elut 1 ve elut 2 döner buharlaştırıcıda 5 ml’ye konsantre edilmiştir. Döner buharlaştırıcıdan sonra elut 1 ve 2 ayrı ayrı azot akımı altında hacmi 1 ml’ye kadar konsantre edilmiştir. Hacmi 1 ml’ye indirilen elut 2 için 3 kez 1er ml hekzan eklenerek faz değişimi yapılmıştır. 1 ml’ye konsantre edilen elut 1 ve 2 birleştirildikten sonra son hacmi azot gazı altında 1 ml’ye konsantre edilerek viallere konulup analiz için GC-MS’e verilmiştir.

3.5.6. GC/MS’in analize hazırlanması

Örneklerin analizi Şekil 3.22’de gösterilen Agilent 7890/5975 marka gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC/MS) cihazıyla yapılmıştır. GC/MS ile analizde 0 °C - 350 °C (325 °C), 29,7 m x 250 µm x 0,25 µm DB-5ms kapiler kolon kullanılmıştır. Enjeksiyon hacmi 2 µl hacimde seyreltmesiz olarak 295 °C enjeksiyon noktasında yapılmıştır. GC/MS fırın sıcaklık programı 1 dk 50 °C de başlatılmış, 25°C/dk artışla 200 °C ye çıkartılmıştır. 200 °C de 0 dk boyunca tutulmuş, 8°C/dk bir artışla 310 °C sıcaklığa çıkarılmış bu sıcaklıkta 12 dk tutulmuştur. Taşıyıcı gaz olarak yüksek saflıkta helyum gazı (3ml/dk) kullanılmıştır. Analizler esnasında cihaz sim modunda çalıştırılmış, 16 PAH bileşiğinin tanımlanması için önceden yapılan metot optimizasyon çalışmalarıyla belirlenen hedef iyon pikleri ve geliş zamanları kullanılmıştır. Hedef PAH’ların

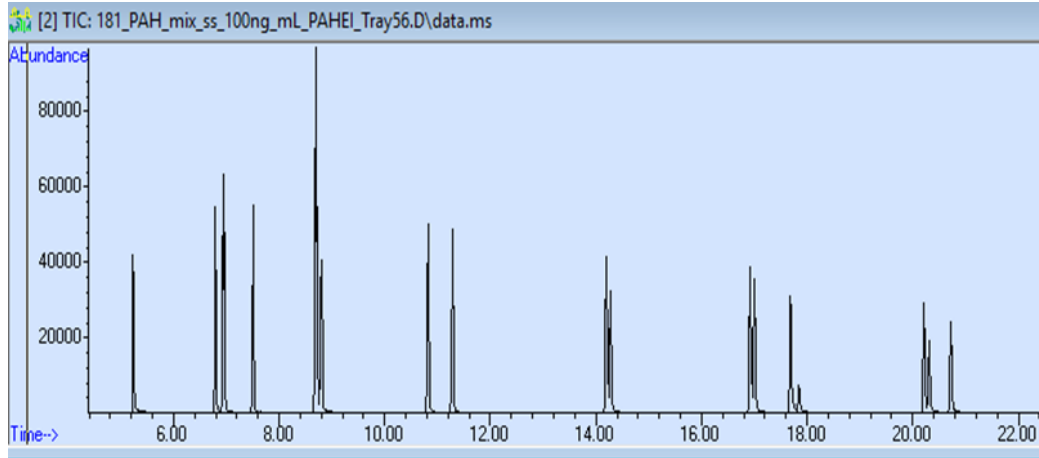
kullanılan metotta geliş zamanları tanımlanan m/z iyonları Çizelge 3.1’de verilmiştir. Tipik bir kromatograma ait görüntü Şekil 3.23’de gösterilmiştir.



Şekil 3.22. Gaz kromatografisi-kütle Spektrometresi (GC/MS) cihazı

Çizelge 3.1. PAH’ların geliş zamanları ve tanımlanan iyonları

PAH	Geliş Zamanı(dk)	Tanımlanan İyonlar
Naftalen	5,23	128,127,129
Asenaftalen	6,77	152,153,151
Asenaften	6,95	152,153,151
Floren	7,5	166,165
Fenantren	8,71	178,176,179
Antrasen	8,78	178,176,179
Floranten	10,801	202,200,203
Piren	11,27	202,200,203
Benzo(a)antrasen	14,19	228,226,229
Krisen	14,24	228,226,229
Benzo(b)loranten	16,89	252,250,253
Benzo(k)loranten	16,97	252,250,253
Benzo(a)piren	17,67	252,253,250
İndeno(1,2,3)piren	20,19	276,277
Dibenz(a,h)antrasen	20,29	278,279
Benzo(g,i,h)perilen	20,7	276,277

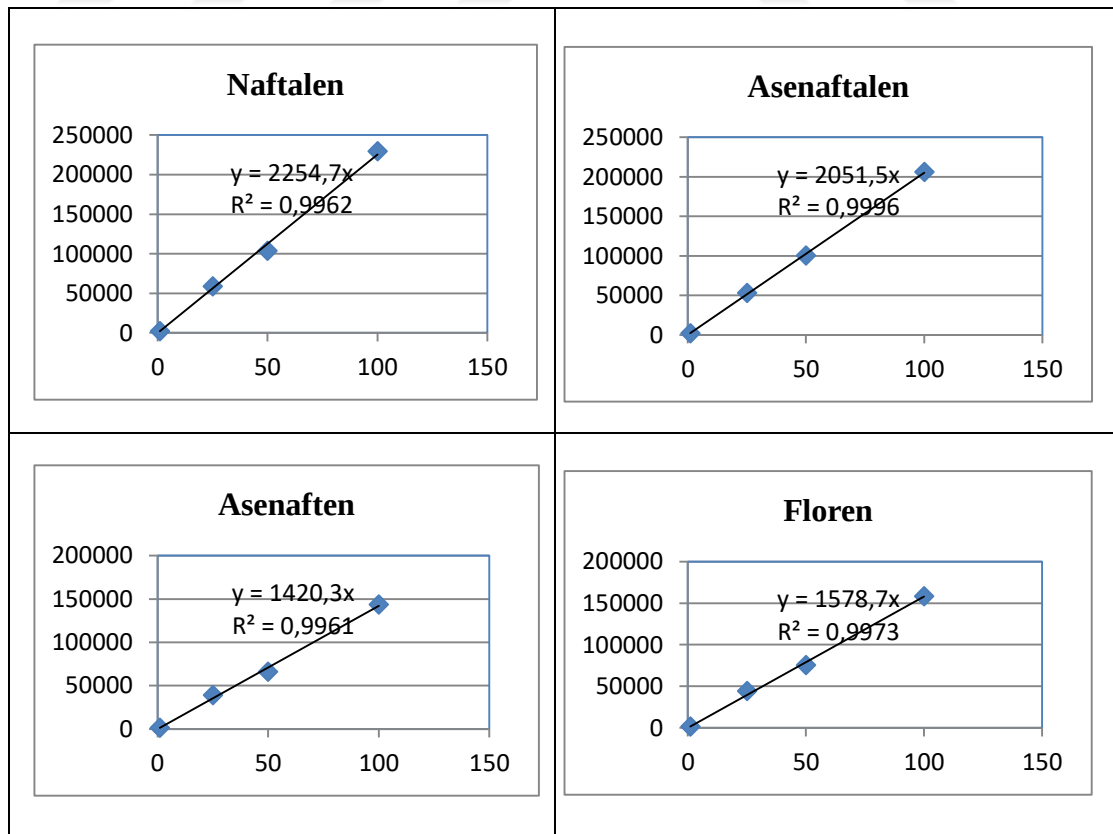


Şekil 3.23. PAH bileşiğine ait kromatogram görüntüsü

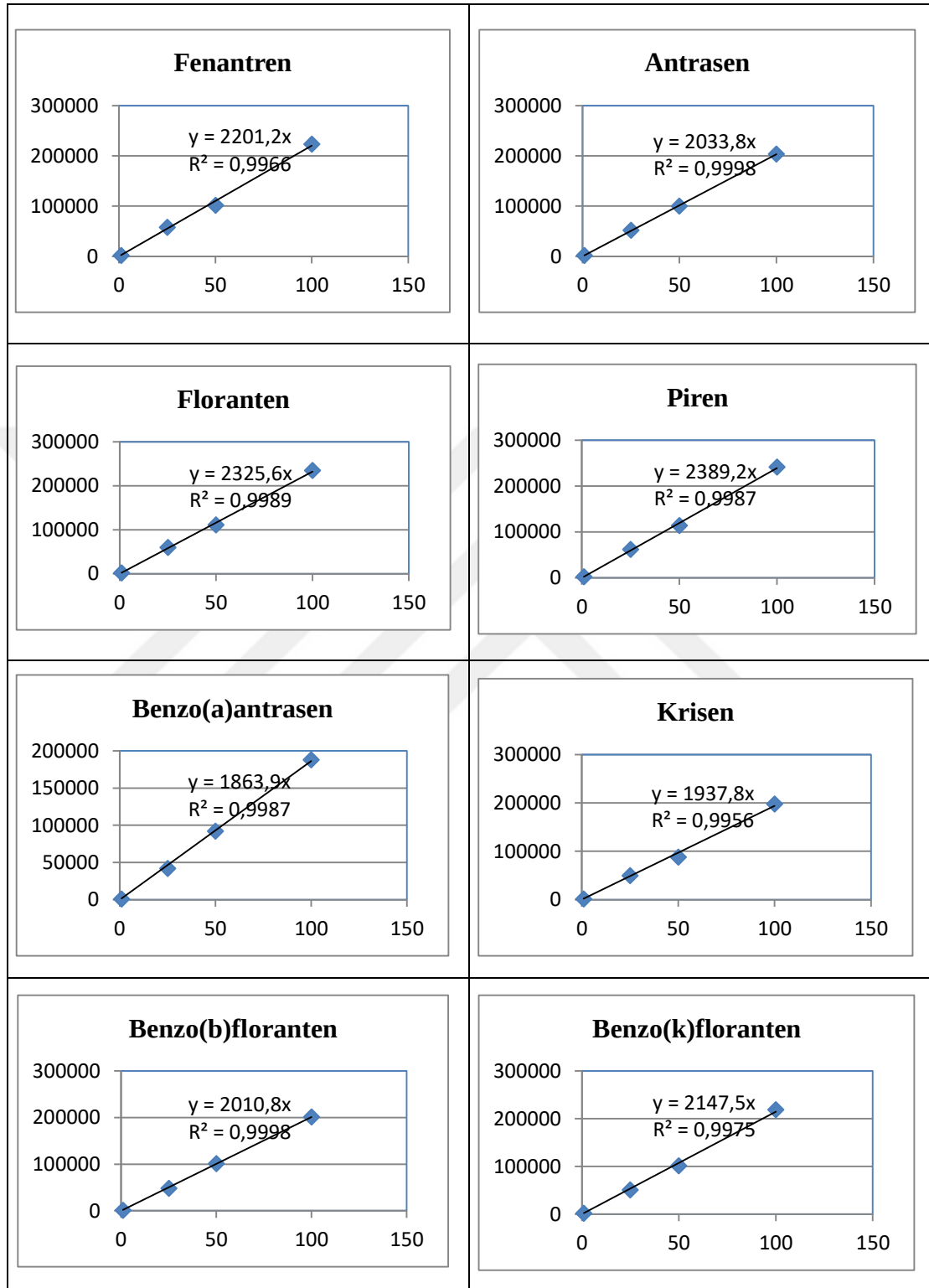
3.5.7. Cihazın Kalibrasyonu

Optimizasyon çalışmalarında tanımlanan 16 PAH bileşiği için kalibrasyonda iç standart kalibrasyon yöntemi uygulanmıştır. Kalibrasyonda 16 PAH bileşiğini içeren EPA PAH mix Z-014G analitik standardı kullanılmıştır. GC/MS kalibrasyonu için 1, 25, 50 ve 100 ng/ml konsantrasyonda 4 noktalı kalibrasyon yapılmıştır. Tüm PAH bileşikleri için kalibrasyon eğrileri hesaplanmıştır (Şekil 3.24). Her PAH bileşiği hesaplanan için R^2 değerleri 0,99'dan yüksek olarak belirlenmiştir.

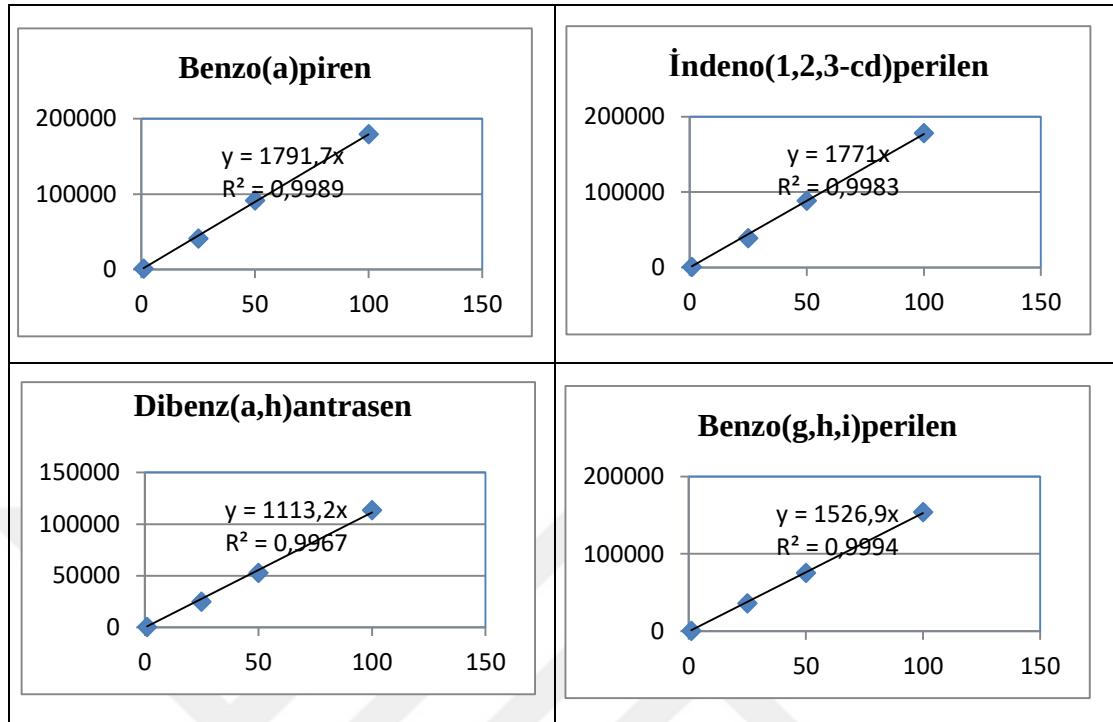
Çizelge 3.2. PAH bileşikleri için oluşturulan kalibrasyon eğrileri



Çizelge 3.2.' nin devamı



Çizelge 3.2.' nin devamı



3.5.8. Metot tekrar edilebilirliği ve şahit numune ekstraksiyonu

Analizi yapılan bileşiklerde geri kazanım verimini belirlemek için PAH surrogate standart (asenaften-d10, krisen-d12, perilen-d12, fenantren-d10) kullanılmıştır. Surrogate standart kalibrasyonu ile hedef 16 PAH bileşiği için geri kazanım verimleri hesaplanmıştır. Numune analizi için yapılan ön işlemler ve hazırlanmasından kaynaklanan kirlenme miktarını belirlemek ve PAH konsantrasyonlarına numune hazırlamanın katkısının belirlenebilmesi için şahit (blank) numuneler hazırlanmış ve numuneler ile aynı şekilde analiz edilmiştir. Seralardan alınan numunelerin PAH konsantrasyonları belirlenir iken şahit düzeltilmesi yapılmıştır.

Çizelge 3.3. Şahit numunelerin konsantrasyonları(ng/g)

Bileşik	Konsantrasyon	Bileşik	Konsantrasyon
Naftalen	0,516	Benzo(a)antrasen	0,067
Asenaftalen	0,240	Krisen	0,180
Asenaften	2,441	Benzo(b)floranten	0,230
Floren	0,224	Benzo(k)floranten	0,072
Phenanthrene	0,568	Benzo(a)piren	0,020
Antrasen	0,037	İndeno(1,2,3-cd)piren	0,036
Floranten	0,285	Dibenz(a,h)antrasen	0,012
Piren	0,171	Benzo(g,h,i)perilen	0,036

Kalite kontrol için geri kazanım standardı AccuStandard firmasından temin edilmiştir. Bu çalışma için kullanılan PAH Standard M-525-FS-1 kullanılmıştır. Stok konsantrasyonu 5 mg/l'dir. Bu standart içinde Asenaften-d10, Krisen-d12, Perilen-d12, Fenantren-d10 analitleri bulunmaktadır. Her analiz öncesinde 50, 100 ve 200 ng/ml konsantrasyonda geri kazanım standardı cihaza verilerek PAH kirleticileri açısından stabilite kontrolü yapılmıştır. Örneklere enjekte edilen geri kazanım standartları için geri kazanım değeri Asenaften-d10, Fenantren-d10, Krisen-d12 Perilen-d12 analitleri için sırasıyla %33,07, %30,34, %41,87, %71,95 bulunmuştur.

3.5.9. LOD/LOQ belirlenmesi

Limit Of Detection (LOD) yani cihazın en düşük algılama limiti ekipmanın hassasiyetine ve miktarın tayinine dayanmaktadır. LOD kalibrasyon eğrisindeki en düşük standart yani 1ng/ml'den başlanarak 3 sinyal/gürültü oranı kullanılarak belirlenmiştir. Ölçülebilen değerler 1 µl enjeksiyon için yaklaşık 1 pg/µl olarak bulunmuştur. Limit Of Quantification (LOQ) uygulanan metodun en düşük tayin sınırıdır. Metot için en düşük tayin sınırları numuneler ile birlikte analizi yapılan blank (boş) örneklerden elde edilmiştir.

Çizelge 3.4. PAH Analizleri İçin Hesaplanan LOQ Değerleri (ng/g)

Bileşik	Konsantrasyon	Bileşik	Konsantrasyon
Naftalen	0,103	Benzo(a)antrasen	0,013
Asenaftalen	0,048	Krisen	0,036
Asenaften	0,488	Benzo(b)floranten	0,046
Floren	0,045	Benzo(k)floranten	0,014
Phenanthrene	0,114	Benzo(a)piren	0,007
Antrasen	0,007	Indeno(1,2,3-cd)piren	0,007
Floranten	0,057	Dibenz(a,h)antrasen	0,002
Piren	0,034	Benzo(g,h,i)perilen	0,007

3.6. İstatistiksel Analizler ve Kaynak Belirleme

3.6.1. Korelasyon analizi

İki veya daha fazla değişken arasında bir ilişkinin olup olmadığını belirleyen ve şayet ilişki varsa bu ilişkinin şiddetini ortaya koyan istatistiki analiz korelasyon analizidir. Korelasyon analizinde katsayılar -1 ile +1 ($-1 \leq r \leq +1$) arasında değişen değerler almaktadır. Bu korelasyon katsayılarında 0,00 ile 0,25 arası değerler “çok zayıf”, 0,26 ile 0,49 arası değerler “zayıf”, 0,50 ile 0,69 arası değerler “orta”, 0,70 ile 0,89 arası değerler “yüksek”, 0,90 ile 1,00 arası değerlerin ise “çok yüksek” olduğu ifade edilir. Korelasyon katsayısının pozitif olması değişkenler arasında doğrusal bir ilişkinin olduğunu göstermektedir, negatif olması ters yönlü bir ilişkinin olduğunu ifade etmektedir. (Anonim 1).

Veriler arasında korelasyonların hesaplanması kaynak belirlemenin ilk adımıdır. Bu çalışmada tüm seralarda tespit edilen tüm PAH bileşikler konsantrasyonları arasında

SPSS yazılımı ile ikili kolerasyonlar belirlenerek tüm sonuçlar birlikte değerlendirilmiştir.

3.6.2. Pozitif matris faktörizasyonu modeli (PMF)

Bu çalışmada toprakta PAH kirliliğinin kaynaklarının belirlenebilmesi için Pozitif Matris Faktörizasyon (PMF) modeli kullanılmıştır. Bu model doksanlı yıllarda geliştirilmiş olan ve sonraki yıllarda da geliştirilen bir modeldir (Paatero ve Tapper 1994, Paatero 1997). PMF modeli ile her bir veri noktası için ölçüm hatası tanımlanmaktadır. Aynı zamanda bu model negatif kaynak katkısı veren sonuçları sayısal prosesler ile birleştirip kısıtlayarak negatifliği ortadan kaldırmaktadır. Bu model ile belirleme limitlerinin altında kalan veya eksik olan değerler çeşitli değişiklikler ile modellemeye alınmaktadır. Literatürde bu model sıkça kullanılmaktadır.

PMF temel olarak Denklem 3.7’de gösterilen faktör analizi probleminin çözümüne dayanmaktadır:

$$X = Gx F + E \quad (3.7)$$

Bu denklemde X veri matrisini, G kaynakların katkılarını, F kaynakların ortalama profillerini E ise modellenemeyen kısmı ifade etmektedir.

Faktör analizi modellerinin amacı G ve F değerlerini tahmin etmektir. Denklem her bir veri noktası için yazılacak olursa:

$$x_{ij} = \sum_{n=1}^N g_{in} f_{nj} + e_{ij} \quad (3.8)$$

Denklem 3.8’de x_{ij} , i örneğinde ölçülen j parametresini, g_{in} , n kaynağının i örneğine katkısını, f_{nj} , j parametresinin n kaynağına katkısını ve e_{ij} ise x_{ij} ’in modellenemeyen kısmını göstermektedir.

PMF’de temel amaç küçük kareler yöntemiyle modellenemeyen kısmın her bir veri noktası için tanımlanan belirsizliğe oranını düşük tutmaktır. Bu işlemi, bir hedef fonksiyonuyla şöyle tanımlayabiliriz:

$$Q(E) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (e_{ij}/s_{ij})^2 \quad (3.9)$$

Deklem 3.9’da s_{ij} , i örneğinde ölçülen j parametresinin belirsizliğini göstermektedir. İdeal bir modelleme sonucu için hedef fonksiyon Q’nun sıfır olması beklenmektedir.

Bu modelde birbirinden farklı anlamlara gelen Q değerleri kullanıcıya sunulmaktadır. 2 farklı Q değeri vardır, bunlardan birincisi Q(true) değeridir. Q(true) değeri tüm veri noktaları kullanılarak hesaplanan uyum derecesi değeridir. İkinci Q değeri ise Q(robust)’dır. Q(robust) hesaplanırken e_{ij}/s_{ij} oranı -4’den küçük ve +4’ün üzerinde kalanlar hesaplamaya dahil edilmeden hesaplanan uyum derecesini göstermektedir.

Başarılı bir çalışmada $Q(\text{true})$ ve $Q(\text{robust})$ değerlerinin birbirine yakın olması beklenmektedir. Başka bir deyişle tüm veri noktaları için hesaplanan e_{ij}/s_{ij} oranının -4 ile +4 arasında olması beklenmektedir.

Bu programda, modellenemeyen ve ortalama ölçüm sonucunun belirsizliğe oranının (Signal to Noise ratio) düşük olduğu bileşikler de modelleme çalışmasının içerisinde olan ve bir bütünü temsil eden parametreler “zayıf” olarak tanımlanarak, model içerisinde hesaplanan belirsizlikleri üç ile çarpılıp modele dâhil edilmektedir. Fakat bu parametreler ve bileşikler modellenemez ise modelden çıkartılmaktadır. Modele dâhil edilip zayıf olarak tanımlanmayan kimyasallar kullanılarak teorik Q değeri Denklem 3.10’daki gibi hesaplanmaktadır:

$$Q_{(\text{Teorik})} = K - (I + J)x(N) \quad (3.10)$$

Bu denklemde K , zayıf olmayan ancak modellemede kullanılan veri noktası sayısını (örnek sayısı x kimyasal sayısı), N faktör sayısını, i modelde kullanılan örnek sayısını, j ise modeldeki kimyasal sayısını göstermektedir. Modellemede teorik olarak hesaplanan Q değerinin $Q(\text{true})$ değerine yakın olması beklenmektedir.

Kullanılan modelde her bir kimyasalın ne ölçüde verimli bir şekilde modellenip modellenemediğini göstermesi açısından her kimyasal için ve her bir veri noktası için yukarıda anlatıldığı gibi $Q/Q_{(\text{teorik})}$ değeri hesaplanmaktadır. Hesaplama sonucunun en fazla 2 olması beklenmektedir.

Bu çalışmada alıcı bir ortam için kaynak belirleme programı olan EPA PMF 5.0 kullanılarak PAH kaynakları ve bu kaynaklara olası katkı oranları belirlenmiş, 3 ile 6 faktör arasındaki çözümler incelenmiştir. Optimum sonuçların elde edilmesinden sonra G-skor değerleri ile kaynak katkı görselleri MapInfo yardımıyla CBS ortamında değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Genel Toprak Parametreleri

Toprak yapısının belirlenmesi amacıyla tüm numunelere pH, iletkenlik, nem, organik karbon, porozite, elek ve hidrometre ölçüm ve analizleri yapılmıştır. Numunelerin pH değerleri 6,5 ve 8,15 aralığında ölçülmüştür. Numunelerin iletkenlik değeri 2,13 ve 2047 $\mu\text{s}/\text{cm}$ aralığında ölçülmüştür. Numunelerin nem, toplam organik madde, toplam organik karbon, ve porozite değerleri sırasıyla 0,11-0,99 gr, 0,27- 0,64 gr, 0,44-1,28 gr, 49,3-78 aralığında değişmektedir. Porozitesi yüksek olan toprakların toplam organik madde, toplam organik karbon değerlerinin de yüksek olduğu görülmektedir. Elek ve hidrometre analizleriyle belirlenen toprak yapısında toprağın %50-79 aralığında kum, kil ve siltten %21-50 aralığında çakıl ve daha büyük parçalardan oluştuğu görülmüştür.

