



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ENDÜSTRİ KURULUŞLARI CİVARINDAKİ TOPRAKLARDA
POLİAROMATİK HİDROKARBONLAR (PAH) KİRLİLİĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Neval YALÇINKAYA

DANIŞMAN

Doç. Dr. Melayib BİLGİN

AKSARAY, 2021

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 182301403 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi Neval YALÇINKAYA tarafından hazırlanan “(ENDÜSTRİ KURULUŞLARI CİVARINDAKİ TOPRAKLARDA POLİAROMATİK HİDROKARBONLAR (PAH) KİRLİLİĞİ)” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Melayib BİLGİN

Üniversite Adı: Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum. .

.....

Üye: Unvanı Adı SOYADI

Üniversite Adı

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

.....

Üye: Unvanı Adı SOYADI

Üniversite Adı

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi:/...../.....

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinalliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Neval YALÇINKAYA

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans ders ve tez dönemim boyunca, her konuda hiçbir şekilde desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübeleriyle yol gösterici olan ve kendisiyle çalışmaktan büyük mutluluk ve onur duyduğum danışman hocam Sayın Doç. Dr. Melayib BİLGİN'e; tez çalışmam boyunca yine bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım Sayın Nuri ARDIÇ'a; analizler ve çalışma süresi boyunca desteklerini esirgemeyen iş arkadaşlarım, Alaaddin KÖKSAL, Ceyda BİLGİNAY, Sevgi DİNLER ve Nahide Feyza ASLAN'a; tezim aşamasında gerekli tüm ekipman ve desteği sağlayan NEN Mühendislik ve Laboratuvar Hizmetleri A.Ş.'ne; tezim için gerekli hammadde sağlanması konusunda desteklerinde dolaylı teşekkür ederim.

Ayrıca yaşamım boyunca her alanda sonsuz güvenini maddi ve manevi desteğini esirgemeyen koşulsuz sevdiğim koşulsuz sevildiğim canım annem babam abim kardeşim ve yengeme teşekkür ederim.

Neval YALÇINKAYA
AKSARAY, 2021

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	3
3. TOPRAK KİRLİLİĞİ	6
4. POLİAROMATİK HİDROKARBONLAR (PAH)	8
4.1 PAH'ların Özellikleri	8
4.2 PAH'ların Oluşum Kaynakları, İnsan ve Hayvan Sağlığına Etkileri	13
4.3 PAH'ların Su, Hava ve Toprak Döngüsü	15
5. DENEYSEL ÇALIŞMA	17
5.1 Çalışma Yapılan Bölgenin Tanımı	17
5.1.1 Bölgenin topografik özellikleri	18
5.1.2 Bölgenin iklimsel özellikleri	19
5.2 Materyal ve Metot	20
5.2.1 Örneklem noktaları ve tespiti	20
5.2.1.1 Hava kalitesi modellemesi ve AERMOD	20
5.2.2 Numune alma şekli ve muhafazası	24
5.3 Toprak Numunelerinin Deneysel Çalışması ve Sonuçları	26
5.3.1 pH tayini	27
5.3.2 Nem tayini	28
5.3.3 Özütleme işlemi	28
5.3.4 Temizleme işlemi	28
6. ARAŞTIRMA BULGULARI VE DEĞERLENDİRME	30
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	31
KAYNAKLAR	34
ÖZGEÇMİŞ	37

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENDÜSTRİ KURULUŞU CİVARINDAKİ TOPRAKLARDA POLİAROMATİK HİDROKARBONLAR (PAH) KİRLİLİĞİ

Neval YALÇINKAYA

**Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Melayib BİLGİN

ÖZET

Toprak kirliliği günümüzde önemli çevre sorunlarından biri olarak bilinmektedir. Endüstriyel faaliyetler, termik santraller, egzoz ya da ısınma kökenli kirletici gazların sebep olduğu hava kirliliği toprağın ekolojik durumunu etkilemektedir. Ayrıca kentleşmenin ve sanayileşmenin yoğun olduğu bölgelerde toprak önemli ölçüde etkilenmektedir. Poliaromatik hidrokarbonlar, topraktaki organik kirleticilerden olup kanserojenik yapıdadırlar. Var olan böyle önemli bir kirliliğin azaltılması ve önlenmesi için gerekli tüm çalışmaların yapılması önem arz etmektedir.

Çalışma alanı olarak, ülkemizde önemli sanayi kuruluşlarının var olduğu ve devamlı kirliliğe maruz kalmasından dolayı Kocaeli Dilovası bölgesi seçilmiştir. Bölgede var olan demir çelik fabrikaları ve termik santral fabrikasının meydana getirebileceği baca kaynaklı emisyonların PAH kirlilikleri belirli yaklaşımlarla hesaplanarak noktasal kaynaklı modelleme çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada EPA ve Amerikan Meteoroloji Topluluğu (AMS) tarafından geliştirilen AERMOD programı kullanılmıştır. Çalışılan model dağılımına göre kirliliğin yoğun olabileceği tepe noktalarından 5 adet ve modele göre belirlenen referans noktadan 1 adet toprak numunesi alınarak PAH parametreleri analiz edilmiştir ve analiz sonuçları Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirletilmiş Sahalara Dair Yönetmelikte geçen Poliaromatik hidrokarbon bileşikleriyle karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Yapılan çalışmada, toprak numuneleri GS-MS cihazına verilmeden önce çeşitli ön işlemlerden geçmiştir. Analiz edilen PAH parametreleri mg/kg birimine çevrilerek ilgili yönetmelikle karşılaştırılması yapılmıştır.

Sonuç olarak, ölçülen değerler ile yönetmelik sınır değerleri karşılaştırıldığında analiz sonuçları sınır değerlerin altında olduğu gözlemlenmiş olup sadece numune alınan N4 noktasında benzo(a)piren parametresinin sınır değerinin az bir farkla geçtiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: PAH, Modelleme, AERMOD, Toprak Kirliliği.

Haziran, 2021; 37 sayfa

M.Sc. THESIS

POLYAROMATIC HYDROCARBONS (PAH) POLLUTION ON SOIL AROUND INDUSTRIAL ORGANIZATIONS

Neval YALÇINKAYA

**Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering**

Supervisor: Assoc.Prof. Dr. Melayib BİLGİN

ABSTRACT

Soil pollution is known as one of the