4.2. Verilerin Genel Karakteristiği

Bu çalışma kapsamında sonbahar ve kış olmak üzere iki kampanya döneminde toplam 50'şer cam ve plastik seraya ait toprak numuneleri ve beşer referans noktadan numune alınmıştır. Toprakların analizi sırasında yeterli kartuş temin edilemediğinden dolayı, numunelerden yalnızca 116 kadarı ekstrakte edilmiştir. Daha sonra yukarıda değinilen kalite kontrolünden geçen ve bu tez kapsamında değerlendirilen numune sayıları Çizelge 4.1'de gösterilmiştir. Buna göre, sonbahar döneminde 42'si seradan olmak üzere toplam 45 numune, kış döneminde ise 45'i seradan olmak üzere toplam 50 numune değerlendirilmiştir. Cam kaplı ve plastik kaplı seralardan alınan örnekler değerlendirilen toplam örnek sayısının sırasıyla %44'ünü ve %47'sini oluşturmaktadır.

Çizelge 4.1. Kalite kontrolünden geçen numune sayıları

Örnekleme Dönemi	Örtü Türü	Örnek Sayısı (N)
Sonbahar Dönemi	Cam	19
	Plastik	23
	Referans	3
	Sonbahar-Toplam	45
Kış Dönemi	Cam	23
	Plastik	22
	Referans	5
	Kış-Toplam	50
Toplam Örnek Sayısı		95

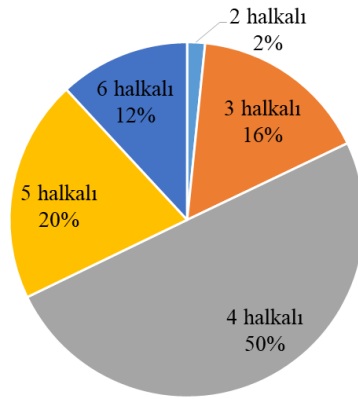
Çalışma kapsamında sonbahar ve kış olarak her iki dönemde de seralardan ve belirlenen referans (sera dışı) noktalarından numuneler toplanmış ve incelenmiştir. Çalışma kapsamında analizi gerçekleştirilen 16 PAH'ın 87 sera numunesindeki değerleri Çizelge 4.2'de sunulmuştur. İncelenen sera topraklarında toplam ortalama PAH konsantrasyonu $65,65 \pm 100,8$ ng/g tespit edilmiştir. Ölçülen 16 PAH'ın konsantrasyonları 0,01 ng/g ile 80,54 ng/g arasında değişmektedir. En yüksek gözlenen PAH'lar sırasıyla $10,33 \pm 14,4$ ng/g Floranten, $8,08 \pm 12,27$ ng/g Piren ve $7,82 \pm 11,11$ ng/g Fenantren olmuştur. En düşük gözlenen PAH ise $0,67 \pm 0,66$ ng/g konsantrasyonda Asenaftalen

olmuştur. Özellikle düşük molekül ağırlığına sahip 3 halkalı PAH’lardan Asenaftalen örneklerin sadece 23’ünde görünürken, yine 3 halkalı Asenaften 73 örnekte, Naftalen ise 84 örnekte gözlenmiştir. Asenaftalen’nin düşük oranda gözlemesi genel olarak bu bileşiğin Henry sabitinin ($1,45 \times 10^{-3}$ atm m³/mol) diğer bileşiklere göre 40 ile 10 000 kat yüksek olmasından dolayı genelde gaz fazında olabileceği düşünülmektedir. 16 PAH bileşiğinin toplamı 0,79 ng/g ile 553,70 ng/g aralığındaki geniş skalaya yayıldığı gözlenmiştir. EPA tarafından BaP’a göre eşdeğer kanser yapma potansiyeli olan 7 PAH’ın ortalaması $5,65 \pm 8,89$ ng/g olarak belirlenmiştir. En yüksek $\Sigma 7cPAH$ değeri 53,20 ng/g olarak hesaplanmıştır. Bu değerler 700 ng/g olarak verilen kanserojen olma riskinin altında kaldığından herhangi bir risk oluşturmadığı belirlenmiştir (Gao vd. 2019; EPA 1993).

Çizelge 4.2. Sera toprakları pah analiz sonuçları(ng/g)

Halka Sayısı	Bileşik	Aritmetik Ortalama	Medyan	Maksimum	Minimum	N
2-halka	Naftalen	1,18±0,96	0,96	5,33	0,02	76
3-halka	Asenaftalen	0,67±0,66	0,50	2,55	0,01	73
	Asenaften	1,54±1,4	0,81	4,94	0,27	23
	Floren	0,73±0,69	0,50	4,75	0,10	84
	Fenantren	7,82±11,11	3,22	61,16	0,01	85
	Antrasen	1,08±1,71	0,46	9,63	0,02	86
4-halka	Floranten	10,33±14,4	4,57	64,89	0,14	87
	Piren	8,08±12,27	2,98	57,40	0,04	87
	Benzo(a)antrasen	5,82±10,63	1,71	68,61	0,01	87
	Krisen	7,75±12,9	3,00	80,54	0,02	85
5-halka	Benzo(b)floranten	7±12,28	2,63	73,96	0,05	86
	Benzo(k)floranten	1,55±2,49	0,58	12,73	0,01	85
	Benzo(a)piren	3,23±4,8	1,30	28,72	0,01	87
	Dibenz(a,h)antrasen	1,29±2,16	0,46	12,96	0,01	85
6-halka	Indeno(1,2,3-cd)piren	3,47±5,6	1,44	32,37	0,03	87
	Benzo(g,h,i)perilen	4,1±6	1,80	33,16	0,06	87
	$\Sigma 7cPAH$	5,65±8,89	2,19	53,20	0,03	87
	$\Sigma 16PAH$	65,65±100	26,92	553,70	0,79	87

Tüm örneklerde gözlenen halka sayısına göre gruplanan PAH’lar Şekil 4.1’de gösterilmektedir. Seralar genelinde sonuçlar incelendiğinde, gözlenen PAH’ların %50’si 4 halkalı iken, %20’si 5 halkalı, %16’sı ise 3 halkalı PAH’lardan oluştuğu tespit edilmiştir. En düşük PAH oranı %2 ile 2 halkalı PAH’lar olurken, altı halkalı PAH’ların oranı %12 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.1. Halka sayısına göre gruplanan PAH türleri

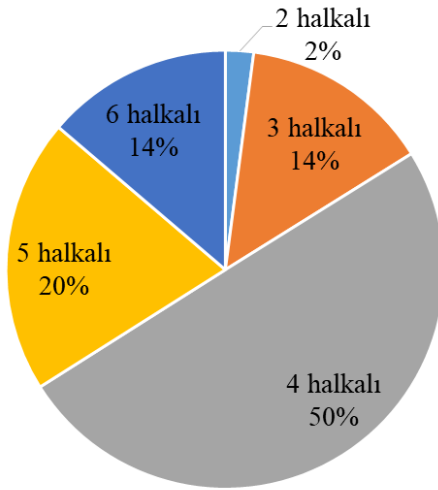
Örneklerin alımı sırasında sera dışında aynı bölgelerden de hem sonbahar hem de kış aylarında 5'er adet Referans toprak numunesi alınmıştır. Referans topraklarda ölçülen PAH konsantrasyonları kaynakların seraların içinde mi yoksa dışarıdan mı taşındığı konusunda fikir vermesi açısından önemlidir. Ancak referans topraklar seraların hemen dış kısmından alındığı için sera içi faaliyetlerin kontamine etme riski barındırmaktadır. Referans topraklardaki PAH konsantrasyonları Çizelge 4.3'de verilmiştir. Referans topraklarda ortalama toplam PAH konsantrasyonu $44,57 \pm 32,8$ ng/g, en yüksek konsantrasyon $7,33 \pm 6,05$ ng/g Fluoranthene, en düşük konsantrasyon ise $0,42 \pm 0,19$ ng/g Fluorene olarak tespit edilmiştir. Referans topraklarda en fazla gözlenen üç PAH sırasıyla, aynen seralarda olduğu gibi Floranten, Piren ve Fenantren olmuştur. Referans topraklardan alınan tüm sonuçlar karşılaştırıldığında en yüksek konsantrasyon $22,40$ ng/g ile Piren'de gözlenmiştir.

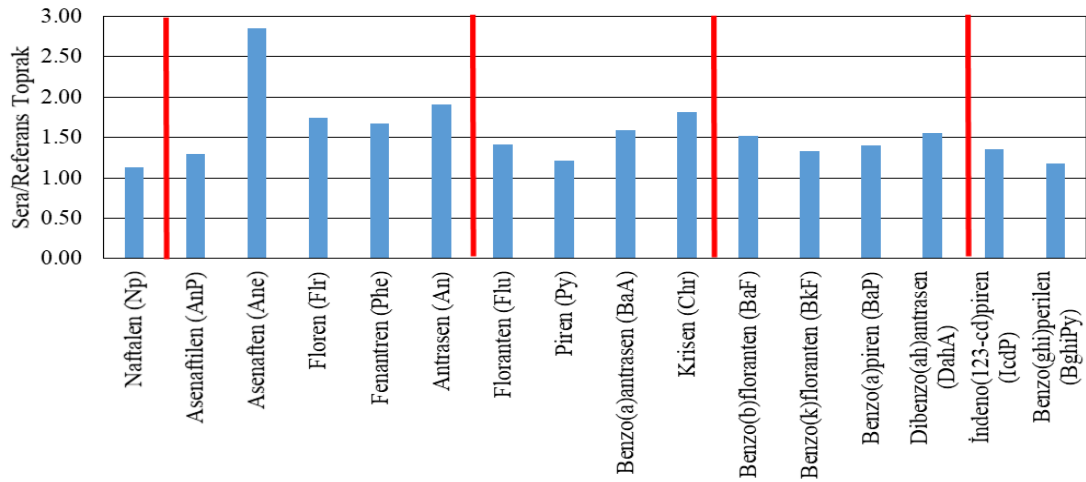
Şekil 4.2.'de PAH'ların halka sayılarına göre yüzdesel kütle dağılım grafiği sunulmuştur. Buna göre seralardakine benzer olarak 4 halkalı PAH'lar kütlenin %50'sini 5 halkalı PAH'lar ise kütlenin %20'sini oluşturmaktadır. En düşük PAH kütle oranı %2 ile 2 halkalı PAH'larda gözlenmiştir.

Şekil 4.3'de referans toprağa göre sera topraklarındaki PAH konsantrasyonlarının ne kadar zenginleştiği gösterilmektedir. Buna göre sera toprakları 1,14 ile 2,85 kat PAH yönünden referans topraklara göre daha zengin olarak bulunmuştur. Bu oranlar seralardaki PAH konsantrasyonlarının ağırlıklı olarak sera faaliyetlerinden kaynaklı olabileceğini göstermektedir. En yüksek oran 3 halkalı PAH'larda gözlenirken, 2 ve 6 halkalı PAH'ların konsantrasyonları arasındaki değişimin daha düşük oranda olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.3. Referans toprak kompozisyonundaki PAH analiz sonuçları(ng/g)

Halka Sayısı	Bileşik	Aritmetik Ortalama	Medyan	Maksimum	Minimum	N
2-halka	Naftalen	1,04±0,91	0,82	2,62	0,23	7
3-halka	Asenaftalen	0,51±0,49	0,47	1,06	0,01	6
	Asenaften	0,54±0,31	0,46	0,88	0,28	3
	Floren	0,42±0,19	0,33	0,81	0,26	7
	Fenantren	4,66±4,23	3,44	14,57	1,38	8
	Antrasen	0,57±0,69	0,32	2,17	0,08	8
4-halka	Floranten	7,33±6,05	5,94	21,65	2,96	8
	Piren	6,67±6,6	4,58	22,40	2,33	8
	Benzo(a)antrasen	3,65±2,09	3,63	7,13	0,99	8
	Krisen	4,26±2,02	5,15	6,45	1,41	8
5-halka	Benzo(b)floranten	4,59±2,88	5,20	9,87	1,00	8
	Benzo(k)floranten	1,16±0,76	1,14	2,70	0,24	8
	Benzo(a)piren	2,31±1,13	2,44	3,73	0,69	8
	Dibenz(a,h)antrasen	0,83±0,57	0,78	1,95	0,14	8
6-halka	Indeno(1,2,3-cd)piren	2,56±1,62	2,52	5,57	0,58	8
	Benzo(g,h,i)perilen	3,48±2,26	3,21	7,76	0,81	8
	Σ7cPAH	3,91±2,18	4,04	7,33	1,01	8
	Σ16PAH	44,57±32,8	40,44	111,33	13,39	8

**Şekil 4.2.** Referans topraklarda gözlenen halka sayısına göre gruplanan PAH konsantrasyonlarının toplam konsantrasyona oranları



Şekil 4.3. Sera toprağındaki PAH konsantrasyonlarının referans toprak kompozisyonlarındaki PAH konsantrasyonlarına oranları

4.3. PAH Konsantrasyonlarının Mevsimsel Değişimleri

4.3.1. Seralardaki PAH konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

Sera topraklarına uygulanan işlemlerin yanı sıra, PAH'ların mevsimsel olarak sıcaklığa bağlı olarak toprakta tutunma istekleri onların topraktaki konsantrasyonlarını doğrudan etkileyeceği için önem taşımaktadır. Bunu belirlemek için seralardaki PAH konsantrasyonlarının sonbahar ve kış kampanya dönemlerine ait istatistiksel veriler sırasıyla Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5'de sunulmuştur. Sonbahar döneminde toplam PAH konsantrasyonu $41,3 \pm 71,67$ ng/g olarak bulunmuştur. En yüksek PAH konsantrasyonu $6,4 \pm 9,47$ ng/g Fluoranthene, en düşük PAH konsantrasyonu $0,36 \pm 0,4$ ng/g Acenaphthylene olarak tespit edilmiştir. Bu dönemde sera topraklarında baskın PAH'ların sırasıyla, Floranten, Benzo(b)floranten ve Piren oldukları gözlenmiştir.

Kış kampanyası sonuçları incelendiğinde ise toplam PAH konsantrasyonu ortalaması $88,19 \pm 115,01$ ng/g olarak bulunmuş, en yüksek konsantrasyon $14 \pm 17,13$ ng/g Fluoranthene, en düşük konsantrasyon $0,93 \pm 0,73$ ng/g Acenaphthylene olarak tespit edilmiştir. Baskın PAH türlerinin sırasıyla Floranten, Fenantren ve Piren oldukları belirlenmiştir. Sera genelinde tüm konsantrasyonlar karşılaştırıldığında en yüksek konsantrasyon Krisen'de gözlenmiştir.

Floranten hem sonbahar hem de kış döneminde en baskın tür olarak gözlenmiştir. Kış döneminde sera topraklarındaki 16 PAH bileşiğinin toplam konsantrasyonları ortalamasının sonbahar dönemine oranla 2 kat daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum kış aylarında PAH'ların daha az uçucu olmalarından kaynaklı olarak beklenen bir durumdur (Bozlaker vd. 2008)

Şekil 4.4.'de yaz ve kış dönemi için tespit edilen PAH türleri gösterilmektedir. Halka sayılarına göre gruplandırıldığında ise, toplam PAH konsantrasyonlarının mevsimsel dağılımlarının yüzdesel oranları incelendiğinde ise, her iki dönemde de baskın grubun 4 halkalı olduğu gözlenirken, 5 halkalı PAH grubunun sonbahar döneminde toplam PAH'ın %23'ünü oluştururken, kış döneminde %19'unu oluşturduğu

gözlenmiştir. 3 halkalı PAH'ların ise sonbahar döneminde %12'lik payı varken kış dönemindeki payı %18'e yükseldiği belirlenmiştir. Özellikle 3 halkalı PAH'ların 5 halkalı PAH'lara göre daha uçucu olmalarından dolayı sonbahar aylarında 3 halkalı PAH'lar toprakta daha az gözlemlendiği düşünülmektedir.

Kış kampanyası sonucunda elde edilen PAH konsantrasyonlarının sonbahar kampanyası sonucu elde edilen PAH konsantrasyonlarına oranı Şekil 4.5'de gösterilmiştir. Tüm bileşiklerin kış dönemi konsantrasyonlarının sonbahar dönemine göre 1,34 ile 3,56 kat daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Ancak istatistiksel olarak da anlamlı ortalama değerler arasında farklılık olup olmadığını belirlemek için SPSS ile ANOVA testi uygulanmıştır. p değeri 0,05'den küçük olan AnP, Flr, Phe, An, Flu ve Py'nin kış aylarındaki ortalama konsantrasyonlarının sonbahardaki ortalama konsantrasyonlarından istatistiksel olarak farklı olduğu belirlenmiştir. Bu bileşiklerin oktanol su bölünme katsayıları (Log K_{ow}) ile organik karbon su bölünme katsayıları (Log K_{oc}) değerleri sırasıyla 3,94-4,90 arasında ve 1,40-4,58 arasında değişmektedir (Çizelge 2.5). Diğer bileşiklerde genel olarak bu değerler daha yüksektir. Bu durum bu altı bileşiğin sulama ile seralardan diğer bileşiklere göre daha kolay uzaklaştırılabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla, kış aylarında bu bileşiklerin konsantrasyonlarındaki artışın dört sebebi olabileceği düşünülmektedir: (1) sıcaklığın düşmesine bağlı olarak toprakta daha fazla tutunma; (2) seraların kullanıma geçmesi ile birlikte çeşitli bitki koruma ürünleri ile seralara salınma; (3) kış aylarında etkin olan dış/iç kaynaklı hava emisyonlarından sonra çökme; (4) yaz ve sonbahar aylarında daha fazla gelen güneş ışınıyla parçalanma. Bunlardan hangisinin daha etkin olduğu ilerleyen bölümlerde tartışılacaktır.

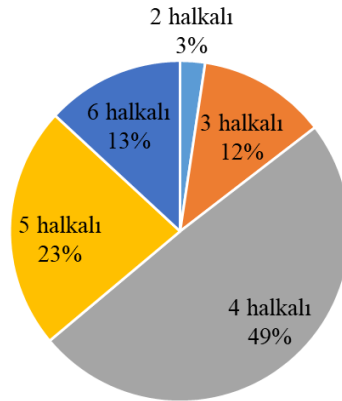
Çizelge 4.4. Sonbahar dönemi için PAH analiz sonuçları (ng/g)

Halka Sayısı	Bileşik	Aritmetik Ortalama	Medyan	Maksimum	Minimum	N
2-halka	Naftalen	1,02±0,75	0,84	3,17	0,05	39
3-halka	Asenaftalen	0,36±0,4	0,24	1,87	0,03	34
	Asenaften	0,98±1,06	0,69	3,95	0,27	10
	Floren	0,42±0,25	0,35	1,26	0,10	41
	Fenantren	3,36±4,69	1,52	20,36	0,01	41
	Antrasen	0,68±0,94	0,35	4,98	0,04	41
4-halka	Floranten	6,4±9,47	2,94	43,34	0,14	42
	Piren	5,12±7,83	2,13	34,09	0,04	42
	Benzo(a)antrasen	3,31±6,03	1,15	34,06	0,01	42
	Krisen	5,01±9,85	2,14	60,56	0,02	41
5-halka	Benzo(b)floranten	5,13±12,27	1,88	73,96	0,05	41
	Benzo(k)floranten	1,1±2,31	0,45	12,67	0,01	40
	Benzo(a)piren	2,24±3,15	1,05	14,82	0,01	42
	Dibenz(a,h)antrasen	0,92±2,13	0,31	12,96	0,01	40
6-halka	Indeno(1,2,3-cd)piren	2,39±5,02	0,99	30,30	0,03	42
	Benzo(g,h,i)perilen	2,86±5,51	1,48	33,16	0,06	42
	Σ7cPAH	3,97±7,11	1,67	38,74	0,03	42
	Σ16PAH	41,3±71,67	18,51	385,53	0,87	42

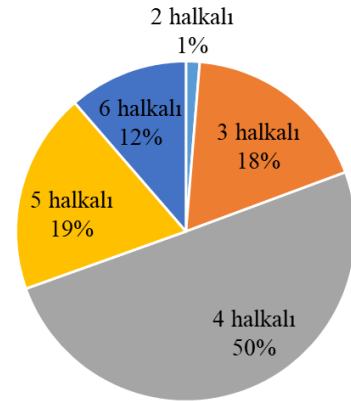
Çizelge 4.5. Kış dönemi için PAH analiz sonuçları (ng/g)

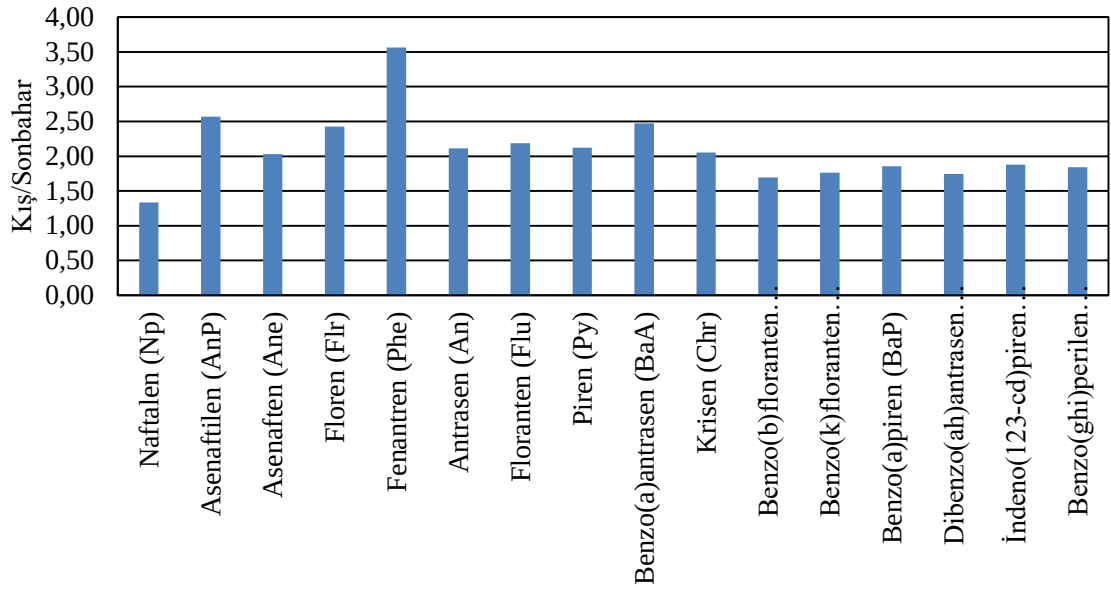
Halka Sayısı	Bileşik	Aritmetik Ortalama	Medyan	Maksimum	Minimum	N
2-halka	Naftalen	1,36±1,12	1,28	5,33	0,02	37
3-halka	Asenaftalen	0,93±0,73	0,71	2,55	0,01	39
	Asenaften	1,98±1,51	2,32	4,94	0,28	13
	Floren	1,02±0,84	0,72	4,75	0,17	43
	Fenantren	11,97±13,57	6,61	61,16	0,30	44
	Antrasen	1,45±2,14	0,56	9,63	0,02	45
4-halka	Floranten	14±17,13	7,54	64,89	0,72	45
	Piren	10,85±14,86	4,63	57,40	0,35	45
	Benzo(a)antrasen	8,17±13,24	2,35	68,61	0,17	45
	Krisen	10,3±14,87	4,55	80,54	0,14	44
5-halka	Benzo(b)loranten	8,7±12,17	3,90	69,04	0,15	45
	Benzo(k)loranten	1,95±2,6	0,84	12,73	0,01	45
	Benzo(a)piren	4,16±5,84	1,67	28,72	0,17	45
	Dibenz(a,h)antrasen	1,61±2,15	0,67	11,31	0,04	45
6-halka	Indeno(1,2,3-cd)piren	4,48±5,97	1,97	32,37	0,20	45
	Benzo(g,h,i)perilen	5,27±6,27	2,55	31,97	0,29	45
	Σ7cPAH	7,19±9,97	2,96	51,06	0,25	45
	Σ16PAH	88,19±115	42,87	545,94	3,03	45

(a) Sonbahar



(b) Kış

**Şekil 4.4. a)** Sonbahar; **b)** kış kampanya dönemlerinde sera topraklarında gözlenen halka sayısına göre gruplanan pah konsantrasyonlarının dönemsel toplam konsantrasyonlarına oranları



Şekil 4.5. Kış kampanyası sonucunda elde edilen PAH konsantrasyonlarının sonbahar kampanyası sonucu elde edilen pah konsantrasyonlarına oranı

4.3.2. Referans noktalardaki PAH konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

Her ne kadar referans nokta sayısı az olsa da PAH'ların taşınımı ve sera içi kaynakların etkinliğini göstermesi için önemli olacaktır. Bu sebeple referans noktalardaki hem sonbahar hem de kış aylarına ait istatistiksel veriler Çizelge 4.6'da gösterilmiştir. Kış dönemi konsantrasyonunun sonbahar dönemine oranları özellikle 2, 3 ve 4 halkalı PAH bileşiklerinin sonbaharda daha fazla olduğunu göstermiştir. 5 ve 6 halkalı PAH bileşikleri ise kış aylarında daha yoğun olarak gözlenmiştir. 5 ve 6 halkalı PAH'lar literatürde, kok fırını, endüstriyel kömür kullanımı, metalürji endüstrisinde kömür kullanımından kaynaklandığı rapor edilmiştir (Jang vd., 2013; Lin vd., 2011; Daisey vd., 1986; Yang vd., 2002). Her ne kadar bölgede benzer tesis bulunmasa da bölgede kış aylarında kömür kullanımı yaygındır. Dolayısıyla, 5 ve 6 halkalı PAH'ların kış aylarında zenginleşmesinin kömür kullanımından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Hem sonbahar hem de kış kampanya dönemlerindeki sera veri setleri aynı dönemlerdeki referans toprak veri setleri ile ortalama değerlerini karşılaştırmak için ANOVA testi uygulanmıştır. Sadece sonbahar dönemindeki Asenaftalen konsantrasyonlarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir. Asenaftalen'nin sonbahar döneminde seralardaki konsantrasyonu $0,36 \pm 0,4$ ng/g olarak tespit edilmiş iken, referans topraktaki konsantrasyonu $0,95 \pm 0,16$ ng/g ölçülmüştür. Diğer bir değişle referans toprakta daha yüksek AnP konsantrasyonu gözlenmiştir.

Çizelge 4.6. Referans noktalarındaki PAH konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi (ng/g)

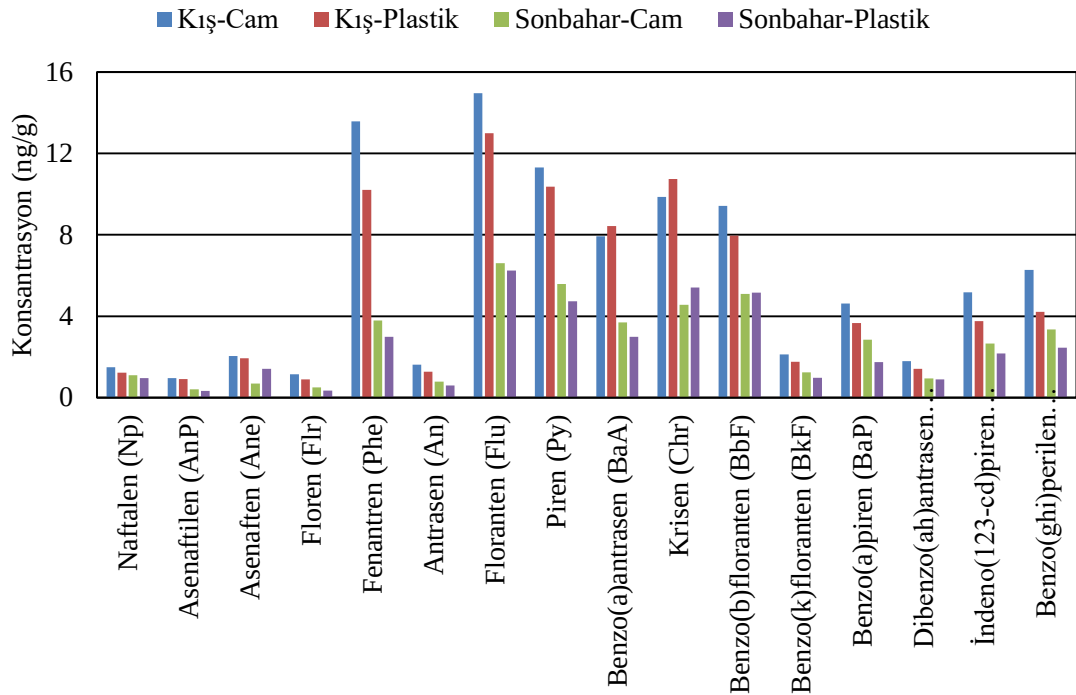
Halka Sayısı	Bileşik	Sonbahar		Kış		Kış/Sonbahar
		Aritmetik Ortalama	N	Aritmetik Ortalama	N	
2-halka	Naftalen	1,55±0,95	3	0,66±0,76	4	0,42
3-halka	Asenaftalen	0,95±0,16	2	0,29±0,44	4	0,31
	Asenaften	0,67±0,3	2	0,28±0	1	0,41
	Floren	0,54±0,26	3	0,33±0,06	4	0,61
	Fenantren	6,92±6,84	3	3,3±1,33	5	0,48
	Antrasen	1,05±1,03	3	0,28±0,14	5	0,27
4-halka	Floranten	10,94±9,64	3	5,17±1,38	5	0,47
	Piren	10,9±10,35	3	4,14±1,09	5	0,38
	Benzo(a)antrasen	3,94±3,07	3	3,47±1,68	5	0,88
	Krisen	4,14±2,39	3	4,34±2,07	5	1,05
5-halka	Benzo(b)floranten	3,97±2,5	3	4,96±3,3	5	1,25
	Benzo(k)floranten	0,98±0,61	3	1,26±0,89	5	1,28
	Benzo(a)piren	2,29±1,42	3	2,33±1,1	5	1,02
	Dibenz(a,h)antrasen	2,25±1,6	3	2,75±1,79	5	1,22
6-halka	Indeno(1,2,3-cd)piren	0,62±0,43	3	0,95±0,66	5	1,52
	Benzo(g,h,i)perilen	2,9±2,07	3	3,82±2,52	5	1,32

4.4. Örtü Türlerinin PAH Konsantrasyonuna Etkisi

Bu çalışmayı özgün kılan yanlarından bir tanesi de cam ve plastik örtü türlerine göre farklılıkların izlenebilmesidir. Bu kapsamda, hem örtü türüne göre hem de mevsime göre değişimler irdelenmiştir. Sonbahar kampanyasında cam seralarda ortalama toplam PAH konsantrasyonu $44,29 \pm 41,80$ ng/g iken kış kampanyasında $91,79 \pm 87,99$ olarak tespit edilmiştir. Yaz kampanyasında Floranten, Piren ve Benzo(b)floranten, kış kampanyasında ise Fenantren, Floranten ve Piren'in baskın tür olduğu bulunmuştur. Plastik seralar incelendiğinde sonbahar ve kış kampanyası için ortalama toplam PAH konsantrasyonları sırasıyla $37,30 \pm 76,32$ ng/g ve $79,69 \pm 121,97$ ng/g olarak tespit edilmiştir. Plastik seralarda sonbahar ve kış kampanyasında baskın PAH türleri Floranten, Piren ve Krisen olarak tespit edilmiştir. Cam ve plastik seralar için sonbahar ve kış kampanyasında tespit edilen PAH konsantrasyonları Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8. de gösterilmektedir. Cam ve Plastik seralar için kış kampanyasında tespit edilen toplam PAH konsantrasyonları yaz kampanyasında tespit edilen toplam PAH konsantrasyonun iki katı kadardır.

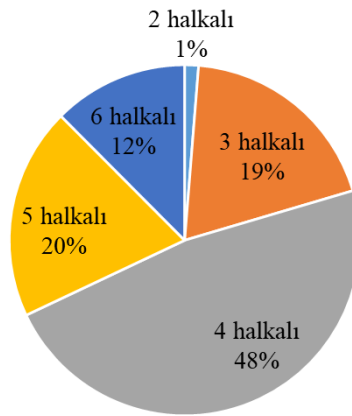
Hem örtü türüne göre hemde mevsime göre PAH konsantrasyonlarının değişimleri incelenmiş ortalama değerler Şekil 4.5'de sunulmuştur. Sonbahar ve kış dönemlerindeki ortalama değerlerin farklılıkları iki örtü türü için ANOVA yardımıyla hesaplanmıştır. Cam seralarda, AnP, Flr, Phe, Flu, BaA, Chr ve BghiPy bileşikleri için sonbahar ve kış dönemi ortalama konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak farklılık gözlenmiştir. Plastik seralarda ise AnP, Flr ve Phe bileşiklerinin sonbahar ve kış dönemi

ortalama konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak farklı olduğu bulunmuştur. Örtü türünün mevsimsel etkisini belirlemek için sonbahar ve kış dönemi örneklerine ayrı ayrı ANOVA uygulanmıştır. Sonbahar döneminde Flr'nin istatistiksel olarak iki örtü türü için ortalamasının farklı olduğu belirlenmiştir. Ancak kış dönemi için herhangi bir farklılık gözlenmemiştir. Halka sayısının mevsimsel ve örtü türüne göre değişimini gösteren grafik Şekil 4.7'de sunulmuştur. Hem yaz hem de kış döneminde 4 halkalı PAH'ların oranı Plastik seralarda %4-5 oranında daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bunun haricinde, mevsimsel olarak, 3 halkalı PAH'lar kış mevsiminde her iki örtü türünde de %5-6 oranında daha yüksek paya sahip olduğu gözlenmiştir. Daha önceden de değinildiği gibi, 3 halkalı PAH'ların 5 halkalı PAH'lara göre daha uçucu olmalarından dolayı sonbahar aylarında 3 halkalı PAH'lar toprakta daha az gözlemlendiği düşünülmektedir.

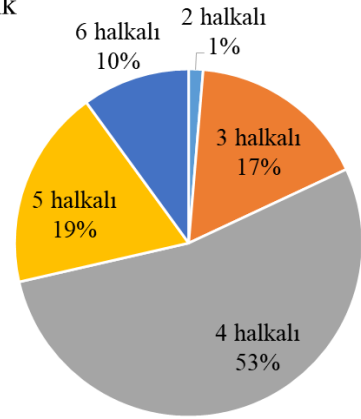


Şekil 4.6. Farklı örtü türlerine göre sonbahar ve kış kampanyalarından elde edilen PAH konsantrasyonlarının dağılımı

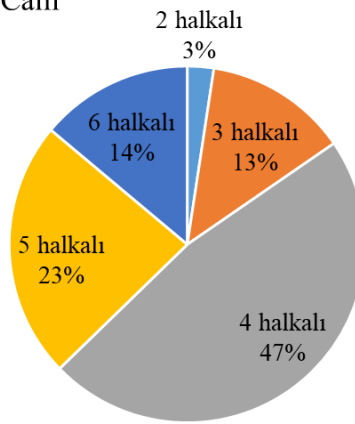
(a) Kış-Cam



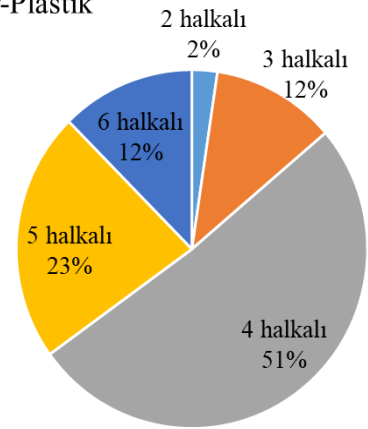
(b) Kış-Plastik



(c) Sonbahar-Cam



(d) Sonbahar-Plastik



Şekil 4.7. Kış Ve Yaz Kampanyalarında Cam Ve Plastik Sera Topraklarından Gözlenen Halka Sayısına Göre Gruplanan PAH Konsantrasyonlarının Dönemsel Toplam Konsantrasyonlarına Oranları

Çizelge 4.7. Cam örtülü seralardaki PAH konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi(ng/g)

Halka Sayısı	Bileşik	Cam									
		Sonbahar					Kış				
		Ortalama	Median	Maksimum	Minimum	N	Ortalama	Median	Maksimum	Minimum	N
2 Halka	Naftalen	1,63 ±2,52	0,90	11,45	0,14	19	1,49±1,32	1,48	5,33	0,11	18
3 Halka	Asenaftalen	0,40±0,48	0,17	1,87	0,03	15	0,95±0,69	0,77	2,36	0,01	20
	Asenaften	1,93±3,30	0,74	9,42	0,47	7	2,04±1,94	1,49	4,94	0,28	21
	Floren	0,50±0,31	0,46	1,26	0,12	19	1,14±0,98	0,83	4,75	0,20	23
	Fenantren	3,79±5,44	1,89	20,36	0,75	19	13,57±14,41	7,62	61,16	0,75	23
	Antrasen	0,79±1,20	0,30	4,98	0,05	19	1,61±2,19	0,82	9,63	0,10	23
4 Halka	Floranten	6,60±8,36	3,99	36,12	1,19	19	14,96±16,06	9,02	64,89	1,53	23
	Piren	5,58±8,03	2,76	34,09	0,92	19	11,31±13,64	6,84	57,40	0,94	23
	Benzo(a)antrasen	3,70±4,49	2,53	17,59	0,29	19	7,92±9,00	5,16	40,16	0,17	23
	Krisen	4,55±4,73	2,87	19,67	0,72	19	9,85±9,22	7,54	39,53	0,47	22
5 Halka	Benzo(b)floranten	5,1±7,10	2,03	31,54	0,65	19	9,41±8,16	6,00	30,84	0,15	23
	Benzo(k)floranten	1,24±1,83	0,57	8,28	0,15	19	2,11±2,02	1,24	7,54	0,01	23
	Benzo(a)piren	2,84±3,26	1,26	13,37	0,37	19	4,62±4,79	2,45	20,16	0,17	23
	Dibenz(a,h)antrasen	2,66±3,14	1,39	13,54	0,40	18	5,17±4,67	3,02	16,25	0,20	23
6 Halka	Indeno(1,2,3-cd)piren	0,94±1,10	0,46	4,65	0,14	19	1,79±1,62	1,12	6,05	0,04	23
	Benzo(g,h,i)perilen	3,34±3,58	1,74	15,49	0,45	19	6,27±5,28	4,25	19,42	0,29	23
	Σ PAH	44,29±41,80	33,51	151,93	7,93	19	91,79±87,99	65,55	375,27	5,18	23

Çizelge 4.8. Plastik örtülü seralardaki PAH konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi(ng/g)

Halka Sayısı	Bileşik	Plastik									
		Sonbahar					Kış				
		Ortalama	Median	Maksimum	Minimum	N	Ortalama	Median	Maksimum	Minimum	N
2 Halka	Naftalen	0,95±0,65	0,74	2,44	0,05	21	1,23±0,91	0,99	2,98	0,02	19
3 Halka	Asenaftalen	0,33±0,32	0,25	1,44	0,04	19	0,91±0,78	0,66	2,55	0,01	19
	Asenaften	1,40±1,71	0,71	3,95	0,27	4	1,92±1,20	2,32	3,45	0,45	7
	Floren	0,34±0,16	0,32	0,73	0,10	22	0,89±0,69	0,58	2,28	0,17	22
	Fenantren	2,98±4,02	1,33	16,22	0,01	22	10,20±12,70	5,82	49,22	0,30	22
	Antrasen	0,59±0,65	0,38	2,53	0,04	23	1,26±2,12	0,44	7,52	0,02	22
4 Halka	Floranten	6,23±10,49	2,29	43,34	0,14	23	12,99±18,51	4,18	62,80	0,72	22
	Piren	4,73±7,82	1,68	31,69	0,04	23	10,37±16,36	2,60	57,37	0,35	22
	Benzo(a)antrasen	2,98±7,14	0,83	34,06	0,01	22	8,43±16,80	1,48	68,61	0,21	22
	Krisen	5,40±12,86	1,60	60,56	0,02	22	10,74±19,16	2,65	80,54	0,14	22
5 Halka	Benzo(b)loranten	5,15±15,61	0,99	73,96	0,05	22	7,95±15,48	1,89	69,04	0,28	22
	Benzo(k)loranten	0,97±2,72	0,25	12,67	0,01	23	1,76±3,14	0,44	12,73	0,04	22
	Benzo(a)piren	1,74±3,04	0,86	14,82	0,01	23	3,66±6,84	1,05	28,72	0,18	22
	Dibenz(a,h)antrasen	2,16±6,23	0,53	30,30	0,03	23	3,76±7,12	1,08	32,37	0,27	22
6 Halka	Indeno(1,2,3-cd)piren	0,90±2,73	0,20	12,96	0,01	22	1,40±2,62	0,37	11,31	0,11	22
	Benzo(g,h,i)perilen	2,45±6,76	0,77	33,16	0,06	23	4,21±7,13	1,58	31,97	0,37	22
	Σ PAH	37,30±76,32	13,76	363,11	2,13	23	79,69±121,97	25,90	473,06	3,52	22

4.5. Elde Edilen Sonuçların Literatür ile Karşılaştırılması

Günümüzde maalesef sera topraklarındaki PAH'lar özelinde gerçekleştirilmiş çok fazla sayıda çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. Literatürde seralarla PAH'lar özelinde yapılan sayılı çalışmalar ve Dünya genelinde tarım topraklarında yapılan belirli çalışmalar incelenerek bir literatür özeti sunulmuştur. Sera genelinde yapılan çalışmalar incelendiğinde Ma vd. (2003) tarafından yapılan çalışmada Çin'in Pekin bölgesinde bulunan 8 farklı sera toprağında PAE, HCH, DDT ve PAH konsantrasyonları incelenmiştir. Toplam PAH konsantrasyonu 1920–7840 ng/g arasında değişmiş ve baskın PAH türleri 4,5 ve 6 halkalı PAH'lar olarak tespit edilmiştir. Yüksek molekül ağırlıklı PAH'ların toprakda baskın PAH türleri olarak tespit edilmesini düşük molekül ağırlıklı PAH'ların yüksek uçulama ve yoğunlaşma özelliğine, yüksek molekül ağırlıklı PAH'ların ise toprakta kalıcılığı ve sızma eğilimine bağlanmıştır.

Çin Shandong sera toprağında yapılan başka bir çalışmada seralardan alınan 27 toprak numunesinde PAH konsantrasyonları tespit edilmiştir. 3 halkalı PAH'lar toprakta baskın tür olarak tespit edilmiş, Fenantren, Asenaften ve Florenten en sık rastlanan PAH'lar olarak gözlenmiştir. PAH konsantrasyonu 152.2 - 1317.7 ng/g aralığında ölçülmüştür. Bu çalışmada Phe/(Phe+Ant), Flu/(Flu+Pyr) ve BaA/(BaA+Chr) değerleri toprak örneklerinin % 84, % 55 ve % 64'ünde sırasıyla > 0,1, 0,5 ve 0,35 olarak tespit edilmiş ve toprak örneklerinin % 38'inde InP/(InP + BP) değerleri > 0,5, % 36'sında 0,2 ile 0,5 olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlar, Shandong'daki sera topraklarındaki PAH'ların çeşitli kaynaklardan geldiğini ve kömür ve biyokütlenin yanmasının sera topraklarındaki PAH'ların ana kaynağı olabileceğini göstermiştir (Chai vd. 2017).

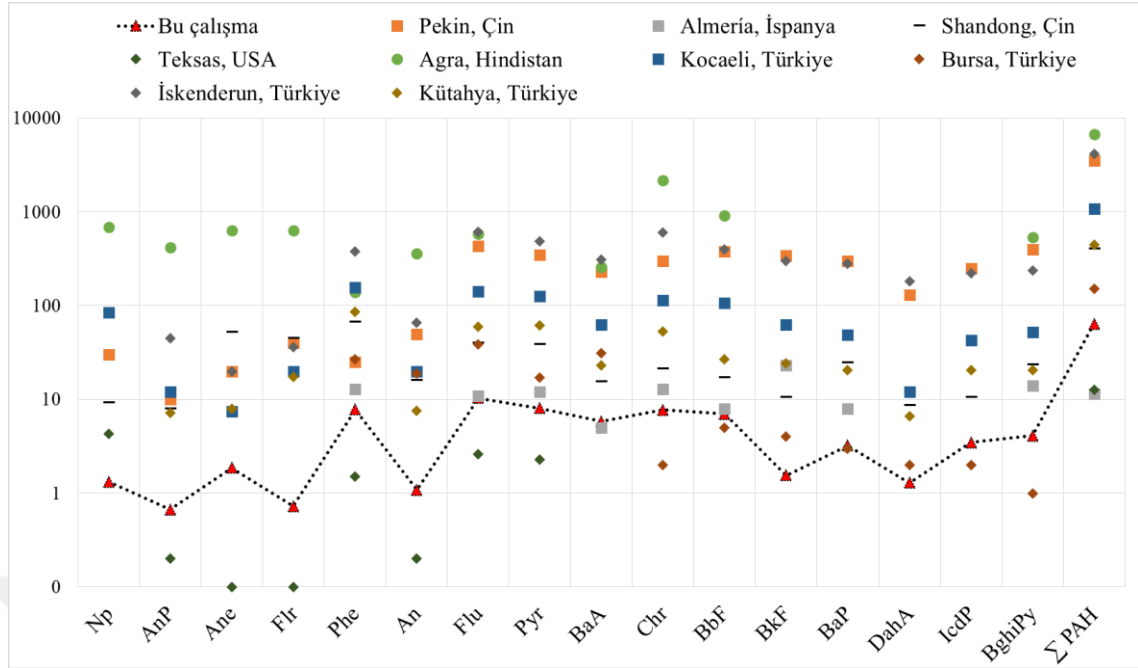
İspanya, Almería sera topraklarında yapılmış bir çalışmada plastik sera topraklarında PAH konsantrasyon ve kaynakları incelenmiştir. Toplamda 38 toprak numunesi için yapılan analizlerde toplam PAH konsantrasyonu 4-47 ng/g aralığında tespit edilmiştir. Bu çalışmada 4 ve 5 halkalı PAH'lar baskın türlerdir.

Literatürde seralar ile ilgili yapılan çalışmalar ile birlikte tarım topraklarında ve kırsal alanlarda toprak ile ilgili yapılan konsantrasyon ve kaynak belirleme odaklı çalışmalar incelenmiştir. Çizelge 4.9. ve Şekil 4.8.'de çalışmaların özeti gösterilmektedir. Antalya- Aksu Fettahlı bölgesinde sera topraklarında tespit edilen PAH konsantrasyonları literatürde tespit edilen konsantrasyonlar ile karşılaştırıldığında, özellikle Çin gibi büyük endüstriye sahip, nüfus yoğunluğu yüksek, trafiğin ve fosil yakıt kullanımının fazlaca olduğu ülkelere göre çok daha düşük olduğu görülmektedir. Bu çalışma Bursa, Kütahya, Kocaeli gibi yoğun sanayi alanlarında yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldığında nispeten daha düşük konsantrasyondadır. Aynı zamanda seralarda yapılan çalışmalarda tespit edilen kaynak ve baskın PAH türleri bu çalışma için tespit edilen kaynak ve baskın PAH türleri ile uyumluluk göstermektedir.

Çizelge 4.9. Tespit edilen PAH konsantasyonlarının literatür ile karşılaştırması(ng/g)

Bileşikler	Antalya, Türkiye Sera	Pekin, Çin Sera	Hangzhou, Çin Sera	Almería, İspanya Sera	Shandong, Çin Sera	Tektaş, ABD Tarım	Agra, Hindistan Tarım	Kocaeli, Türkiye Endüstriyel	Bursa, Türkiye Kırsal	İskenderun, Türkiye Endüstriyel	Kütahya, Türkiye Kentsel
Np	1,32 (0,02-11,45)	30 (40–60)	-	-	9,3 (nd-53,1)*	4,30	690	84	-		
AnP	0,67 (0,01-2,55)	10 (10–50)	-	-	7,9 (nd-60,6)	0,2	420	12	-	45	7,15
Ane	1,87 (0,27-9,42)	20 (10–30)	-	-	51,9 (nd-212,4)	0,1	630	7,5	-	20	7,95
Flr	0,73 (0,1-4,75)	40 (20–70)	-	-	44,8 (nd-196,2)	0,1	630	20	-	36	17,5
Phe	7,82 (0,01-61,16)	250 (140– 430)	-	13 (2-44)	67,1 (nd-245,9)	1,5	140	158	27	377	85,85
An	1,08 (0,02-9,63)	50 (30–80)	-	-	16,0 (3,9– 111,3)	0,2	360	20	19	66	7,6
Flu	10,33 (0,14-54,40)	430 (170–860)	-	11 (2-44)	40,1 (nd-174)	2,6	580	142	39	614	59,2
Pyr	8,08 (0,04-57,40)	350 (170– 690)	4220 - 365380	12 (3-40)	38,9 (1,8– 158,1)	2,3	nd	126	17	486	61,45
BaA	5,82 (0,02-80,54)	230 (80– 510)	-	5 (2–14)	15,6 (0,8–175,8)	nd	260	63	31	309	23,2
Chr	7,75 (0,02-80,54)	300 (130– 670)	-	13 (2-82)	21,4 (nd-211,8)	nd	2190	115	2	601	52,8
BbF	7 (0,05-73,96)	380 (150– 870)	-	8 (2-63)	17,0 (0,4– 168,1)	nd	920	106	5	398	26,65
BkF	1,55 (0,01-12,73)	340 (140–830)	-	23 (23-23)	10,5 (0,3–144,4)	nd	nd	63	4	298	24,4
BaP	3,23 (0,01-28,72)	300 (130– 740)	-	8 (2-70)	24,7 (nd-173,1)	nd	nd	49	3	279	20,45
DahA	1,29 (0,01-12,96)	130 (10– 280)	-	-	8,6 (nd-128,2)	-	-	12	2	183	6,6
IcdP	3,47 (0,03-32,37)	250 (100–700)	-	-	10,5 (0,4–112,4)	nd	-	43	2	222	20,4
BghiPy	4,10 (0,06-33,16)	400 (20– 1190)	-	14 (2-81)	23,3 (nd-244,4)	-	540	52	1	236	20,6
Σ PAH	63,96 (2,13-473,06)	3510 (1920– 7840)	4220 - 365380	11,55 (4-47)	407,4 (152,2–1317)	12,6	6730	1077	152	4192	445,9
Örnek Sayısı	95	8	5	38	27	10	319	49	20	20	82
Kaynak	Bu çalışma	Ma vd. 2003	Xu vd. 2009	Plaza- Bolanos vd. 2012	Chai vd.2017	Roberto vd. 2009	Masih ve Taneja, 2006	Çetin 2016	Karaca, 2016	Odabaşı vd. 2010	Dumanoglu vd. 2017

“nd”:Belirleme sınırı altında



Şekil 4.8. Tespit edilen PAH konsantasyonlarının literatür ile karşılaştırması(ng/g)

4.6. Korelasyon

Bileşikler arasındaki ikili korelasyonların hesaplanması kaynakları belirlemenin temel aşamasıdır. Bileşikler arasındaki korelasyon, onların benzer veya aynı kaynaktan salındığını veya örnekleme alanına benzer taşıyım yollarını izleyerek geldiklerini göstermektedir (Öztürk, 2009; Tepe, 2016)

İkili korelasyonlar SPSS yazılımı ile hem sonbahar hem de kış dönemleri için plastik ve cam seralarda ayrı ayrı hesaplanmıştır. İstatistiksel olarak %95 ve %99 güvenilirlik seviyesinde anlamlı korelasyonlar sonbahar plastik, sonbahar cam, kış plastik ve kış cam alt kümeler için sırasıyla Çizelge 4.10, Çizelge 4.11, Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13’de renklendirilerek gösterilmiştir. Sarı renk 0,59’dan düşük korelasyonları, turuncu renk 0,60-0,79 arasındaki orta derece korelasyonları, kırmızı renk ise 0,80-1,00 arasındaki yüksek derecedeki korelasyonları göstermektedir.

Tüm çizelgeler birlikte değerlendirildiklerinde BaA ve Chr ile 5 ve 6 halkalı PAH’lar birbirleriyle orta ve yüksek derecede korele olduğu gözlenmiştir. Bu durum bu PAH’ların genel olarak kaynaklarının aynı olduğunu göstermektedir. Yüksek halkalı PAH bileşikler genel olarak kömür ve benzeri kok kaynaklarından salındığı ve topraktan ayrışma ve/veya toprakta bozulma mekanizmaları yavaş olduğu için tüm ortamlarda ve mevsimlerde bileşikler arasında korelasyon gözlemlendiği düşünülmektedir.

Sonbahar kampanyası sırasında cam seralarda en düşük sayıda istatistiksel olarak anlamlı korelasyon katsayıları gözlenirken; en fazla sayıda istatistiksel olarak anlamlı korelasyon katsayılarının kış kampanyası sırasında cam seralarda olduğu belirlenmiştir. Bu durum özellikle sonbahar aylarında PAH’ların daha yüksek solar ışık şiddeti ve buna bağlı olarak sera içerisinde sıcaklığın artmasıyla birlikte ortamdan ayrışması olduğu düşünülmektedir.

Külcü ve Özay (2012) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Antalya'daki seraların %84'ünün 36 ay ekonomik ömrü olan UV ışını tutma kapasitesine sahip plastik örtüler kullanıldığı belirtilmiştir. Ayrıca, gerçekleştirdikleri anket çalışması ile seralardaki örtülerin %44'ünün ekonomik ömürlerini doldurduktan sonrada kullanılmaya devam edildiğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte Yunanistan'da gerçekleştirilen bir çalışmada (Papaioannou vd, 2012), UV (UV-A ve UV-B) ışını tutan plastik örtülerin UV tutma özelliği incelenmiştir. Çalışmaya göre, UV tutma özelliği olan plastik örtülü seralarda, UV geçirgenliği %0,4 ile %1,3 arasında değişirken, UV tutma özelliği olmayan plastik örtülü seralarda UV miktarları %20 civarında ölçülmüştür. Bu oranlar arasında az fark varmış gibi görülmekte UV tutma özelliğine sahip seralardaki, böcek yaralı meyvelerin sayısı azaldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, gelen UV ışınının azaltılması, meyve derisinin rengi üzerinde, likopen dışındaki pigmentler üzerinde de olumlu bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Ancak her ne kadar günümüzdeki cam seralarda UV tutma özelliği bulunsada, 20 yıllık cam seralarda, UV tutma özelliği sınırlı kalmaktadır. Camın, özellikle UV-A tutma kapasitesi %25-35 arasında olduğu, UV-B ve UV-C'nin ise nedereyse tamamının tutulduğu belirtilmiştir (Runkle, 2018). Bu durum özellikle UV-A ışınının sera örtü türleri arasındaki farklılıklar açısından önerimli bir parametre olduğunu göstermektedir.

Her ne kadar doğrudan topraktaki PAH'lar üzerine yapılmış bir çalışma olmasada, atıksudaki PAH'ların arıtımı üzerinde yapılan çalışmada (Włodarczyk-Makuła, 2011), halka sayısının UV ile arıtmada önemli bir parametre olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmaya göre, 2, 3 ve 4 halkalı PAH'ların arıtımı söz konusuysen, 5 ve 6 halkalı PAH'ların arıtımı sınırlı kalmıştır.

Dolayısıyla, UV ışınları cam seralarda etkin olmaktadır. Her ne kadar sera ortamında UV ile PAH giderimi konusunda çalışılmamış olsada, sonbahardaki yüksek UV ile 2, 3 ve 4 halkalı PAH'ların gideriminin söz konusu olabileceği düşünülmektedir. Bu durum, cam seralarda hem sonbahar hem de kış dönemlerinde 5 ve 6 halkalı PAH'ların sera topraklarından arıtilamamasını ve istatistiksel olarak farklı ortalamalara sebep olmamasını açıklamaktadır. Bu yargıya aykırı tek tutum sergileyen bileşik BghiPy olmaktadır. Bölüm 4.4'de de açıklandığı gibi BghiPy için cam seralarda sonbahar ve kış dönemlerindeki ortalamaları arasında istatistiksel farklılıklar gözlemlendiği belirtilmiştir. Bunun sebebi tam olarak anlaşılmış değildir.

Genel olarak kış kampanyaları sırasında 4, 5 ve 6 halkalıların birbirleriyle korelasyonu başta olmak üzere, hem cam seralarda hem de plastik seralarda daha fazla korelasyon görülmüştür. Bunun en önemli sebebi olarak sonbaharda sıcaklığın fazla oluşu ile birlikte düşük halkalı PAH'ların buharlaşması sonucu olabileceği düşünülmektedir.

Bunlara ek olarak, Phe, An, Flu ve Pyr, tüm ortamlarda birbirleriyle çeşitli seviyelerde korelasyon göstermektedirler. Sonbaharda plastik örtü altındaki seralar haricinde, AnP'de bu bileşikler ile korelasyon göstermektedir. Bu bileşikler boyalarda, tarımsal kimyasallarda, pestisitlerde ve plastiklerde kullanılmakta olduğu bilinmektedir (Abdel-Shafy ve Mansour, 2016). Ancak tam olarak etken kaynak bilinmemektedir.

Çizelge 4.10. Sonbahar kampanyasında plastik örtü kullanılan seralardaki PAH bileşiklerinin korelasyon matrisi

HALKA SAYISI	PAH	Np	AnP	Ane	Flr	Phe	An	Flu	Py	BaA	Chr	BaF	BkF	BaP	DahA	IcdP	BghiPy
2 HALKA	Np	1															
3 HALKA	AnP	-0,102	1														
	Ane	0,903	-0,581	1													
	Flr	0,517*	0,192	0,790	1												
	Phe	0,142	0,293	0,068	0,496*	1											
	An	-0,163	0,262	-0,720	0,265	0,724**	1										
4 HALKA	Flu	0,176	0,276	0,988*	0,373	0,920**	0,686**	1									
	Py	0,152	0,294	0,868	0,353	0,919**	0,717**	0,992**	1								
	BaA	0,079	0,236	0,481	0,183	0,730**	0,635**	0,932**	0,919**	1							
	Chr	0,117	0,205	0,919	0,182	0,695**	0,598**	0,916**	0,896**	0,995**	1						
5 HALKA	BaF	0,061	0,195	0,820	0,099	0,622**	0,563**	0,870**	0,848**	0,988**	0,992**	1					
	BkF	0,057	0,182	0,868	0,090	0,615**	0,567**	0,866**	0,846**	0,987**	0,991**	0,999**	1				
	BaP	0,085	0,230	0,914	0,178	0,617**	0,618**	0,859**	0,857**	0,956**	0,962**	0,956**	0,962**	1			
	DahA	0,067	0,202	0,807	0,116	0,621**	0,565**	0,866**	0,845**	0,987**	0,991**	1,000**	1,000**	0,957**	1		
6 HALKA	IcdP	0,056	0,191	0,838	0,112	0,616**	0,559**	0,865**	0,851**	0,987**	0,991**	1,000**	0,999**	0,970**	0,999**	1	
	BghiPy	0,066	0,190	0,774	0,100	0,594**	0,556**	0,850**	0,831**	0,982**	0,988**	0,998**	0,999**	0,961**	0,999**	0,999**	1
HALKA SAYISI		2 HALKA	3 HALKA				4 HALKA				5 HALKA				6 HALKA		

%95 güven aralığında istatistiksel olarak anlamlı korelasyon gözlenmiştir

%99 güven aralığında istatistiksel olarak anlamlı korelasyon gözlenmiştir

Çizelge 4.11. Sonbahar kampanyasında cam örtü kullanılan seralardaki PAH bileşiklerinin korelasyon matrisi

HALKA SAYISI	PAH	Np	AnP	Ane	Flr	Phe	An	Flu	Py	BaA	Chr	BaF	BkF	BaP	DahA	IcdP	BghiPy
2 HALKA	Np	1															
3 HALKA	AnP	-0,056	1														
	Ane	0,990**	-0,172	1													
	Flr	0,543*	0,564*	0,649	1												
	Phe	0,053	0,905**	-0,039	0,659**	1											
	An	-0,071	0,768**	-0,289	0,382	0,735**	1										
4 HALKA	Flu	-0,115	0,904**	-0,204	0,556*	0,918**	0,813**	1									
	Py	-0,121	0,919**	-0,216	0,551*	0,925**	0,814**	0,997**	1								
	BaA	-0,110	0,839**	-0,188	0,291	0,465*	0,461*	0,693**	0,692**	1							
	Chr	-0,130	0,798**	-0,239	0,219	0,396	0,389	0,631**	0,629**	0,986**	1						
5 HALKA	BaF	-0,061	0,315	-0,138	0,021	-0,007	0,068	0,254	0,249	0,854**	0,895**	1					
	BkF	-0,067	0,334	-0,104	0,034	0,005	0,048	0,247	0,243	0,856**	0,891**	0,994**	1				
	BaP	-0,079	0,637*	-0,192	0,165	0,313	0,287	0,505*	0,510*	0,911**	0,934**	0,906**	0,909**	1			
	DahA	-0,064	0,119	-0,119	0,012	-0,046	0,072	0,246	0,235	0,826**	0,866**	0,981**	0,964**	0,893**	1		
6 HALKA	IcdP	-0,052	0,104	-0,061	0,025	0,023	0,055	0,286	0,279	0,835**	0,882**	0,982**	0,970**	0,959**	0,996**	1	
	BghiPy	-0,043	0,122	-0,001	0,017	-0,013	0,043	0,247	0,237	0,814**	0,863**	0,978**	0,963**	0,920**	0,989**	0,997**	1
HALKA SAYISI		2 HALKA	3 HALKA				4 HALKA				5 HALKA				6 HALKA		

%95 güven aralığında istatistiksel olarak anlamlı korelasyon gözlenmiştir

%99 güven aralığında istatistiksel olarak anlamlı korelasyon gözlenmiştir

Çizelge 4.12. Kış kampanyasında plastik örtü kullanılan seralardaki PAH bileşiklerinin korelasyon matrisi

HALKA SAYISI	PAH	Np	AnP	Ane	Flr	Phe	An	Flu	Py	BaA	Chr	BaF	BkF	BaP	DahA	IcdP	BghiPy
2 HALKA	Np	1															
3 HALKA	AnP	0,186	1														
	Ane	0,919**	0,074	1													
	Flr	0,471*	0,367	0,413	1												
	Phe	0,214	0,755**	-0,121	0,485*	1											
	An	0,135	0,663**	-0,198	0,415	0,952**	1										
4 HALKA	Flu	0,191	0,594**	-0,168	0,256	0,878**	0,899**	1									
	Py	0,155	0,614**	-0,205	0,268	0,900**	0,929**	0,995**	1								
	BaA	0,176	0,429	-0,180	0,070	0,687**	0,728**	0,946**	0,923**	1							
	Chr	0,236	0,412	-0,133	0,070	0,664**	0,702**	0,936**	0,907**	0,997**	1						
5 HALKA	BaF	0,338	0,330	0,011	0,005	0,549*	0,595**	0,871**	0,829**	0,974**	0,985**	1					
	BkF	0,249	0,447	-0,096	0,093	0,687**	0,703**	0,938**	0,909**	0,992**	0,996**	0,978**	1				
	BaP	0,138	0,393	-0,217	0,040	0,663**	0,707**	0,935**	0,910**	0,998**	0,995**	0,975**	0,989**	1			
	DahA	0,287	0,298	-0,045	-0,025	0,530*	0,577**	0,862**	0,820**	0,974**	0,983**	0,997**	0,974**	0,978**	1		
6 HALKA	IcdP	0,433	0,337	0,180	-0,002	0,500*	0,514*	0,820**	0,770**	0,936**	0,956**	0,983**	0,960**	0,934**	0,975**	1	
	BghiPy	0,367	0,321	0,055	0,007	0,540*	0,570**	0,861**	0,816**	0,968**	0,982**	0,997**	0,977**	0,969**	0,995**	0,988**	1
HALKA SAYISI		2 HALKA	3 HALKA				4 HALKA				5 HALKA				6 HALKA		

%95 güven aralığında istatistiksel olarak anlamlı korelasyon gözlenmiştir

%99 güven aralığında istatistiksel olarak anlamlı korelasyon gözlenmiştir

Çizelge 4.13. K1ş kampanyasında cam örtü kullanılan seralardaki PAH bileşiklerinin korelasyon matrisi

HALKA SAYISI	PAH	Np	AnP	Ane	Flr	Phe	An	Flu	Py	BaA	Chr	BaF	BkF	BaP	DahA	IcdP	BghiPy
2 HALKA	Np	1															
3 HALKA	AnP	0,314	1														
	Ane	0,147	-0,350	1													
	Flr	0,725**	0,519*	-0,078	1												
	Phe	0,437	0,713**	-0,492	0,679**	1											
	An	0,278	0,754**	-0,452	0,539*	0,965**	1										
4 HALKA	Flu	0,365	0,766**	-0,484	0,555**	0,951**	0,957**	1									
	Py	0,278	0,797**	-0,475	0,449*	0,924**	0,965**	0,983**	1								
	BaA	0,192	0,828**	-0,455	0,416	0,868**	0,938**	0,935**	0,961**	1							
	Chr	0,284	0,830**	-0,399	0,472*	0,888**	0,925**	0,958**	0,950**	0,977**	1						
5 HALKA	BaF	0,217	0,900**	-0,434	0,423	0,780**	0,853**	0,868**	0,896**	0,938**	0,910**	1					
	BkF	0,167	0,875**	-0,439	0,423	0,794**	0,879**	0,875**	0,904**	0,935**	0,891**	0,986**	1				
	BaP	0,176	0,870**	-0,456	0,345	0,808**	0,896**	0,901**	0,947**	0,979**	0,941**	0,971**	0,963**	1			
	DahA	0,135	0,904**	-0,418	0,368	0,705**	0,797**	0,794**	0,839**	0,881**	0,832**	0,981**	0,974**	0,938**	1		
6 HALKA	IcdP	0,143	0,867**	-0,390	0,359	0,657**	0,741**	0,748**	0,784**	0,813**	0,766**	0,956**	0,947**	0,885**	0,987**	1	
	BghiPy	0,097	0,875**	-0,394	0,329	0,646**	0,741**	0,734**	0,780**	0,836**	0,786**	0,964**	0,949**	0,902**	0,993**	0,991**	1
HALKA SAYISI		2 HALKA	3 HALKA					4 HALKA				5 HALKA				6 HALKA	

%95 güven aralığında istatistiksel olarak anlamlı korelasyon gözlenmiştir

%99 güven aralığında istatistiksel olarak anlamlı korelasyon gözlenmiştir

4.7. Diagnostik Oranlar (Tanı Oranları)

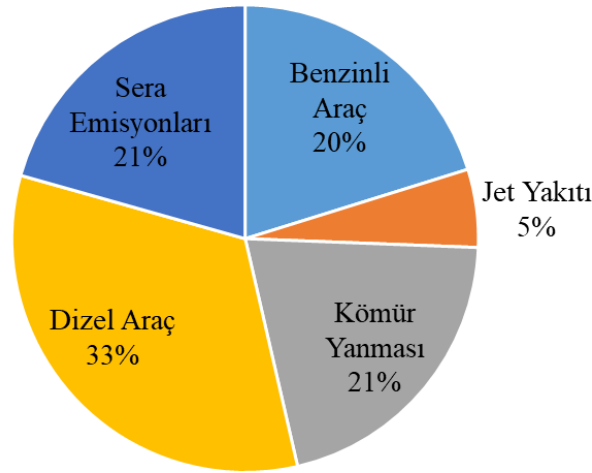
Literatürde toprakta PAH'ların olası kaynaklarının belirlenmesi için bir takım diagnostik(tanı) oranları kullanılmıştır. Literatürde Phe/(Phe + Ant), Flu/(Flu + Pyr), BaA/(BaA +Chr) ve InP/ InP + BP) 'nin PAH izomer çifti oranları, muhtemel PAH kaynaklarını açıklamak için yaygın olarak kullanılmaktadır (Ping vd, 2007). Phe / (Phe + Ant) tanı oranı çoğunlukla petrol ve kömür kaynaklı yanmayı birbirinden ayırmak için kullanılmıştır. Phe / (Phe + Ant)<0,1 tanı oranı bir petrol kaynağına işaret etmektedir. Phe / (Phe + Ant)>0,1 tanı oranı ise biyokütle ve kömür yakımı kaynaklı PAH'lara işaret etmektedir. Tanı oranlarının kaynak belirlemesi üzerindeki doğruluğunun desteklenmesi amacıyla farklı tanı oranları belirlenmiştir. Phe / (Phe + Ant) tanı oranı gibi BaA / (BaA + Chr) oranı da petrol ve kömür kaynaklarını ayırmak için literatürde kullanılmıştır. BaA / (BaA + Chr) <0,2, petrol giriş kaynaklarını, 0,2 ile 0,35 arası ise petrol yanmasını, > 0,35 ise biyokütle ve kömürün yanmasını belirtir (Karaca, 2016). BaA/(BaA + Chr) <0,2 oranı petrol giriş kaynaklarını, 0,2< BaA/(BaA + Chr)< 0,35 oranı petrol yanmasını, BaA/(BaA + Chr) > 0,35 ise biyokütle ve kömürün yanmasını ifade etmektedir (Chai vd., 2017). Literatürde kullanılan diğer bir oran Flu/(Flu + Pyr) ve InP/(InP+BP)'dir. Flu/(Flu + Pyr)<0,4 petrol giriş kaynaklarını, 0,4<Flu/(Flu + Pyr)<0,5 petrol yanmasını, Flu/(Flu + Pyr)>0,5 kömür/odun/biyokütle yanmasını ifade ederken (Saha vd. 2009) InP/(InP+BP)<0,2 petrol giriş kaynaklarını 0,2<InP/(InP+BP)<0,5 petrol yanmasını, InP/(InP+BP)>0,5 kömür/odun/biyokütle yanmasına işaret etmektedir (Hien vd. 2007). Literatürde kullanılan başka bir oran da Ph/An ve Fl/Pyr'dir. Ph / An> 15 ve Fl / Pyr <1 oranları, PAH girişi esas olarak ham petrol kaynaklarını, Ph / An <10 ve Fl / Pyr> 1 oranı ise yanma kaynaklarını ifade etmektedir (Wang vd. 2004a; Wang vd. 2004b). Bu çalışmada kaynakları belirlemek ve hatalı kaynak belirlemeden kaçınmak için literatürde kullanılan tüm oranlar birleştirilmiştir. Plastik ve cam seralarda yaz ve kış döneminde alınan numunelerin analizleri sonucu Phe/(Phe + Ant) tanı oranının sonuçların %97'sinde >0,1 olduğu, BaA/(BaA+Chr) tanı oranının sonuçlarının %65'inde >0,35 olduğu, Flu/(Flu+Pyr) tanı oranının sonuçların %100'ünde >0,35 olduğu ve Inp/(Inp+Bp) tanı oranının sonuçların %73'ünde >0,5 olduğu tespit edilmiştir. Seralarda ısıtma amaçlı odun ve kömür yakımı söz konusu olduğu göz önüne alındığında bu sonuçlar sera topraklarında kömür ve biyokütle yakımı kaynaklı PAH'ların varlığını göstermektedir. Petrol kaynaklı PAH'ların varlığı BaA/(BaA+Chr) <0,2 ve Flu/(Flu+Pyr) <0,4 tanı oranları ile sonuçların %1,3 ünde, 0,2<BaA/(BaA+Chr)<0,35 tanı oranı ile sonuçların %33'ünde 0,2<Inp/(Inp+Bp)<0,5 tanı oranı ile sonuçların %23'ünde tespit edilmiştir. Bu sonuçlar azda olsa bu bölgedeki sera topraklarında petrol kaynaklı PAH'ların varlığını tespit edilmiştir. Ph/Ant ve Fl/pyr oranları ile sonuçların pirolitik ve petrojenik kaynaklar açısından değerlendirilmesi yapılmış, Phe/ant<10 ve Fl/pyr>1 tanı oranı sonuçların %59'unda, Ph / An> 15 ve Fl / Pyr <1 tanı oranları sonuçların %15 inde tespit edilmiştir. Bu sonuçlar topraklardaki PAH kaynaklarının büyük çoğunluğunun kömür, odun ve biyokütle kaynaklı olduğunu, az bir oranda ise petrol (yakıt kullanımı, trafik araç emisyonları) kaynaklı olduğunu göstermektedir. Tanı oranları kullanılarak yapılan kaynak belirleme çalışmasının özeti Çizelge 4.14' de sunulmuştur.

Çizelge 4.14. Tanı oranları ile kaynak belirleme

Oran	Aralık	Kaynak	Kaynağın Tanımlanma Yüzdesi
Phe/(Phe+Ant)	<0,1	Petrol	3
	>0,1	Biyokütle ve kömür	97
BaA/(BaA+Chr)	<0,2	Petrol giriş	1,30
	0-2-0,35	Petrol yanması	33
	>0,35	Biyokütle ve kömür	67
Flu/(Flu+Pyr)	<0,4	Petrol giriş	1,30
	0,4-0,5	Petrol yanması	23
	>0,5	Odun, Kömür, Biyokütle	73
Inp/(Inp+BaP)	<0,2	Petrol giriş	3
	0,2-0,5	Petrol yanması	23
	>0,5	Odun, Kömür, Biyokütle	73

4.8. Pozitif Matris Faktörizasyonu ile Kaynakların Belirlenmesi

Bir alıcı ortam kaynak belirleme programı olan Pozitif Matris Faktörizasyonu ile bölgedeki etkin PAH kaynakları ve bunların katkı oranları belirlenmiştir. Bunun için Bulgular bölümünde de detaylı olarak ele alındığı gibi veri dosyası ve standart sapma dosyaları hazırlanmış ve EPA PMF 5.0 programı ile kaynaklar belirlenmiştir. 3 ile 6 faktör arasındaki çözümler incelenmiştir. Tüm çözümlerde, kaynak profilleri, PAH'ların modellenen ve gözlenen konsantrasyonları arasındaki ilişkiler, kaynakların katkıları (G-skorlar) arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. Asenaftalen çok fazla verinin (>%90) tayin sınırı altında kalmasından dolayı ve Naftalen'in modellenen ve gözlenen konsantrasyonları arasındaki ilişkinin düşük olmasından dolayı veri setinden çıkartılmışlardır. Benzer şekilde, modellenme performansı düşük kalan ve Q değerini arttıran üç noktada (27 Kış, 3 Yaz ve 17 Yaz) verisetinden çıkartılmıştır. Sonuç olarak, 14 bileşik ve 92 toprak örneği (84 sera ve 8 referans) için PMF çalıştırılmış olup, 5 kaynağın bölgede etkin olduğu belirlenmiştir. Faktörler arasındaki rotasyon ayrıca incelenmiş olup f değeri -0,5 olarak alınmıştır. Kaynakların kararlılığını test etmek için bootstrap metodu kullanılmıştır. 100 Bootstrap model çalışması yapılmış olup sonuçların %90'ın üzerinde asıl sonuç ile benzer olduğu ($R > 0,6$) belirlenmiştir. Elde edilen 5 kaynağın kütleli dağılımı Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Bölge toprağındaki PAH'ların önemli bir kısmını dizel araçlardan kaynaklı emisyonlara (%33) maruz kaldığı gözlenmiştir. Bununla birlikte, sera içi emisyonlarının (pestisit kullanımı, sera içi plastikleri ve boya) ve kömür yanması kaynaklı emisyonların etkileri %21'ler civarında gözlenirken, benzinli araçlardan kaynaklı emisyonlar modellenen PAH'ların %20'lik kesimini oluşturmaktadır. Örnekleme bölgesi Antalya Havalimanı'na iniş ve kalkış yapan uçak güzergahında yer aldığı için uçakların kullandığı jet yakıtı kaynaklı PAH'ların modellenen kütlenin %5'ini oluşturduğu belirlenmiştir. Kaynakların katkılarının mevsimsel değişimleri Çizelge 4.14'de sunulmuştur. Tüm faktörlerin kış mevsimi katkıları yaz aylarına göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Kaynak katkılarının ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı tek farklılık sera emisyonları faktöründe gözlenmiştir. Kaynaklar alt başlıklar halinde detaylı olarak tartışılmıştır.



Şekil 4.9. Modellenen PAH'ların kaynak katkı oranları

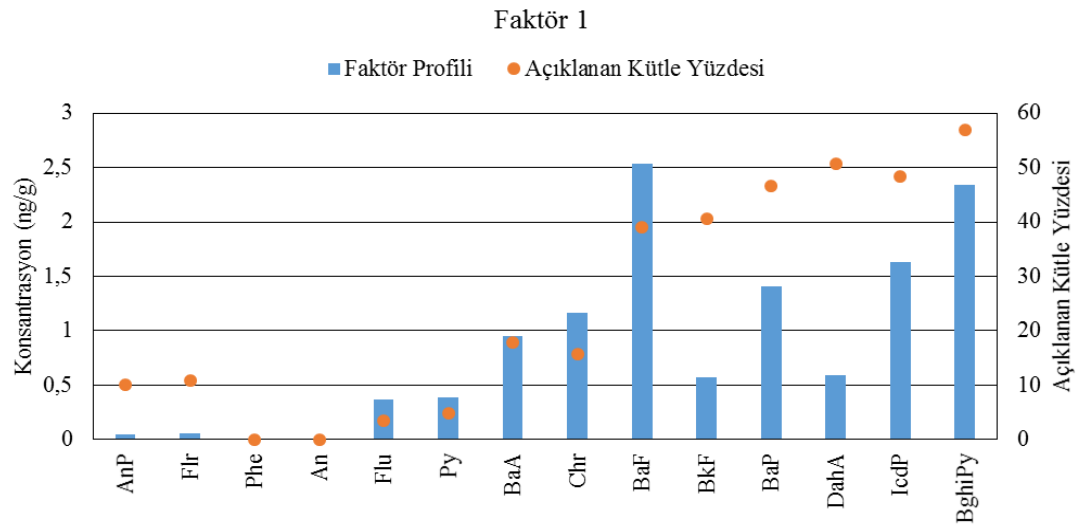
Çizelge 4.15. Kaynakların katkılarının (G-skor) mevsimsel ortalama değerleri

Kaynak	Sonbahar	Kış
Benzinli araç	0,81	1,02
Jet yakıtı	0,84	1,03
Kömür ve odun yanması	0,61	1
Dizel araç	0,72	1,04
Sera emisyonları*	0,43	1,01

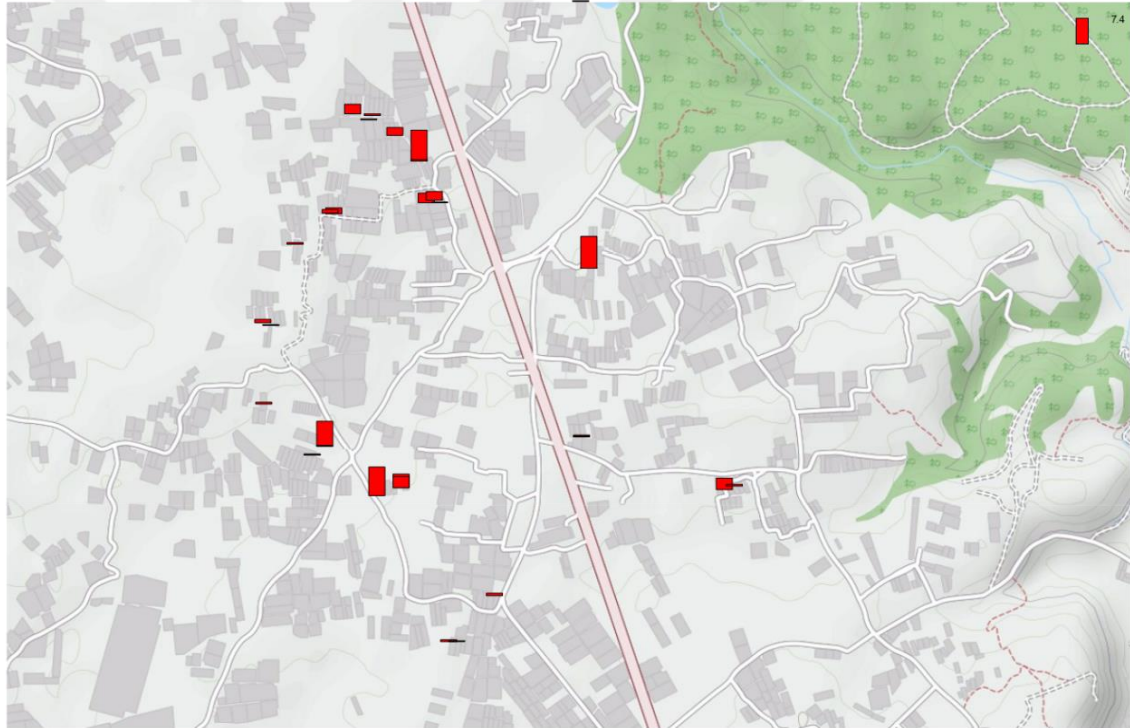
Sonbahar ve kış ayları katkıları arasında %95 güven aralığında istatistiksel olarak anlamı farklılık bulunmaktadır

4.8.1. Birinci faktör: benzinli araç emisyonları

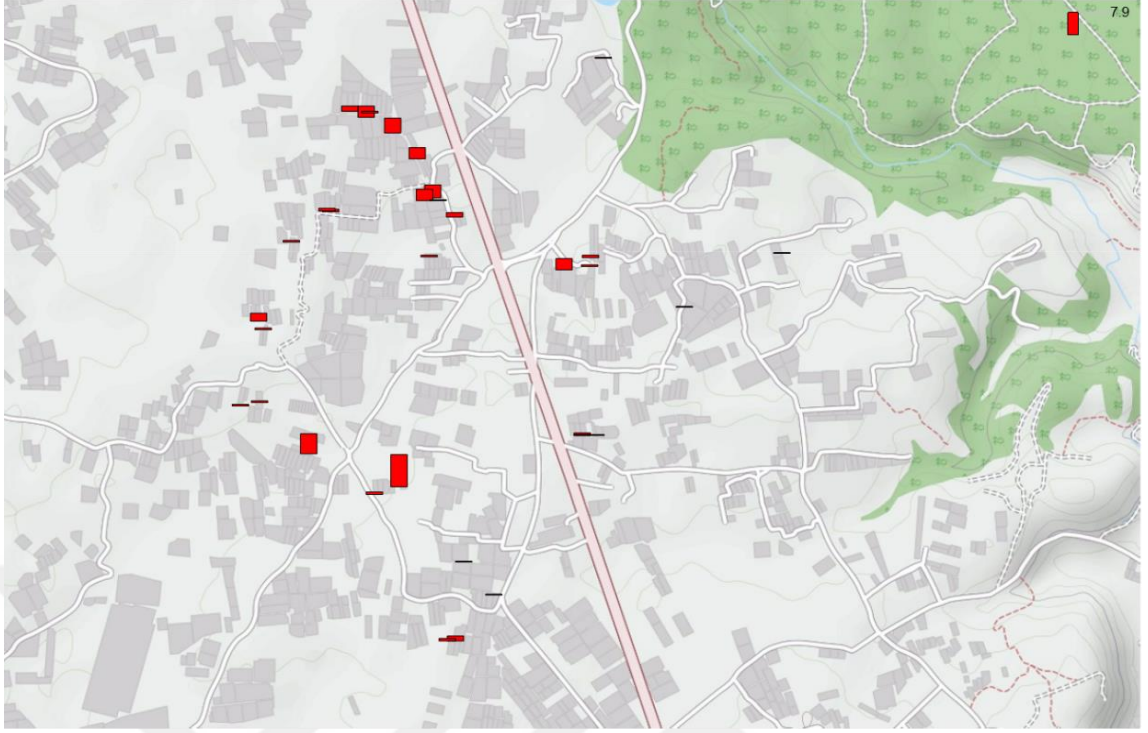
Birinci faktöre ait kaynak profili ve PAH'ların açıklanan yüzde kütleleri Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Bu faktörde, 5 ve 6 halkalı PAH'ların %40'ı ile %60'ı açıklanmıştır. Bununla birlikte, BaA, Chr, Anp ve Flr'nin %10 ile %20'lik kütleleri bu faktörde açıklanmıştır. Literatürde, DahA, IcdP ve BghiPy motorlu taşıtların emisyonu sonucunun indikatörü olduğu bildirilmektedir (Çetin vd. 2016). Bununla birlikte BkF, BbF, Chr ve BaA'nin de fosil yakıt kullanan motorlu taşıt emisyonlarında gözlendiği sıklıkla belirtilmiştir (Khalili vd. 1995; Simcik vd. 1999; K. Ravindra vd. 2008; Wang vd. 2013). Ancak BaP genel olarak benzin kullanan araçlardan salınmaktadır (Devi vd. 2016). Ayrıca, ilerleyen bölümlerde detaylandırılacağı üzere, Py ve Chr'in dizel araçlarda daha yüksek oranda gözlenmesi beklenmektedir. Dolayısıyla bu faktörün benzinli araç kullanımından dolayı salınan PAH'lardan oluştuğu düşünülmektedir. Bu faktörde modellenen PAH'ın 12,05 ng/g'ı açıklanmaktadır. Kaynağın seralardaki dağılımı sonbahar ve kış ayları için sırasıyla Şekil 4.11. ve Şekil 4.12'de gösterilmiştir. Hem sonbahar hem de kış döneminde batı yönündeki seralarda katkının daha yoğun olduğu gözlenmiştir. Antalya Isparta karayolunun batısındaki seralardaki yüksek katkının, rüzgârla taşınım sonucu olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.10. Birinci faktörün profili ve PAH'ların açıklanan kütle yüzdesi



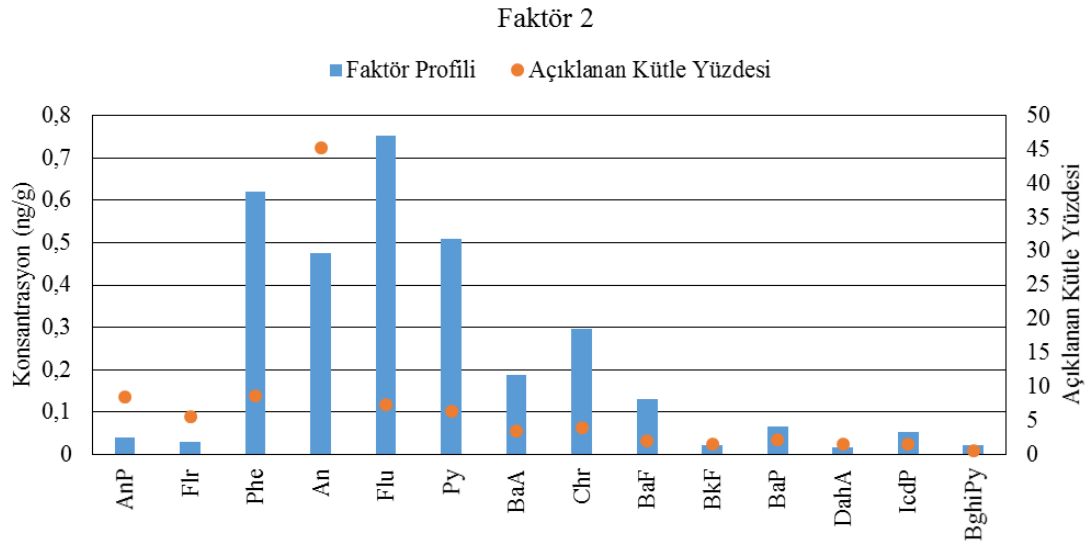
Şekil 4.11. Benzinli araç emisyonları kaynaklı PAH'ların sonbahar döneminde seralardaki dağılımı



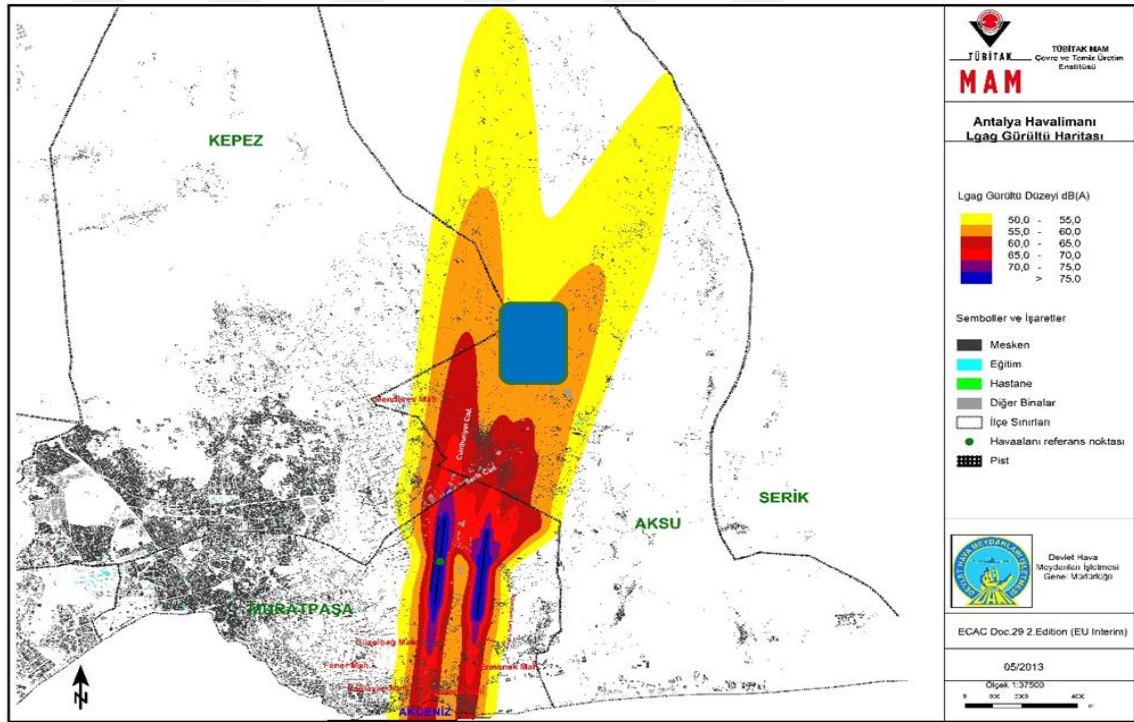
Şekil 4.12. Benzinli araç emisyonları kaynaklı PAH’ların kış döneminde seralardaki dağılımı

4.8.2. İkinci faktör: jet yakıtı emisyonları

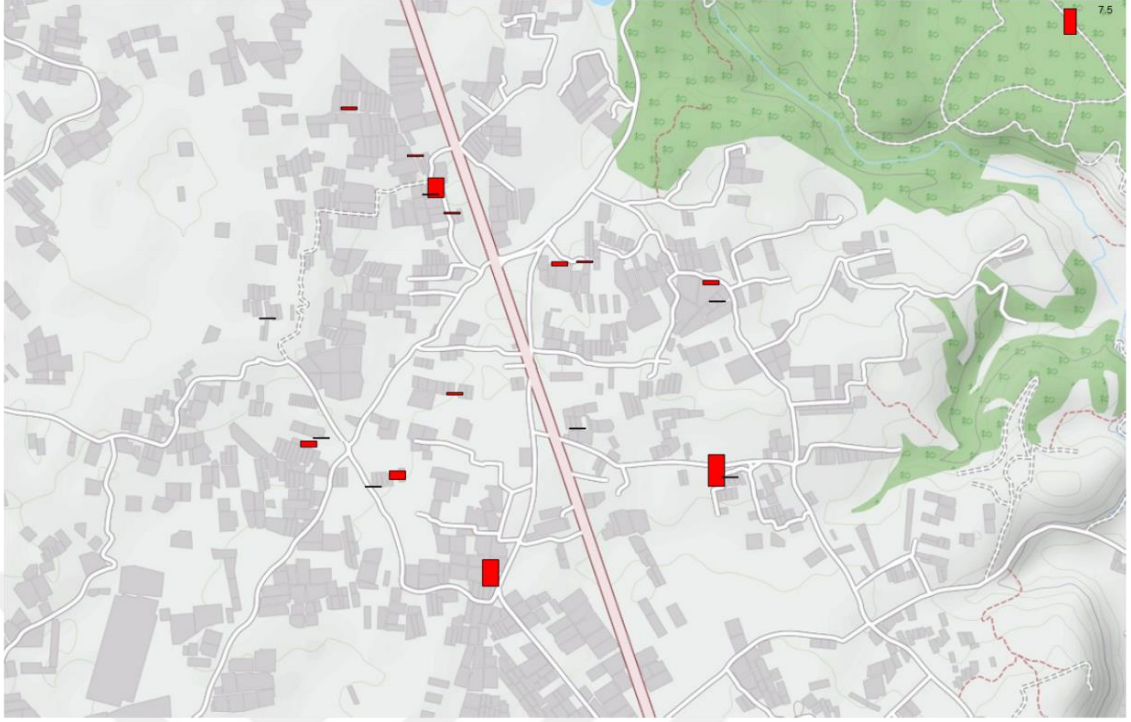
İkinci faktörün kaynak profili Şekil 4.13’de gösterilmiştir. Bu faktörde An kütlesinin yaklaşık %45’i açıklanmıştır. Faktörde An’nin yanısıra Phe, Flu, Py, BaA ve Chr faktör profilini oluşturmaktadır. Roma’da gerçekleştirilen bir çalışmada, 23 PAH bileşiği havalimanının üç farklı noktasında belirlenmiştir. Çalışmaya göre, aprondaki ölçümlerin 2-3 halkalı PAHların öncülüğünde en yüksek PAH değerlerine sahip olduğu ve metil naftalin ile asenaftinin (An) jet yakıt emisyonları ile ilişkili olabileceği sonucuna varılmıştır (Cavallo vd. 2006). Benzer şekilde, Los Angeles’da uçak kalkış pistinin rüzgar altında ölçülen değerler ile geri plan (fon) değerleri karşılaştırılmış olup Phe’den Chr’e kadar olan PAH’ların fon değerlerine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Zhu vd. 2011). Antalya Havalimanı, örnekleme bölgesine yaklaşık 8 km mesafede yer almaktadır. TÜBİTAK tarafından hazırlana gürültü haritası üzerinde örnekleme bölgesini gösteren harita Şeki 4.14’de gösterilmiştir. Her ne kadar gürültü ile atmosferdeki gaz ve partiküllerin davranışı uyum göstermesini beklemiyor olsakta, gürültü haritası, uçakların rotaları hakkında bilgi vermektedir. Örnekleme bölgesi olan Fettahlı, uçak rotalarının altında kalmaktadır. Dolayısıyla, bu çalışmada Faktör 2’de gözlenen profilin Antalya Havalimanı’na iniş ve kalkış yapan uçakların yakıtlarının yanması sonucu oluştuğu düşünülmektedir. Bu faktörün seralardaki dağılımı sonbahar ve kış ayları için sırasıyla Şekil 4.15. ve Şekil 4.16’de gösterilmiştir. Sonbahar döneminde daha homojen bir dağılım gözleniyorken, kış döneminde batı bölgelerinde yer alan seralarda kaynak katkılarının daha yoğun olduğu gözlenmiştir. Bu durum, biri askeri olmak üzere üç pisti bulunan havalimanının kış aylarında sadece batıdaki askeri olmayan pisti kullanmasından dolayı olduğu düşünülmektedir.



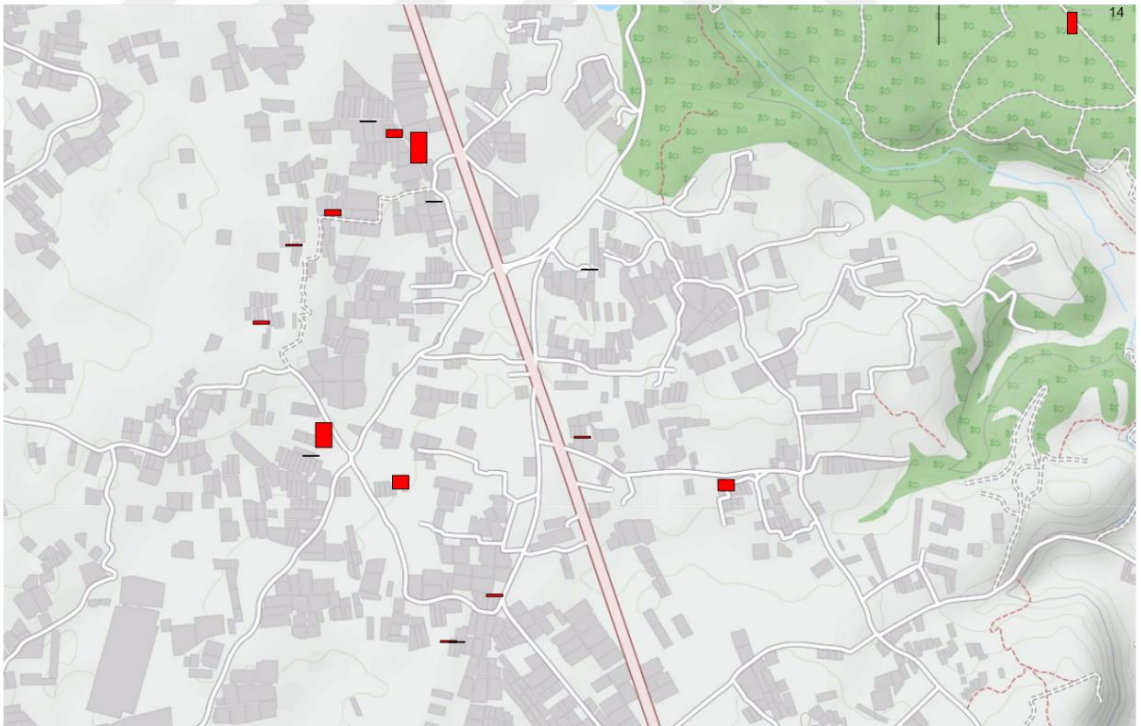
Şekil 4.13. İkinci faktörün profili ve PAH'ların açıklanan kütle yüzdesi



Şekil 4.14. TÜBİTAK tarafından hazırlanan havalimanı kaynaklı gürültü haritası ile örnekleme bölgesini (turkuaz dikdörtgen) gösteren harita



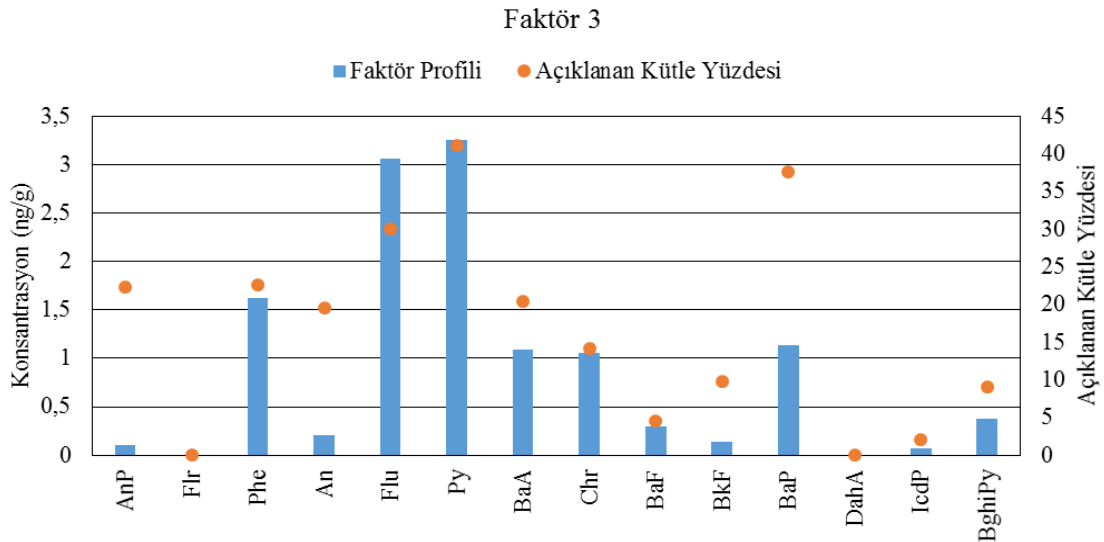
Şekil 4.15. Uçak emisyonları kaynaklı PAH'ların sonbahar döneminde seralardaki dağılımı



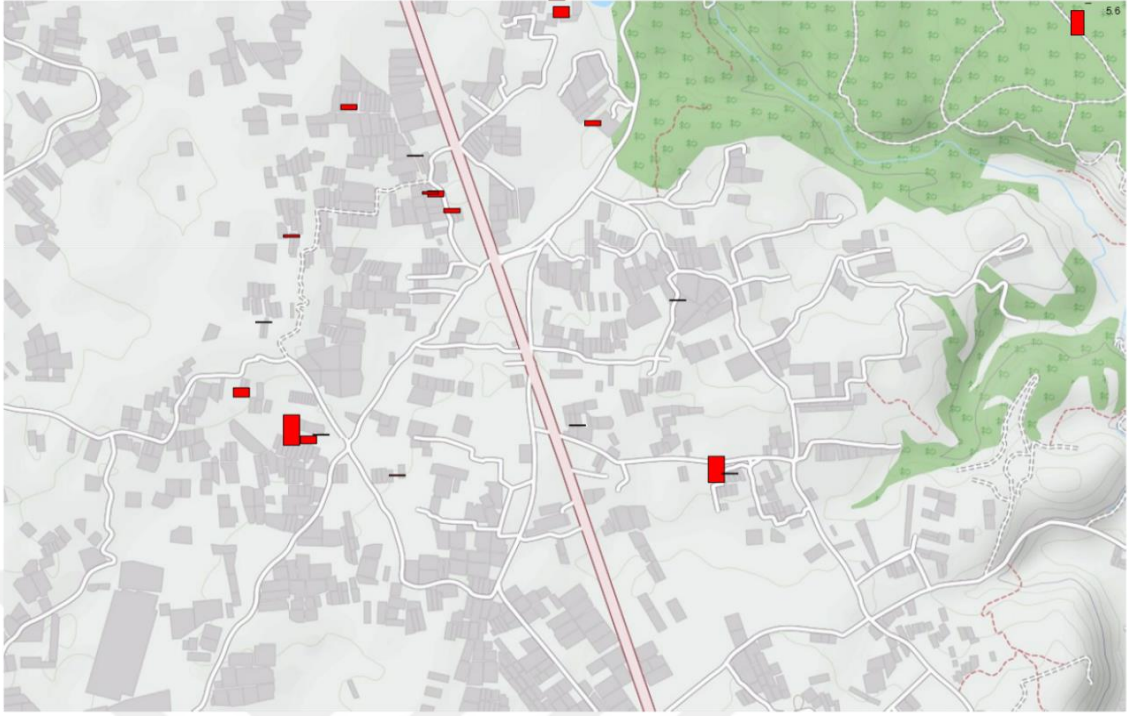
Şekil 4.16. Uçak emisyonları kaynaklı PAH'ların kış döneminde seralardaki dağılımı

4.8.3. Üçüncü faktör: kömür ve odun yanması

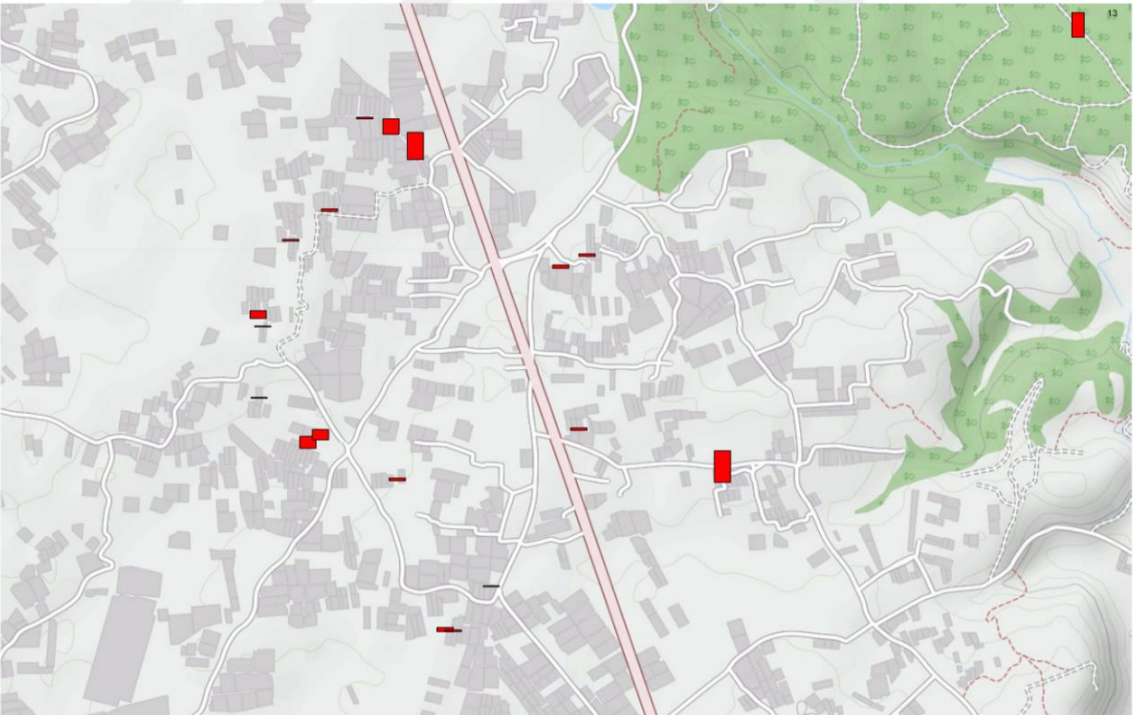
Şekil 4.17’de üçüncü faktörün kaynak profili ile PAH’ların faktörde açıklanan varyansları gösterilmiştir. Faktörde, Py, BaP, Flu’nun yaklaşık %30 ile %40’ı açıklanmıştır. Faktörde, AnP’nin, Phe’nin, An’nin ve BaA’nın %20’lik kütleleride açıklanmıştır. Literatüre göre, tipik bir kömür yanması profilinde, Flu, Py ve AnP bulunmaktadır (Y. Dumanoglu vd. 2017). Chr ise kok kömürü ve biyokütle yanmasının indikatörü olarak görülmektedir. An, Phe, Flu, Py ve Chr, odun yanması sonucu oluşan PAH’lardır. Dolayısıyla bu faktörün, kömür ve odun yanması sonucu oluştuğu düşünülmektedir. Örneklemin gerçekleştirildiği kış döneminde mevsim sıcaklıkları yüksek olduğu için çiftçilerin büyük bir kısmının kış döneminde herhangi bir yakıt kullanmadıkları gerçekleştirilen anket ile belirlenmiştir. Dolayısıyla kaynak katkılarına sonbahar ile kış dönemleri arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Kaynak katkılarının mevsimsel değişimi Şekil 4.19 ve Şekil 4.19’da gösterilmiştir. Seraların bu kaynağa olan katkılarının belirli bir bölgede yoğunlaşmadığı belirlenmiştir. Her ne kadar seracılık faaliyetleri doğrultusunda yakıt kullanılsada, bölgedeki evlerde oturanların, evsel yakıt kullanımının da bu faktörün oluşumunda pay sahibi olduğu düşünülmektedir. Bu faktör, modellenen kütlenin 12,40 ng/g’ını açıklamaktadır.



Şekil 4.17. Üçüncü faktörün profili ve PAH’ların açıklanan kütle yüzdesi



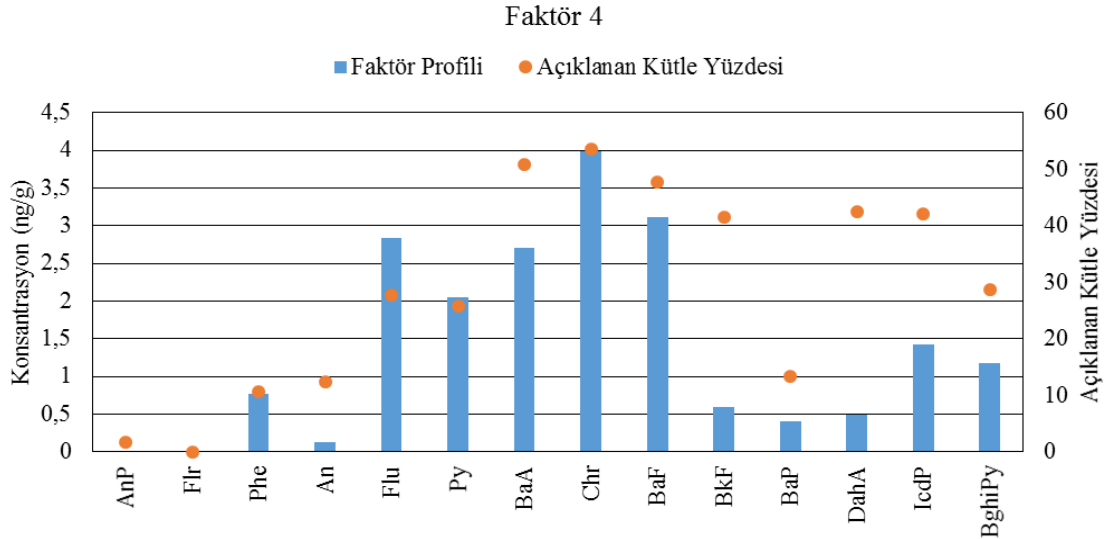
Şekil 4.18. Odun ve kömür yanması kaynaklı PAH'ların sonbahar döneminde seralardaki dağılımı



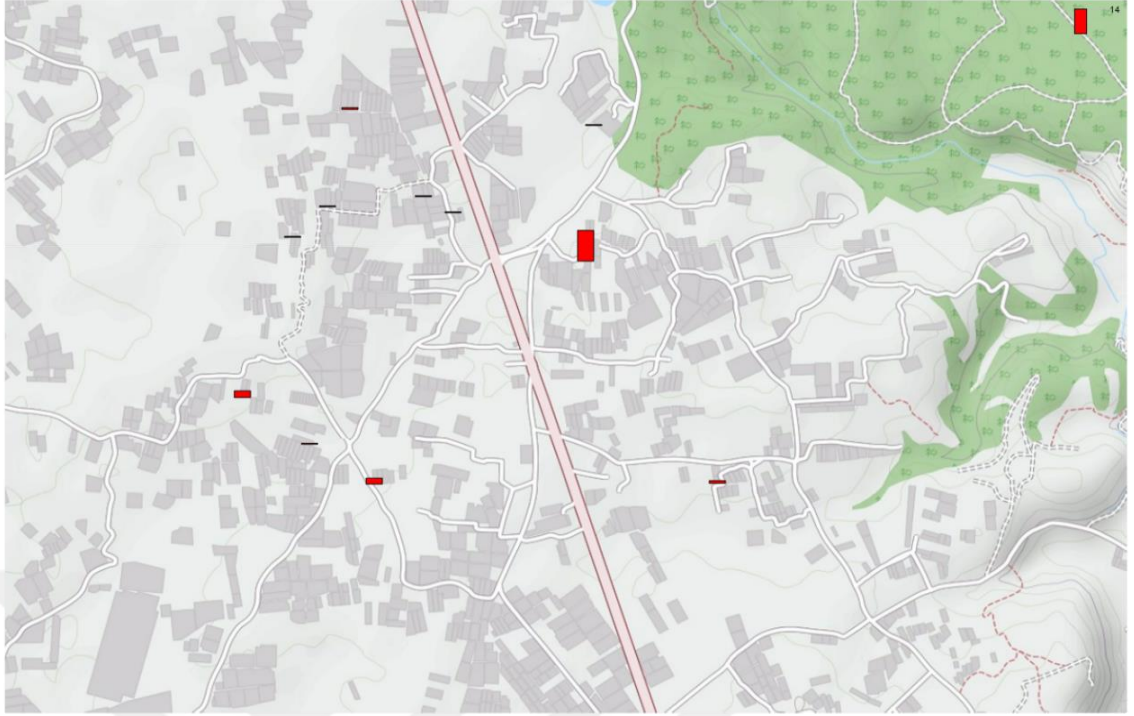
Şekil 4.19. Odun ve kömür yanması kaynaklı PAH'ların kış döneminde seralardaki dağılımı

4.8.4. Dördüncü faktör: dizel araç emisyonları

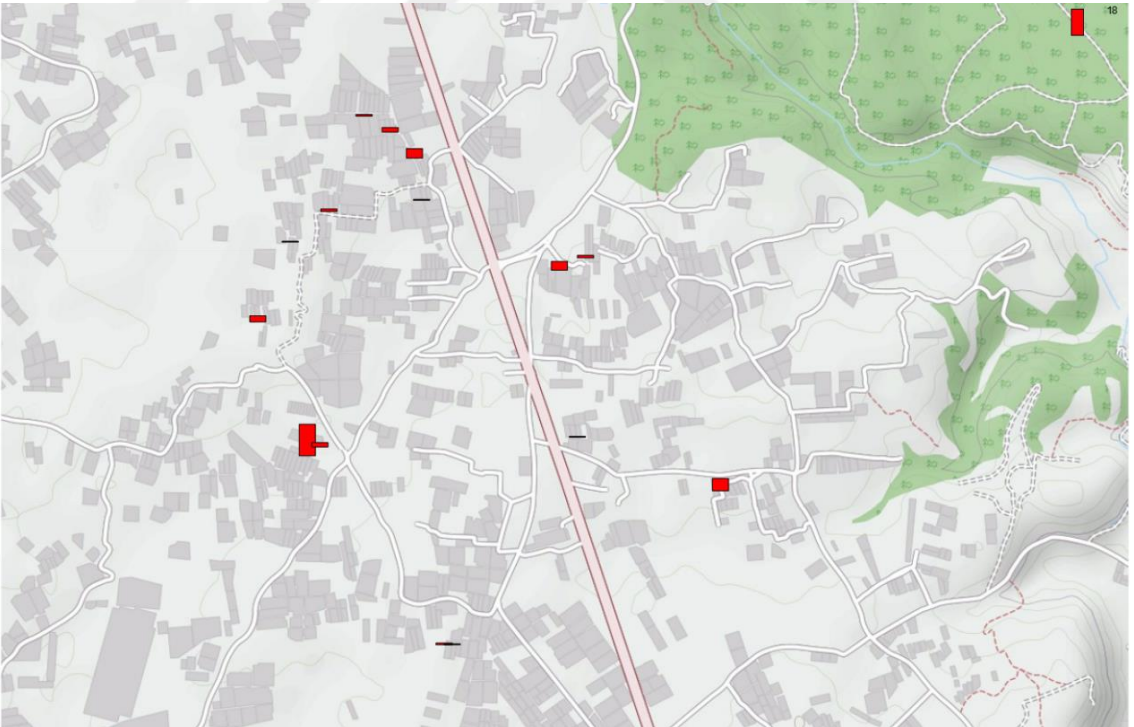
Dördüncü faktörün kaynak profili Şekil 4.20’de gösterilmiştir. Bu faktörde BaA, Chr ve BaF’nin yaklaşık %50’si ile BkF, DahA ve IcdP’nin %40’ı açıklanmıştır. Faktörde Flu, Py ve BghiPy %30 civarında açıklanmıştır. Birinci faktörde de açıklandığı gibi DahA, IcdP ve BghiPy motorlu taşıtlar tarafından salınmaktadır. Diğer motorlu taşıt indikatörleri olan BaA, BaF ve BkF’de bu faktöre belirgin katkı sunmaktadır. Dizel araçları benzinli araçlardan ayıran PAH’lar olan Chr ve Py bu faktörde gözlenmektedir. Dolayısıyla, bu faktör, dizel araç emisyonları sonucu salınan PAH’lar olduğu düşünülmektedir. Bu faktör, modellenen kütlenin 19,70 ng/g’ını açıklamaktadır. Kaynak katkılarının mevsimsel değişimi Şekil 4.21 ve 4.22’de gösterilmiştir. Bu faktörün, alansal katkı dağılımları incelendiğinde, batıda yer alan seralarda daha yoğun bir katkı olduğu gözlenmiştir. Bu faktör her ne kadar benzinli araçların emisyonları gibi, Antalya-Isparta yolunu kullanan araçlardan kaynaklı olsada, seracılık faaliyetleri için kullanılan dizel yakıtlı araçların emisyonlarının da faktörde etkili olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.20. Dördüncü faktörün profili ve PAH’ların açıklanan kütle yüzdesi



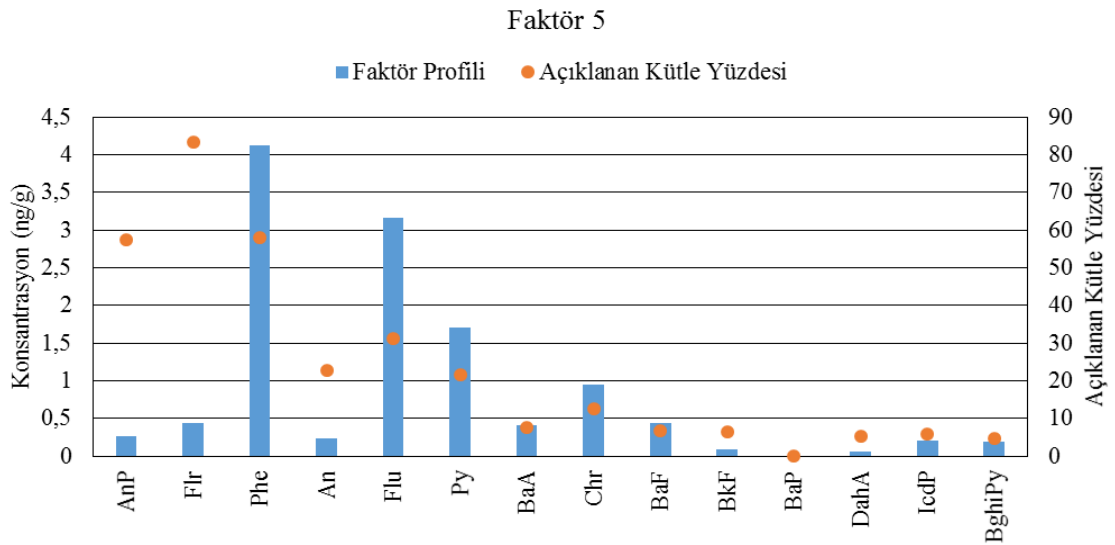
Şekil 4.21. Dizel araç emisyonları kaynaklı PAH'ların sonbahar döneminde seralardaki dağılımı



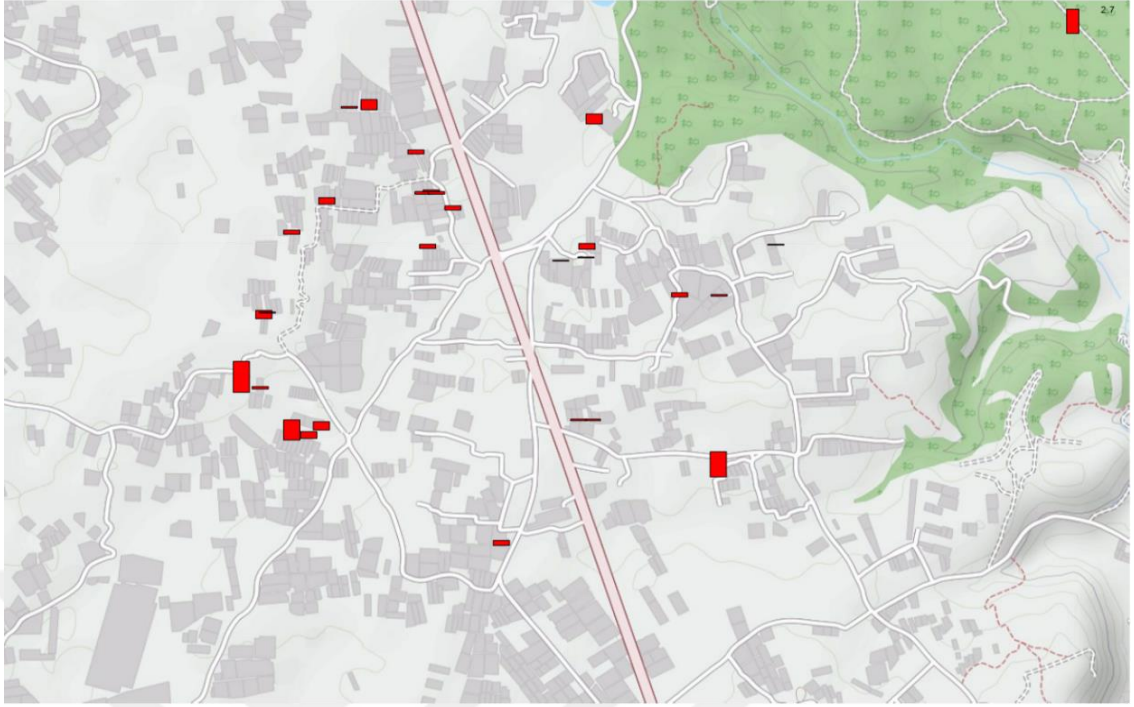
Şekil 4.22. Dizel araç emisyonları kaynaklı PAH'ların kış döneminde seralardaki dağılımı

4.8.5. Beşinci faktör: sera emisyonları

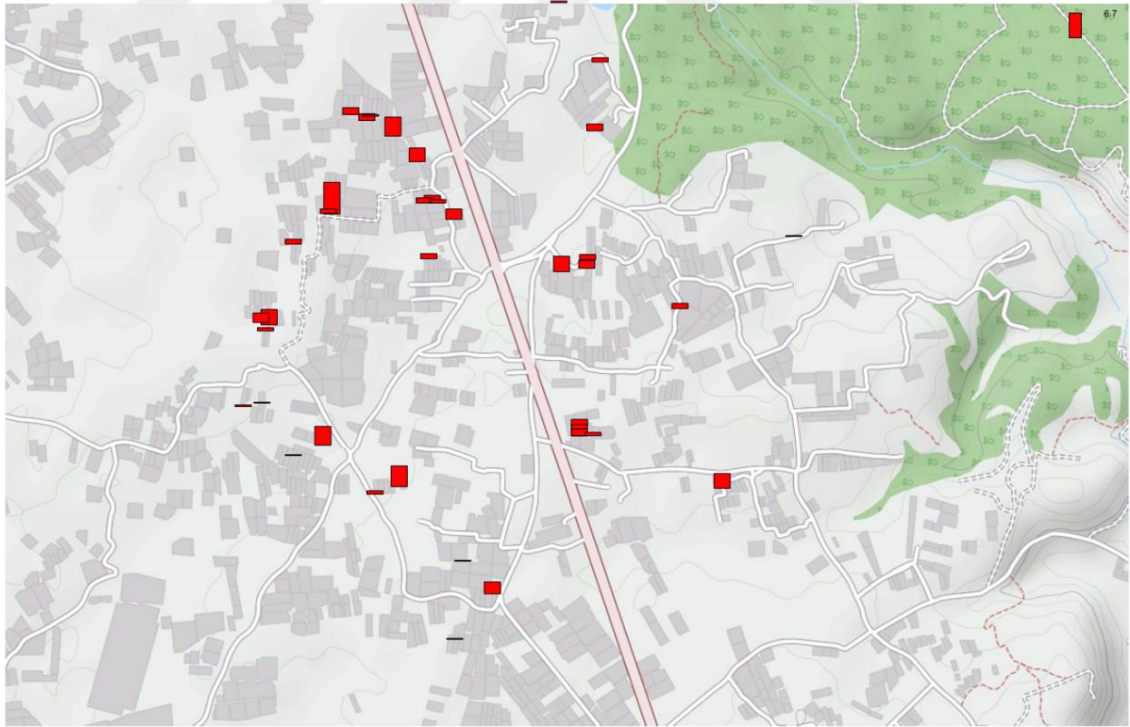
Son faktörün kaynak profili Şekil 4.23’de gösterilmiştir. Bu faktörde, Flr’nin yaklaşık %80’i, AnP ve Phe’nin yaklaşık %60’ı açıklanmıştır. Faktörde Flu, An ve Py’nin’de düşük derecede katkıları gözlenmektedir. Plastiklerde AnP ve Flr kullanılmaktadır. Boyalarda, AnP, An, Flu ve Flr kullanılmaktadır. Ayrıca, pestisitlerde Phe ve agrokimyasallarda Flu kullanılmaktadır (Abdel ve Massour, 2016). Genel olarak bakıldığında, tüm bu faaliyetler (seraların boyanması, seralarda pestisit, agrokimyasal kullanılması ve plastik bileşenlerin bulunması) sonucu salınan bileşikler bu faktörde yer almaktadır. Dolayısıyla, bu faktör, sera faaliyetleri sonucu oluşan emisyonlar olarak tanımlanmıştır. Sonbahar örnekleme ile kış örnekleme katkı haritaları Şekil 4.24 ve Şekil 4.25’de gösterilmiştir. Bu faktörde, mevsimlerin katkıları arasında istatistiksel farklılık olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.14). Bu farkın oluşmasının birkaç sebebi olduğu düşünülmektedir. Bunlardan ilki, sonbahar dönemindeki örneklemelemlerde, seracılık faaliyetlerinin yeni başlıyor olması, ikinci olarak, sonbahar döneminde havalar daha sıcak olduğu için seraların daha fazla havalandırılması ve dolayısıyla, sera içerisinde kirlilik birikiminin yaşanmadan dağılması ve son olarak, seracılık faaliyetleri neticesinde sera içerisinde kirlilik birikmesidir. Bu faktör, modellenen kütlenin 12,30 ng/g’ını açıklamaktadır.



Şekil 4.23. Dördüncü faktörün profili ve PAH’ların açıklanan kütle yüzdesi



Şekil 4.24. Sera emisyonları kaynaklı PAH'ların sonbahar döneminde seralardaki dağılımı



Şekil 4.25. Sera emisyonları kaynaklı PAH'ların kış döneminde seralardaki dağılımı

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada sonbahar ve kış olmak üzere iki farklı kampanyada 25 cam ve 25 plastik örtülü sera topraklarından, 5'er adet sera dışı topraklardan numuneler toplanmıştır. İki kampanya olarak toplamda 110 adet toprak numunesi alınmıştır. Toplanan örneklerden kalite kontrol güvencesini sağlamayan örnekler çıkarılmış, toplamda yaz kampanyası için 45, kış kampanyası için 50 sera toprak numunesi değerlendirmeye alınmıştır. Sera dışı toprak numuneleri için sonbahar kampanyasında 3, kış kampanyasında 5 toprak numunesi değerlendirilerek sonuçlarda dikkate alınmıştır.

Plastik seralar ile cam seralardaki PAH konsantrasyonlarının farklı mevsimsellerdeki değişimleri değerlendirilmiş ve bu seviyeler literatürde yapılan çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. Literatürde sera topraklarında yapılan sınırlı sayıda çalışma vardır. Bu çalışmaların büyük bir kısmı özellikle büyük endüstriyel faaliyetlere sahip, trafiğin ve nüfusun fazlaca olduğu Çin'de yapılmıştır. Bu çalışmalar ile karşılaştırıldığında bulunan sonuçların çok daha düşük konsantrasyonlarda olduğu görülmektedir. Türkiye'de yüksek endüstriyel faaliyetlerin gerçekleştirildiği alanlarda yapılmış çalışmalar ile karşılaştırıldığında, bulunan sonuçların bu alanlarda tespit edilen konsantrasyonlara daha yakın olduğu görülmektedir.

Kış ayında yapılan örneklemelerde elde edilen sonuçlar yaz ayı örnekleme sonuçlarına göre iki kat fazla olduğu görülmüştür. Genel olarak bu durum yaz aylarında buharlaşma daha fazla olduğu için PAH bileşikleri daha az gözlenmesine bağlanmıştır. Başka bir sebep, kış aylarında yüksek PAH seviyesi, toprağın organik tutma kapasitesinin yüksek olmasına bağlı olabileceği gibi seralarda kullanılan kimyasallardan da olabileceği düşünülmektedir.

Sera topraklarında PMF analizi ile PAH'ların kaynak tespiti yapılmış olup, 5 farklı kaynak belirlenmiştir. Seralarda PAH kontaminasyonuna sebep olan en büyük kaynak dizel araç emisyonlarıdır. Bunu sırasıyla sera emisyonları, kömür ve odun yanması, benzinli araç emisyonları ve jet yakıtı emisyonları izlemektedir.

Kirleticilerin ikili korelasyonu her iki dönemde ve cam ve plastik seralar için yapılmıştır. Korelasyon analizinde sonucunda 5 ve 6 halkalı PAH'ların birbirleriyle orta ve yüksek derecede korele olması kaynakların genel olarak aynı olduğunu ve bu PAH bileşiklerinin genel olarak kömür ve benzeri kok kaynaklarından salındığını göstermektedir. Sonbahar kampanyasında cam seralarda en düşük sayıda istatistiksel olarak anlamlı korelasyonlar gözlenmiş, kış kampanyasında cam seralarda ise en anlamlı korelasyonlar gözlenmiştir. Bu durum UV ışınlarının cam seralarda etkin olmasıyla 2, 3 ve 4 halkalı PAH bileşiklerinin giderimi ile toptaktan uzaklaştırılmasına ve 5, 6 halkalı PAH bileşiklerinin hem sonbahar hemde kış döneminde topraktan arıtılamamasına bağlanmıştır. Kış kampanyası sırasında 4, 5 ve 6 halkalı PAH bileşiklerinin, hem cam seralarda hemde plastik seralarda birbirleriyle yüksek korelasyonlara sahip olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışma, Türkiye'de sera topraklarında PAH kirleticilerinin, bu kirleticilerin kaynak ve seviyelerinin belirlenmesi adına bir örnek olarak Antalya bölgesi için bir veri kaynağı olmuştur. Çalışmada bölgedeki sera topraklarında PAH konsantrasyonları belirlenmiş ve PAH kontaminasyonuna sebep olan kaynak ve kirleticiler tespit edilmiştir.

Özellikle tespit edilen kaynaklara katkı sunan parametrelerin azaltılmasına yönelik farkındalık oluşturulmalıdır. Farklı bölgelerde de benzer çalışma diğer organik gruplar ve inorganik gruplarla birlikte ele alınmalı ve şehirdeki tarımsal faaliyetlerden kaynaklı PAH oluşumu ve diğer faaliyetler kaynaklı PAH maruziyeti en aza indirilmelidir.



6. KAYNAKLAR

- Abdel-Shafya, H.I., Mansour, M.S.M. 2016. A review on polycyclic aromatic hydrocarbons: Source, environmental impact, effect on human health and remediation. *Egyptian Journal of Petroleum*, 25(1): 107-123.
- ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) biologic exposure indices (BEI) Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 2005,
- Anonim 1: <http://spssistatistik.net/spss-korelasyon-analizi/> [Son erişim tarihi: 19.06.2019].
- ASTM D7263-09, Standard Test Methods for Laboratory Determination of Density (Unit Weight) of Soil Specimens,
- ATSDR, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 1995. Toxicological profile for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), Atlanta (GA): Department of Health and Human Services, Public Health Service, USA.
- Bach, P. B., Kelley, M. J., Tate, R. C. and McCrory, D. C. 2003. Screening for lung cancer - A review of the current literature. *Chest*, 123 (1): 72S-82S.
- Baek, S. O., Goldstone, M. E., Kirk, P. W. W., Lester, J. N. and Perry, R. 1991. Phase Distribution And Particle-Size Dependency Of Polycyclic Aromatic-Hydrocarbons In The Urban Atmosphere. *Chemosphere*, 22(5-6): 503-520.
- Baumard, P., Budzinski, H., Garrigues, P., Dizer, H. and Hansen, P. D. 1999. Polycyclic aromatic hydrocarbons in recent sediments and mussels (*Mytilus edulis*) from the Western Baltic Sea: occurrence, bioavailability and seasonal variations. *Marine Environmental Research*, 47 (1): 17-47.
- 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. *J Hazard Mater*, 153 (3): 1093-1102.
- Cetin, B. 2016. Investigation of PAHs, PCBs and PCNs in soils around a Heavily Industrialized Area in Kocaeli, Turkey: Concentrations, distributions, sources and toxicological effects. *Science of the Total Environment*, 560: 160-169.
- Cetin, B., Yurdakul, S., Keles, M., Celik, I., Ozturk, F. and Dogan, C. 2017. Atmospheric concentrations, distributions and air-soil exchange tendencies of PAHs and PCBs in a heavily industrialized area in Kocaeli, Turkey. *Chemosphere*, 183: 69-79.
- Chai, C., Cheng, Q., Wu, J., Zeng, L., Chen, Q., Zhu, X., Ma, D. and Ge, W. 2017. Contamination, source identification, and risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in the soils of vegetable greenhouses in Shandong, China. *Ecotoxicol Environ Saf*, 142: 181-188.
- Chai, C., Cheng, Q. Q., Wu, J., Zeng, L. S., Chen, Q. H., Zhu, X. W., Ma, D. and Ge, W. 2017. Contamination, source identification, and risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in the soils of vegetable greenhouses in Shandong, China. *Ecotoxicol Environ Saf*, 142: 181-188.
- Chen, S.-C. and Liao, C.-M. 2006. Health risk assessment on human exposed to environmental polycyclic aromatic hydrocarbons pollution sources. *Science of the Total Environment*, 366 (1): 112-123.
- Chung, M. K., Hu, R., Cheung, K. C. and Wong, M. H. 2007. Pollutants in Hong Kong soils: Polycyclic aromatic hydrocarbons. *Chemosphere*, 67(3): 464-473.

- Cody, T. E., Radike, M. J. and Warshawsky, D. 1984. The Phototoxicity Of Benzo A Pyrene In The Green-Alga *Selenastrum-Capricornutum*. *Environ Res*, 35(1): 122-132.
- Devi, N. L., Yadav, I. C., Qi, S. H., Dan, Y., Zhang, G. and Raha, P. 2016. Environmental carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons in soil from Himalayas, India: Implications for spatial distribution, sources apportionment and risk assessment. *Chemosphere*, 144: 493-502.
- Diggs, D. L., Harris, K. L., Rekhadevi, P. V. and Ramesh, A. 2012. Tumor microsomal metabolism of the food toxicant, benzo(a)pyrene, in Apc (Min) mouse model of colon cancer. *Tumor Biology*, 33(4): 1255-1260.
- dos Santos, M. M., Brehm, F. D., Filipppe, T. C., Reichert, G. and de Azevedo, J. C. R. 2017. PAHs diagnostic ratios for the distinction of petrogenic and pyrogenic sources: applicability in the Upper Iguassu Watershed - Parana, Brazil. *Rbrh-Revista Brasileira De Recursos Hidricos*, 22.
- Dumanoglu, Y., Gaga, E. O., Gungormus, E., Sofuoglu, S. C. and Odabasi, M. 2017. Spatial and seasonal variations, sources, air-soil exchange, and carcinogenic risk assessment for PAHs and PCBs in air and soil of Kutahya, Turkey, the province of thermal power plants. *Sci Total Environ*, 580: 920-935.
- Dumanoglu, Y., Gaga, E. O., Gungormus, E., Sofuoglu, S. C. and Odabasi, M. 2017. Spatial and seasonal variations, sources, air-soil exchange, and carcinogenic risk assessment for PAHs and PCBs in air and soil of Kutahya, Turkey, the province of thermal power plants. *Science of the Total Environment*, 580: 920-935.
- Eker, G. 2017. Spatial variations of polycyclic aromatic hydrocarbons (pahs) concentrations in olive grove area soils in Bursa. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 32(2): 607-616.
- Esen, F., Tasdemir, Y. and 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(3-4): 243-255.
- European Commission. 2001. Ambient air pollution by Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH). Position Paper. July.
- Fernandez, P., Vilanova, R. M. and Grimalt, J. O. 1999. Sediment fluxes of polycyclic aromatic hydrocarbons in European high altitude mountain lakes. *Environ Sci Technol*, 33(21): 3716-3722.
- Fu, J. M., et al. 2003. Persistent organic pollutants in environment of the Pearl River Delta, China: an overview. *Chemosphere*, 52(9): 1411-1422.
- Gan, S., Lau, E. V. and Ng, H. K. 2009. Remediation of soils contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). *J Hazard Mater*, 172(2-3): 532-549.
- Garban, B., Blanchoud, H., Motelay-Massei, A., Chevreuil, M. and Ollivon, D. 2002. Atmospheric bulk deposition of PAHs onto France: trends from urban to remote sites. *Atmospheric Environment*, 36(34): 5395-5403.
- Guerra, R. 2012. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, Polychlorinated Biphenyls and Trace Metals in Sediments from a Coastal Lagoon (Northern Adriatic, Italy). *Water Air and Soil Pollution*, 223(1): 85-98.
- Hanedar, A., Gunes, E., Kaykioglu, G., Celik, S. O. and Cabi, E. 2019. Presence and distributions of POPS in soil, atmospheric deposition, and bioindicator samples in an industrial-agricultural area in Turkey. *Environ Monit Assess*, 191(1).

- Haney, R. L. and Haney, E. B. 2010. Simple and Rapid Laboratory Method for Rewetting Dry Soil for Incubations. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 41(12): 1493-1501.
- Harrison, R. M., Smith, D. J. T. and Luhana, L. 1996. Source apportionment of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons collected from an urban location in Birmingham, UK. *Environ Sci Technol*, 30(3): 825-832.
- Heemken, O. P., Stachel, B., Theobald, N. and Wenclawiak, B. W. 2000. Temporal variability of organic micropollutants in suspended particulate matter of the River Elbe at Hamburg and the River Mulde at Dessau, Germany. *Arch Environ Contam Toxicol*, 38(1): 11-31.
- Henner, P., Schiavon, M., Druelle, V. and Lichtfouse, E. 1999. Phytotoxicity of ancient gaswork soils. Effect of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) on plant germination. *Organic Geochemistry*, 30(8B): 963-969.
- Henner, P., Schiavon, M., Morel, J. L. and Lichtfouse, E. 1997. Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) occurrence and remediation methods. *Analisis*, 25(9-10): M56-M59.
- Indeka, L., Karaczun, Z. and Obidoska, G. 2009. Soil concentration of selected polycyclic aromatic hydrocarbons around the Petrochemical Plant in Płock in 1987–2006. *Annals of Warsaw University of Life Sciences*, 41: 11–17.
- Janini, G. M., Muschik, G. M., Schroer, J. A. and Zielinski, W. L. 1976. Gas-liquid-chromatographic evaluation and gas-chromatography mass spectrometric application of new high-temperature liquid-crystal stationary phases for polycyclic aromatic hydrocarbon separations. *Analytical Chemistry*, 48(13): 1879-1883.
- Jaward, F. M., Alegria, H. A., Galindo Reyes, J. G. and Hoare, A. 2012. Levels of PAHs in the Waters, Sediments, and Shrimps of Estero de Urias, an Estuary in Mexico, and Their Toxicological Effects. *Scientific World Journal*.
- Jin, A., He, J., Chen, S. and Huang, G. 2014. Distribution and transport of PAHs in soil profiles of different water irrigation areas in Beijing, China. *Environmental Science-Processes & Impacts*, 16(6): 1526-1534.
- Jin, A. F., He, J. T., Chen, S. N. and Huang, G. X. 2014. Distribution and transport of PAHs in soil profiles of different water irrigation areas in Beijing, China. *Environmental Science-Processes & Impacts*, 16(6): 1526-1534.
- Johnsen, A. R. and Karlson, U. 2007. Diffuse PAH contamination of surface soils: environmental occurrence, bioavailability, and microbial degradation. *Appl Microbiol Biotechnol*, 76(3): 533-543.
- Jonsson, S., Persson, Y., Frankki, S., van Bavel, B., Lundstedt, S., Haglund, P. and Tysklind, M. 2007. Degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in contaminated soils by Fenton's reagent: A multivariate evaluation of the importance of soil characteristics and PAH properties. *J Hazard Mater*, 149(1): 86-96.
- Karaca, G. 2016. Spatial Distribution of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) Concentrations in Soils from Bursa, Turkey. *Arch Environ Contam Toxicol*, 70(2): 406-417.
- Katz, M., Chan, C., Tosine, H. and Sakuma, T. 1979. In: Jones, P.W., Leber, P. (Eds.), Polynuclear Aromatic Hydrocarbons. Ann Arbor Science Publs., Ann Arbor, MI.

- Kaya, E., Dumanoglu, Y., Kara, M., Altioek, H., Bayram, A., Elbir, T. and Odabasi, M. 2012. Spatial and temporal variation and air-soil exchange of atmospheric PAHs and PCBs in an industrial region. *Atmospheric Pollution Research*, 3(4): 435-449.
- Keyte, I. J., Harrison, R. M. and Lammel, G. 2013. Chemical reactivity and long-range transport potential of polycyclic aromatic hydrocarbons - a review. *Chemical Society Reviews*, 42(24): 9333-9391.
- Khaiwal, R., E., W. and R., V. G. 2007. Spatial and temporal variations in particulate polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) levels over Menen (Belgium) and their relation with air mass trajectories. In: Borrego, C., et al. (Eds.), *Air Pollution Modeling and its Application XVIII Developments in Environmental Sciences Series*, Elsevier, Amsterdam.6, pp. 838–841.
- Khaiwal, R., Ranjeet, S. and Rene, V. G. 2008. Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: Source attribution, emission factors and regulation. *Atmospheric Environment*, 42(13): 2895-2921.
- Khalili, N. R., Scheff, P. A. and Holsen, T. M. 1995. Pah source fingerprints for coke ovens, diesel and gasoline-engines, highway tunnels, and wood combustion emissions. *Atmospheric Environment*, 29(4): 533-542.
- Khan, S., Aijun, L., Zhang, S., Hu, Q. and Zhu, Y.-G. 2008. Accumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals in lettuce grown in the soils contaminated with long-term wastewater irrigation. *J Hazard Mater*, 152(2): 506-515.
- Kim, K.-H., Jahan, S. A., Kabir, E. and Brown, R. J. C. 2013. A review of airborne polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and their human health effects. *Environ Int*, 60: 71-80.
- Kim, S.-K., Lee, D. S., Shim, W. J., Yim, U. H. and Shin, Y.-S. 2009. Interrelationship of Pyrogenic Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) Contamination in Different Environmental Media. *Sensors (Basel)*, 9(12): 9582-9602.
- Larsen, R. K. and Baker, J. E. 2003. Source apportionment of polycyclic aromatic hydrocarbons in the urban atmosphere: A comparison of three methods. *Environ Sci Technol*, 37(9): 1873-1881.
- Ma, L. L., Chu, S. G. and Xu, X. B. 2003. Organic contamination in the greenhouse soils from Beijing suburbs, China. *Journal of Environmental Monitoring*, 5(5): 786-790.
- Marr, L. C., Kirchstetter, T. W., Harley, R. A., Miguel, A. H., Hering, S. V. and Hammond, S. K. 1999. Characterization of polycyclic aromatic hydrocarbons in motor vehicle fuels and exhaust emissions. *Environ Sci Technol*, 33(18): 3091-3099.
- Masood, N., et al. 2016. Anthropogenic waste indicators (AWIs), particularly PAHs and LABs, in Malaysian sediments: Application of aquatic environment for identifying anthropogenic pollution. *Mar Pollut Bull*, 102(1): 160-175.
- Miguel, A. H., Kirchstetter, T. W., Harley, R. A. and Hering, S. V. 1998. On-road emissions of particulate polycyclic aromatic hydrocarbons and black carbon from gasoline and diesel vehicles. *Environ Sci Technol*, 32(4): 450-455.
- Motelay-Massei, A., Ollivon, D., Garban, B., Tiphagne-Larcher, K., Zimmerlin, I. and Chevreuil, M. 2007. PAHs in the bulk atmospheric deposition of the Seine river basin: Source identification and apportionment by ratios, multivariate statistical techniques and scanning electron microscopy. *Chemosphere*, 67(2): 312-321.

- Mouhri, A., Motelay-massei, A., Massei, N., Fournier, M. and Laignel, B. 2008. Polycyclic aromatic hydrocarbon transport processes on the scale of a flood event in the rural watershed of Le Bec, France. *Chemosphere*, 73(4): 443-450.
- Nakamura, M., Nakamura, M. and Yamada, S. 1996. Conditions for solid-phase extraction of agricultural chemicals in waters by using n-octanol-water partition coefficients. *Analyst*, 121(4): 469-475.
- Neary, K. and Boving, T. B. 2011. The fate of the aqueous phase polycyclic aromatic hydrocarbon fraction in a detention pond system. *Environ Pollut*, 159(10): 2882-2890.
- Odabasi, M., Falay, E. O., Tuna, G., Altioek, H., Kara, M., Dumanoglu, Y., Bayram, A., Tolunay, D. and Elbir, T. 2015. Biomonitoring the Spatial and Historical Variations of Persistent Organic Pollutants (POPs) in an Industrial Region. *Environ Sci Technol*, 49(4): 2105-2114.
- Palm, A., Cousins, I., Gustafsson, O., Axelman, J., Grunder, K., Broman, D. and Brorstrom-Lunden, E. 2004. Evaluation of sequentially-coupled POP fluxes estimated from simultaneous measurements in multiple compartments of an air-water-sediment system. *Environ Pollut*, 128(1-2): 85-97.
- Pena, M. T., Casais, M. C., Mejuto, M. C. and Cela, R. 2007. Optimization of the matrix solid-phase dispersion sample preparation procedure for analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in soils: Comparison with microwave-assisted extraction. *Journal of Chromatography A*, 1165(1-2): 32-38.
- Perraudin, E., Budzinski, H. and Villenave, E. 2007. Kinetic study of the reactions of ozone with polycyclic aromatic hydrocarbons adsorbed on atmospheric model particles. *Journal of Atmospheric Chemistry*, 56(1): 57-82.
- Plaza-Bolanos, P., Antonio Padilla-Sanchez, J., Garrido-Frenich, A., Romero-Gonzalez, R. and Martinez-Vidal, J. L. 2012. Evaluation of soil contamination in intensive agricultural areas by pesticides and organic pollutants: south-eastern Spain as a case study. *Journal of Environmental Monitoring*, 14(4): 1182-1189.
- Plaza-Bolanos, P., Padilla-Sanchez, J. A., Garrido-Frenich, A., Romero-Gonzalez, R. and Martinez-Vidal, J. L. 2012. Evaluation of soil contamination in intensive agricultural areas by pesticides and organic pollutants: south-eastern Spain as a case study. *Journal of Environmental Monitoring*, 14(4): 1182-1189.
- Ravindra, K., Bencs, L., Wauters, E., de Hoog, J., Deutsch, F., Roekens, E., Bleux, N., Berghmans, P. and Van Grieken, R. 2006. Seasonal and site-specific variation in vapour and aerosol phase PAHs over Flanders (Belgium) and their relation with anthropogenic activities. *Atmospheric Environment*, 40(4): 771-785.
- Ravindra, K., Sokhi, R. and Van Grieken, R. 2008. Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: Source attribution, emission factors and regulation. *Atmospheric Environment*, 42(13): 2895-2921.
- Ravindra, K., Sokhi, R. and Vangrieken, R. 2008. Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: Source attribution, emission factors and regulation. *Atmospheric Environment*, 42(13): 2895-2921.
- Rogge, W. F., Hildemann, L. M., Mazurek, M. A., Cass, G. R. and Simoneit, B. R. T. 1993. Sources of fine organic aerosol .2. noncatalyst and catalyst-equipped automobiles and heavy-duty diesel trucks. *Environ Sci Technol*, 27(4): 636-651.
- Sharma, H., Jain, V. K. and Khan, Z. H. 2008. Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the urban air of Delhi during 2003. *Environ Monit Assess*, 147(1-3): 43-55.

- Shen, H., et al. 2013. Global Atmospheric Emissions of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons from 1960 to 2008 and Future Predictions. *Environ Sci Technol*, 47(12): 6415-6424.
- Simcik, M. F., Eisenreich, S. J. and Liou, P. J. 1999. Source apportionment and source/sink relationships of PAHs in the coastal atmosphere of Chicago and Lake Michigan. *Atmospheric Environment*, 33(30): 5071-5079.
- Simoneit, B. R. T. 2002. Biomass burning - A review of organic tracers for smoke from incomplete combustion. *Applied Geochemistry*, 17(3): 129-162.
- Smith, d. j. t., Harrison, R. M. and Obidoska, G. 1998. Polycyclic aromatic hydrocarbons in atmospheric particles. In: Harrison, R. and Van Grieken, R. (Eds), *Atmospheric Particles. IUPAC Series on Analytical and Physical Chemistry of Environmental Systems*, England, pp. 253-294.
- Souza Brito, E. M., Reis Vieira, E. D., Machado Torres, J. P. and Malm, O. 2005. Persistent organic pollutants in two reservoirs along the Paraiba do Sul-Guandu River system, Rio de Janeiro, Brazil. *Quimica Nova*, 28(6): 941-946.
- Stein, S. E. and Brown, R. L. 1987. P₁-electron properties of large condensed polyaromatic hydrocarbons. *Journal of the American Chemical Society*, 109(12): 3721-3729.
- Subramanyam, V., Valsaraj, K. T., Thibodeaux, L. J. and Reible, D. D. 1994. Gas-to-particle partitioning of polycyclic aromatic-hydrocarbons in an urban atmosphere. *Atmospheric Environment*, 28(19): 3083-3091.
- Tremblay, L., Kohl, S. D., Rice, J. A. and Gagne, J. P. 2005. Effects of temperature, salinity, and dissolved humic substances on the sorption of polycyclic aromatic hydrocarbons to estuarine particles. *Marine Chemistry*, 96(1-2): 21-34.
- Unwin, J., Cocker, J., Scobbie, E. and Chambers, H. 2006. An assessment of occupational exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in the UK. *Annals of Occupational Hygiene*, 50(4): 395-403.
- VanJaarsveld, J. A., VanPul, W. A. J. and DeLeeuw, F. 1997. Modelling transport and deposition of persistent organic pollutants in the European region. *Atmospheric Environment*, 31(7): 1011-1024.
- Venny, Gan, S. and Ng, N. K. 2012. Current status and prospects of Fenton oxidation for the decontamination of persistent organic pollutants (POPs) in soils. *Chemical Engineering Journal*, 213, 295-317.
- Wang, S., Ni, H.-G., Sun, J.-L., Jing, X., He, J.-S. and Zeng, H. 2013. Polycyclic aromatic hydrocarbons in soils from the Tibetan Plateau, China: distribution and influence of environmental factors. *Environmental Science-Processes & Impacts*, 15(3): 661-667.
- Wild, S. R. and Jones, K. C. 1995. Polynuclear aromatic-hydrocarbons in the united-kingdom environment - a preliminary source inventory and budget. *Environ Pollut*, 88(1): 91-108.
- Xu, S. Y., Chen, Y. X., Lin, K. F., Chen, X. C., Lin, Q., Li, F. and Wang, Z. W. 2009. Removal of Pyrene from Contaminated Soils by White Clover. *Pedosphere*, 19(2): 265-272.
- Zhang, Z. L., Hong, H. S., Zhou, J. L. and Yu, G. 2004. Phase association of polycyclic aromatic hydrocarbons in the Minjiang River Estuary, China. *Science of the Total Environment*, 323(1-3): 71-86.
- Zhou, J. L., Siddiqui, E., Ngo, H. H. and Guo, W. 2014. Estimation of uncertainty in the sampling and analysis of polychlorinated biphenyls and polycyclic aromatic

hydrocarbons from contaminated soil in Brighton, UK. *Science of the Total Environment*, 497: 163-171.



7. EKLER

Çizelge Ek. 1. Numune alınan seraların özellikleri

Numune No	Örtü Malzemesi	Örtü Malzemesi Yaşı	Sera Isıtma Metodu	Sulama Metodu	Havalandırma Metodu	Ekin Sıklığı	Kimyasal İlaç Kullanımı
1	Plastik	2 yıl	*	sondaj	Yandan ve üstten	Tek ekim	✓
2	Plastik	2 yıl	*	sondaj	Yandan ve üstten	Tek ekim	✓
3	Plastik	2 yıl	*	sondaj	Yandan ve üstten	Tek ekim	✓
4	Plastik	2 yıl	*	sondaj	Yandan ve üstten	Tek ekim	✓
5	Plastik	7 yıl	Kömür	Sondaj/ damlama	Üstten	Çift ekim	✓
7	Cam	10 yıl	Kömür	Sondaj/ damlama	Yandan	Çift ekim	-
9	Plastik	1 yıl	Kömür	Sondaj/ damlama	Üstten	Çift ekim	✓
10	Plastik	3-4 yıl	Kömür	Sondaj/ damlama	Üstten	Çift ekim	✓
11	Plastik	3-4 yıl	Kömür	Sondaj/ damlama	Üstten	Çift ekim	✓
12	Plastik	3-4 yıl	Kömür	Sondaj/ damlama	Üstten	Çift ekim	✓
13	Plastik	4-5 yıl	Kömür	Sondaj/ damlama	Yandan	Tek ekim	✓
14	Plastik	*	*	*	*	*	-
15	Plastik	*	*	*	*	*	-
16	Plastik	5 yıl	Kömür	Sondaj/ damlama	Yandan	Çift ekim	-
17	Plastik	-	*	*	*	*	-
18	Plastik	3-4 yıl	Kömür	Sondaj/ damlama	Üstten	Çift ekim	-
19	Plastik	*	*	*	*	*	-
20	Plastik	*	*	*	*	*	-
21	Plastik	6 yıl	Kömür	Sondaj/ damlama	Üstten	Çift ekim	-
22	Plastik	10 gün	*	*	Yandan	*	-
23	Cam	*	Kömür	Sondaj/ damlama	Yandan	Çift ekim	-
25	Cam	32 yıl	Kömür	Sondaj/ damlama-sulama	Yandan	Çift ekim	-
26	Cam	27 yıl	Odun	Sondaj/ damlama	Yandan	Çift ekim	-
27	Cam	15-16 yıl	Kömür	Sondaj/ damlama	*	Çift ekim	✓
28	Cam	15-16 yıl	Kömür	Sondaj/ damlama	*	Çift ekim	✓
29	Plastik	5-6 yıl	Kömür	*	Yandan	Çift ekim	-

“-””: kullanılmıyor; “*”: belirsiz; “✓”: kullanılıyor

Çizelge Ek. 1.'in devamı

Numune No	Örtü Malzemesi	Örtü Malzemesi Yaşı	Sera Isıtma Metodu	Sulama Metodu	Havalandırma Metodu	Ekin Sıklığı	Kimyasal İlaç Kullanımı
30	Cam	15-16 yıl	*	*	*	Çift ekim	✓
31	Plastik	3 yıl	*	*	*	Çift ekim	✓
32	Cam	1,5 yıl	Odun	Sondaj/ damlama	Yandan	Tek ekim	✓
33	Cam	27 yıl	Kömür	Sondaj/ damlama	Yandan	*	✓
34	Cam	27 yıl	Kömür	Sondaj/ damlama	Yandan	*	✓
35	Plastik	3 Ay	Kömür	Sondaj/ damlama	Yandan	Tek ekim	✓
36	Plastik	3 Ay	Kömür	Sondaj/ damlama	Yandan	Çift ekim	✓
38	Plastik	3 Ay	Kömür	Sondaj/ damlama	Yandan	Çift ekim	✓
39	Cam	3 Ay	Kömür	Sondaj/ damlama	Yandan	Çift ekim	✓
40	Cam	17 yıl	Kömür	Sondaj/ damlama	Yandan	Çift ekim	✓
42	Plastik	3 yıl	Kömür	Sondaj/ damlama	Yandan	Çift ekim	✓
43	Cam	23 yıl	Kömür	Sondaj/ damlama	Yandan	Tek ekim	-
44	Cam	23 yıl	Kömür	Sondaj/ damlama	Yandan	Tek ekim	-
45	Cam	30 yıl	Odun	Sondaj/ damlama	Yandan	Çift ekim	✓
47	Cam	24 yıl	Odun	Sondaj/ damlama	Yandan	Çift ekim	✓
48	Cam	23 yıl	Kömür	Sondaj/ damlama	Yandan	Çift ekim	✓
49	Cam	23 yıl	Kömür	Sondaj/ damlama	Yandan	Çift ekim	✓
50	Cam	21 yıl	Kömür	Damlama/sulama	Yandan	Tek ekim	✓
51	Cam	20 yıl	Kömür	Sondaj/ damlama	Yandan	Çift ekim	✓
52	Cam	20 yıl	Kömür	Sondaj/ damlama	Yandan	Çift ekim	✓
53	Cam	20 yıl	Kömür	Sondaj/ damlama	Yandan	Çift ekim	✓
54	Cam	26 yıl	Kömür	Sondaj/ damlama	Yandan	Tek ekim	✓
55	Cam	22 yıl	Kömür	Sondaj/ damlama	Yandan	Tek ekim	✓
56	Cam	25 yıl	Odun	Sondaj/ damlama	Yandan	Çift ekim	-

“-”: kullanılmıyor; “*”: belirsiz; “✓”: kullanılıyor

Çizelge Ek. 2. Toprak numunelerinde ph ve iletkenlik ölçüm sonuçları

Numune No	İletkenlik (µs/cm)	Ph	Numune No	İletkenlik (µs/cm)	Ph
1	1710	6,5	32	711	7,93
2	1261	7,4	33	861	8
3	1136	7,38	34	607	8
4	1222	7,5	35	1622	7,8
5	1503	7,67	36	760	7,93
7	635	7,8	38	681	7,95
9	982	7,73	39	1802	7,8
10	740	7,63	40	700	7,07
11	1770	7,5	42	1076	7,07
12	1604	7,7	43	1214	7,14
13	813	7,65	44	812	7,6
14	749	7,76	45	506	7,71
15	1440	7,75	47	572	7,75
16	110,7	7,85	48	576	7,56
17	1987	7,75	49	301	7,65
18	225	8,15	50	483	7,56
19	481	8	51	927	7,29
20	611	7,95	52	801	7,38
21	961	7,9	53	2047	7,3
22	628	7,65	54	334	7,29
23	881	7,65	55	803	7,44
25	556	7,85	56	431	7,49
26	1228	7,85	Ref 1	159,4	7,44
27	869	7,94	Ref 2	705	7,01
28	1189	7,96	Ref 3	251	8,1
29	515	8	Ref 4	218,3	7,35
30	2,36	7,68	Ref 5	240	7,52
31	256	8,15			

Çizelge Ek. 3. Porozite deneyi sonuçları

Numune No	105 °C Sonrası Dara (gr)	Kroze + Numune (gr)	Numune Miktarı (gr)	Hacim (cm/m ³)	Etüv Sonrası Kuru Toprak Ağırlığı (gr)	Hacim Ağırlığı (g/cm ³)	Porozite (%)
1	30,73	46,37	48,39	20	15,63	0,78	70,50
2	34,32	57,02	58,40	19	22,70	1,19	54,90
3	52,83	68,68	70,88	18	15,84	0,88	66,77
4	35,63	54,75	56,72	18	19,12	1,06	59,91
5	35,75	57,05	59,48	20	21,30	1,06	59,79
7	33,74	57,87	56,88	20	24,12	1,20	54,48
9	45,75	64,76	66,44	20	19,01	0,95	64,12
10	34,41	53,3	54,34	20	18,94	0,94	64,26
11	29,55	50,88	52,79	20	21,33	1,06	59,74
12	54,42	74,08	75,54	20	19,65	0,98	62,90
13	33,58	50,21	52,39	20	16,63	0,83	68,62
14	47,32	67,51	69,89	20	20,18	1,00	61,91
15	43,83	62,51	64,06	20	18,68	0,93	64,74
16	52,67	68,40	70,70	20	15,72	0,78	70,32
17	35,53	50,68	53,15	20	15,15	0,75	71,40
18	46,36	67,33	69,65	20	20,97	1,04	60,43
19	36,12	52,59	54,96	20	16,46	0,82	68,93
20	52,18	73,40	74,36	20	21,22	1,06	59,95
21	56,76	72,79	75,15	20	16,03	0,80	69,74
22	48,73	66,82	69,65	20	18,09	0,90	65,85
23	31,86	51,47	52,78	20	19,60	0,98	63,01
25	36,71	54,23	55,91	20	17,52	0,87	66,94
26	33,09	50,53	52,17	20	17,44	0,87	67,09
27	49,65	66,71	69,40	20	17,05	0,85	67,82
28	34,04	55,61	56,10	20	21,56	1,07	59,30
29	52,32	66,66	69,46	20	14,34	0,71	72,93
30	52,32	65,54	64,49	20	13,21	0,66	75,06
31	48,38	65,21	68,01	20	16,83	0,84	68,24
32	51,12	70,18	72,23	20	19,05	0,95	64,04
33	47,77	65,88	67,78	20	18,10	0,90	65,83
34	31,50	48,20	50,49	20	16,70	0,83	68,48
35	38,38	55,13	59,74	20	16,75	0,83	68,38

Çizelge Ek. 3.' ün devamı

Numune No	105 °C Sonrası Dara (gr)	Kroze + Numune (gr)	Numune Miktarı (gr)	Hacim (cm/m ³)	Etüv Sonrası Kuru Toprak Ağırlığı (gr)	Hacim Ağırlığı (g/cm ³)	Porozite (%)
36	54,19	71,26	73,33	20	17,07	0,85	67,78
38	34,24	53,19	54,98	20	18,94	0,94	64,24
39	52,77	73,45	74,55	20	20,67	1,03	60,98
40	35,53	54,55	57,25	20	19,02	0,95	64,09
42	52,77	67,99	69,87	20	15,21	0,76	71,28
43	42,85	64,99	66,81	20	22,14	1,10	58,22
44	51,35	70,91	71,70	20	19,56	0,97	63,09
45	33,34	47,67	49,86	20	14,33	0,71	72,96
47	47,20	62,63	64,59	20	15,43	0,77	70,88
48	47,38	66,44	68,09	20	19,06	0,95	64,03
49	36,62	52,43	54,06	20	15,81	0,79	70,16
50	54,36	69,15	71,62	20	14,78	0,73	72,09
51	35,56	53,42	54,57	20	17,85	0,89	66,30
52	29,00	47,04	48,83	20	18,04	0,90	65,95
53	48,69	67,39	68,92	20	18,70	0,93	64,71
54	49,99	68,44	69,45	20	18,45	0,92	65,18
55	36,9	55,29	56,46	20	18,32	0,91	65,43
56	30,96	45,44	47,70	20	14,47	0,72	72,68
Ref 1	34,07	56,03	57,09	20	21,96	1,09	58,56
Ref 2	56,67	73,19	73,36	20	16,52	0,82	68,82
Ref 3	34,26	55,83	56,56	20	21,57	1,07	59,29
Ref 4	34,16	54,30	55,00	20	20,14	1,00	61,99
Ref 5	46,05	65,62	66,07	20	19,57	0,97	63,07

Çizelge Ek. 4. Toprak numunelerinde nem, toplam organik madde ve organik karbon içeriği tayini sonuçları

Numune No	105 °C Sonrası Dara (gr)	Numune + kroze 105 °C Öncesi Tartım (gr)	Kroze+Numune 105 °C Sonrası Tartım (gr)	Kroze+Numune 600 °C Sonrası Tartım (gr)	Nem Miktarı (gr)	Toplam Organik Madde(KOM) (gr)	Organik Karbon İçeriği(KOC) (gr)
1	31,13	41,13	40,99	40,65	0,148	0,33	0,57
2	45,75	55,74	55,56	55,21	0,179	0,34	0,59
3	33,09	43,09	42,75	42,48	0,34	0,26	0,46
4	49,20	59,25	59,01	58,63	0,245	0,38	0,65
5	28,92	38,99	38,52	37,90	0,461	0,62	1,07
7	32,40	42,42	42,15	41,71	0,271	0,44	0,76
9	49,65	59,41	59,01	58,54	0,403	0,47	0,81
10	53,17	63,3	63,18	62,88	0,114	0,30	0,51
11	30,73	40,76	40,44	39,92	0,319	0,52	0,90
12	48,72	58,76	58,40	57,89	0,357	0,51	0,88
13	52,82	62,84	62,61	62,25	0,232	0,35	0,61
14	31,86	41,87	41,57	41,11	0,309	0,45	0,78
15	29,55	39,59	39,25	38,66	0,34	0,58	1,01
16	47,77	57,83	57,41	56,89	0,414	0,52	0,89
17	36,53	46,57	46,18	45,70	0,388	0,48	0,83
18	45,02	55,06	54,69	54,29	0,37	0,40	0,69
19	50,70	60,74	60,42	60,02	0,322	0,40	0,69
20	48,98	58,97	58,76	58,39	0,218	0,36	0,63
21	33,74	43,75	43,34	43	0,4052	0,34	0,60
22	50,85	60,86	60,36	59,96	0,5063	0,40	0,69
23	52,31	62,31	61,85	61,25	0,4613	0,59	1,02
25	50,84	60,85	60,66	60,32	0,19	0,33	0,58
26	36,70	46,73	46,51	46,07	0,21	0,43	0,74
27	46,44	56,46	56,12	55,58	0,33	0,53	0,92
28	52,76	62,78	62,55	62,07	0,22	0,48	0,83
29	36,12	46,13	45,73	45,27	0,39	0,45	0,78
30	53,41	63,43	63,18	62,79	0,24	0,39	0,68
31	38,37	48,35	47,84	47,45	0,50	0,39	0,67
32	54,18	64,21	63,63	62,98	0,57	0,64	1,11

Çizelge Ek. 4.'ün devamı

Numune No	105 °C Sonrası Dara (gr)	Numune + kroze 105 °C Öncesi Tartım (gr)	Kroze+ Numune 105 °C Sonrası Tartım (gr)	Kroze+ Numune 600 °C Sonrası Tartım (gr)	Nem Miktarı (gr)	Toplam Organik Madde(KOM) (gr)	Organik Karbon İçeriği(KOC) (gr)
33	34,23	44,24	43,61	43,13	0,62	0,47	0,82
34	51,11	61,14	60,61	60,16	0,53	0,44	0,76
35	35,74	45,76	45,45	44,97	0,30	0,48	0,84
36	34,04	44,05	43,57	42,80	0,47	0,77	1,33
38	46,34	56,35	55,72	55,15	0,62	0,57	0,99
39	32,52	42,59	42,30	41,76	0,29	0,54	0,94
40	52,66	62,68	61,85	61,20	0,82	0,65	1,13
42	34,32	43,99	43,91	43,70	0,08	0,20	0,34
43	47,31	57,31	57,04	56,53	0,27	0,50	0,87
44	43,83	53,84	53,51	52,99	0,33	0,52	0,89
45	52,32	62,32	62,15	61,71	0,17	0,43	0,74
47	35,63	45,63	45,48	45,02	0,15	0,45	0,78
48	36,97	46,98	46,79	46,43	0,19	0,35	0,62
49	32,56	42,60	42,49	42,23	0,11	0,25	0,43
50	51,35	61,34	60,90	60,20	0,43	0,70	1,20
51	47,20	57,21	57,00	56,48	0,22	0,52	0,89
52	48,69	58,74	58,53	58,01	0,20	0,51	0,89
53	46,05	56,06	55,70	54,90	0,35	0,80	1,38
54	35,56	45,57	45,39	45,06	0,17	0,32	0,56
55	34,25	44,29	44,04	43,64	0,25	0,40	0,69
56	28,99	39,08	38,60	37,97	0,48	0,62	1,08
Ref 1	36,62	46,62	46,41	46,02	0,21	0,39	0,68
Ref 2	54,36	64,38	64,25	63,59	0,12	0,66	1,14
Ref 3	49,98	60,02	59,77	59,14	0,25	0,62	1,08
Ref 4	47,38	57,37	57,18	56,75	0,19	0,42	0,73
Ref 5	34,15	44,20	43,99	43,58	0,21	0,41	0,71

Çizelge Ek. 5. Toprak numunelerinde elek analizi sonuçları

Numune No	No. 10 Elek Üstü Kütü(gr)	No. 10 Elek Altı Kütü(gr)	No. 200 Elek Üstü Kütü(gr)	No. 200 Elek Altı Kütü(gr)	105 °C Öncesi Dara (gr)	105 °C Sonrası Tartım(gr)
1	99,577	100,422	50,042	49,957	32,995	83
2	82,421	117,578	53,159	46,840	33,026	86,186
3	98,487	101,512	47,464	52,535	32,990	80,454
4	79,029	120,970	48,630	51,369	54,381	103,011
5	60,511	139,488	36,201	63,798	33,021	69,223
7	78,65	121,343	46,705	53,294	33,023	79,729
9	89,099	110,900	23,338	76,661	33,006	56,344
10	88,773	111,226	66,897	33,102	54,395	121,292
11	93,530	106,469	41,760	58,239	33,024	74,784
12	94,927	105,072	46,946	53,053	33,023	79,970
13	91,833	108,166	39,029	60,970	33,031	72,061
14	100	100	38,432	61,567	33,015	71,448
15	88,662	111,337	35,391	64,608	32,997	68,389
16	87,656	112,344	48,568	51,431	33,006	81,574
17	87,182	112,817	44,606	55,393	33,078	77,685
18	77,166	122,833	54,779	45,220	33,019	87,798
19	79,222	120,777	42,614	57,385	33,012	75,626
20	60,281	139,718	28,964	71,035	33,023	61,987
21	96,274	103,725	49,083	50,917	33,023	82,106
22	97,448	102,551	37,273	62,726	32,999	70,273
23	95,778	104,221	36,437	63,562	33,029	69,467
25	76,843	123,157	54,454	45,545	32,995	87,449
26	85,079	114,920	53,047	46,953	33,024	86,071
27	93,16	106,84	33,021	66,978	33,033	66,055
28	77,115	122,884	45,548	54,451	33,023	78,571
29	93,766	106,233	41,734	58,265	33,008	74,742
30	88,115	111,884	56,662	43,337	32,994	89,656
31	68,838	131,162	30,145	69,854	33,064	63,210
32	79,08	120,92	31,371	68,629	33,002	64,373
33	89,335	110,665	20,396	79,603	33,012	53,409
34	94,87	105,13	45,565	54,434	33,037	78,603
35	77,151	122,848	17,693	82,306	33,020	50,714
36	82,82	117,18	14,800	85,199	33,024	47,825

Çizelge Ek. 5.'in devamı

Numune No	No. 10 Elek Üstü Kütlesi(gr)	No. 10 Elek Altı Kütlesi(gr)	No. 200 Elek Üstü Kütlesi(gr)	No. 200 Elek Altı Kütlesi(gr)	105 °C Öncesi Dara (gr)	105 °C Sonrası Tartım(gr)
37	80,65	119,35	19,796	80,203	33,049	52,846
38	89,45	110,55	28,967	71,032	33,031	61,999
39	79,890	120,109	28,543	71,456	33,073	61,616
40	74,272	125,728	32,678	67,321	32,992	65,671
41	90,095	109,905	24,051	75,948	33,086	57,138
42	98,997	101,002	35,922	64,077	32,990	68,913
43	80,327	119,672	38,284	61,715	54,461	92,746
44	83,349	116,651	28,436	71,563	33,025	61,462
45	84,829	115,170	51,968	48,031	33,038	85,007
46	94,538	105,461	17,254	82,745	54,416	71,671
47	88,77	111,23	43,066	56,933	33,041	76,107
48	74,702	125,297	47,811	52,188	33,018	80,829
49	72,536	127,463	57,914	42,085	33,075	90,989
50	95,005	104,994	15,217	84,782	54,414	69,631
51	57,097	142,903	58,359	41,640	33,021	91,380
52	92,644	107,355	49,635	50,364	33,004	82,640
53	83,410	116,589	23,929	76,070	33,018	56,948
54	88,349	111,650	60,118	39,882	32,979	93,097
55	98,725	101,275	40,580	59,419	33,035	73,616
56	83,956	116,043	23,515	76,484	33,010	56,525
Ref 1	59,419	140,580	28,638	71,361	33,006	61,645
Ref 2	42,275	157,724	73,973	26,026	33,027	107,001
Ref 3	55,576	144,423	30,951	69,048	32,994	63,9463
Ref 4	56,427	143,572	46,638	53,361	32,984	79,6228
Ref 5	80,3357	119,6643	50,6851	49,3149	32,9928	83,6779

Çizelge Ek. 6. Toprak numunelerinde hidrometre deneyi sonuçları

Numue No	Sıcaklık Okuması (°C)						Hidrometre Okuması						
	2-5 dk	15 dk	30 dk	60 dk	250 dk	1440 dk	2 dk	5 dk	15 dk	30 dk	60 dk	250 dk	1440 dk
1	23	23	23	23	23	23	26	24	22	21	19	18	16
2	22	22	22	22	22	22	42	38	34	32	30	27	24
3	21	21	21	21	21	23	35	34	32	30	29	27	24
4	23	23	23	23	23	23	34	32	30	28	25	22	20
5	23	23	23	23	23	23	34	31	28	27	24	22	19
7	21	21	21	21	21	23	46	44	40	38	36	31	27
9	22	22	22	22	22	22	53	51	45	43	39	34	30
10	22	22	22	22	22	22	20	19	17	16	15	14	13
11	23	23	23	23	22	23	29	27	23	22	20	13	15
12	23	23	23	23	23	23	43	41	39	36	34	30	24
13	23	23	23	23	23	23	36	34	31	29	28	26	23
14	21	21	21	21	21	23	32	31	30	28	28	26	25
15	23	23	23	23	22	23	46	43	40	39	37	33	30
16	23	23	23	23	23	23	34	32	31	30	29	27	24
17	24	23	23	23	23	22	41	37	32	29	26	22	18
18	23	23	23	23	23	22	28	27	26	23	22	20	18
19	23	23	23	23	22	22	32	31	29	27	27	23	21
20	23	23	23	23	22	22	34	32	29	27	24	20	17
21	23	23	23	23	22	23	55	54	52	51	49	46	43
22	23	23	23	23	22	23	45	43	41	40	38	36	34
23	23	23	23	23	23	23	51	50	49	48	47	44	40
25	23	23	23	23	23	23	44	43	42	41	40	38	33
26	23	23	23	23	23	23	31	30	28	27	26	24	20
27	23	23	23	23	23	23	49	47	41	37	33	25	16
28	23	23	23	23	23	23	54	52	49	46	43	36	32
29	23	23	23	23	22	23	46	45	44	42	41	37	36
30	23	23	23	23	23	23	32	31	29	28	26	24	20
31	23	23	23	23	23	23	51	49	43	38	33	27	23
32	23	23	23	23	23	23	55	52	50	46	45	40	36
33	23	23	23	23	23	23	43	42	40	38	36	34	30
29	23	23	23	23	22	23	46	45	44	42	41	37	36
30	23	23	23	23	23	23	32	31	29	28	26	24	20
31	23	23	23	23	23	23	51	49	43	38	33	27	23
32	23	23	23	23	23	23	55	52	50	46	45	40	36
33	23	23	23	23	23	23	43	42	40	38	36	34	30
34	23	23	23	23	23	23	37	35	32	30	28	24	22
35	23	23	23	23	22	23	58	55	51	47	41	33	15
36	23	23	23	23	23	23	43	42	37	36	34	31	27
38	23	23	23	23	23	23	52	50	48	47	45	42	40
39	23	23	23	23	22	23	44	40	37	36	33	29	26
40	23	23	23	23	22	23	31	29	27	26	25	22	21
42	22	22	22	22	22	22	51	48	43	42	39	35	32
43	23	23	23	23	23	23	44	38	35	32	30	26	22
44	22	22	22	22	22	22	41	40	39	37	36	34	30
45	21	21	21	21	21	23	28	25	20	18	16	13	12
47	23	23	23	23	23	23	44	42	38	37	34	30	27
48	21	21	21	21	21	23	31	29	27	26	25	24	22

Çizelge Ek. 6.'nın devamı

Numue No	Sıcaklık Okuması (°C)						Hidrometre Okuması						
	2-5 dk	15 dk	30 dk	60 dk	250 dk	1440 dk	2 dk	5 dk	15 dk	30 dk	60 dk	250 dk	1440 dk
49	23	23	23	23	23	23	25	24	21	20	19	17	16
50	22	22	22	22	22	22	53	50	49	46	45	42	40
52	22	22	22	22	22	22	40	37	34	32	31	30	27
53	22	22	22	22	22	22	34	32	27	25	24	21	18
54	22	22	22	22	22	22	38	36	35	33	31	29	27
55	23	23	23	23	23	23	45	44	43	42	41	40	38
56	23	23	23	23	23	23	40	36	30	26	22	18	15
Ref 1	22	22	22	22	22	22	46	45	43	40	39	35	31
Ref 2	22	22	22	22	22	22	16	14	11	9	8	7	6
Ref 3	22	22	22	22	22	22	32	30	24	21	18	14	12
Ref 4	23	23	23	23	23	23	36	35	33	32	31	29	26
Ref 5	22	22	22	22	22	22	35	34	32	29	27	23	18

Çizelge Ek. 7. Toprak texture yapısı

Numune No	% Kum+Kil +Silt	% Çakıl	% Kum	% Silt	% Kil	Numune No	% Kum+Kil +Silt	% Çakıl	% Kum	% Silt	% Kil
1	50	50	37	5	8	30	56	44	38	7	11
2	59	41	34	11	14	31	66	34	33	18	15
3	51	49	33	6	12	32	60	40	27	11	22
4	60	40	39	9	12	33	55	45	31	7	17
5	70	30	46	11	13	34	53	47	34	7	12
6	55	45	35	7	13	35	61	39	27	25	9
7	61	39	33	12	16	36	59	41	34	9	16
8	57	43	34	14	9	38	55	45	26	7	22
9	55	45	26	12	17	39	60	40	34	10	16
10	56	44	38	11	7	40	63	37	44	6	13
11	53	47	38	7	8	42	51	49	25	10	16
12	53	47	30	10	13	43	60	40	34	13	13
13	54	46	35	8	11	44	58	42	34	6	18
14	50	50	34	3	13	45	58	42	42	9	7
15	56	44	30	9	17	47	56	44	32	9	15
16	56	44	37	6	13	48	63	37	44	5	14
17	56	44	33	13	10	49	64	36	48	6	10
18	61	39	44	6	11	50	52	48	24	7	21
19	60	40	32	12	16	51	71	29	50	5	16
20	70	30	46	12	12	52	54	46	33	7	14
21	52	48	23	7	22	53	58	42	38	10	10
22	51	49	28	6	17	54	56	44	35	6	15
23	52	48	25	6	21	55	51	49	28	4	19
24	53	47	28	9	16	56	58	42	35	14	9
25	62	38	35	7	20	Ref 1	70	30	38	10	22
26	57	43	39	8	11	Ref 2	79	21	66	8	5
27	53	47	27	17	9	Ref 3	72	28	49	14	9
28	61	39	28	13	20	Ref 4	72	28	46	7	19
29	53	47	29	5	19	Ref 5	60	40	39	10	11

ÖZGEÇMİŞ

BİHTER OLGUN

bihteerolgun@gmail.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2016-2019	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü, Antalya
Lisans 2012-2016	Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Antalya

ESERLER

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

- 1- Olgun B., Erdem, A., Asiltürk, M., Doğan, G. (2017). Nanopartikül Tutturulmuş Aktif Karbon ile Ortam Havasında Uçucu Organik Bileşiklerin Gideriminin Değerlendirilmesi, VII, Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, (Poster Sunumu)
- 2- Dokumacı, E.N., Olgun, B., Özkaleli Akçetin, M., , Civan, M., Yurdakul, S., Erdem, A., Doğan, G. (2018). Bibliometric Analysis of Publications on PCB in Soil, 6th ASM International Congress of Agriculture and Environment, (Tam metin/Sözlü Sunum)
- 3- Olgun, B., Özkaleli Akçetin, M., Dokumacı, E.N., Yeşildağı, B.U., Civan, M., Yurdakul, S., Erdem, A., Doğan, G. (2018). Bibliometric analysis of publications on PAHs in different environments and sources of PAHs in soil samples of greenhouses, Uluslararası Tarım, Çevre ve Sağlık Kongresi, (Tam metin/Sözlü Sunum)
- 4- Yeşildağı, B.U., Ayaz. T., Olgun, B., Özkaleli Akçetin, M., Erdem, A., Doğan, G., Yurdakul, S., Civan, M. (2018). Phthalate Levels in Agricultural Soils of Plastic Covered Greenhouses, Uluslararası Tarım, Çevre ve Sağlık Kongresi, (Tam metin/Sözlü Sunum)

5- Olgun, B., Dokumacı, E.N., Tepe, A., Erdem, A., Moral, Ç., Doğan, G. (2018). Difficulties Encountered During the Cultivation of Mosses for the Sampling of Particulate Matter, 1st Eurasia Environmental Chemistry Congress (EnviroChem), (Özet metin/Poster Sunumu)

6- Olgun, B., Dokumacı, E.N., Özkaleli Akçetin, M., Ayaz, T., Civan, M., Yurdakul, S., Erdem, A., Doğan, G. (2019) Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in greenhouses of Aksu-Fettahlı region in Antalya Turkey, 10th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, Rodos, Yunanistan (Tam metin/Sözlü Sunum)

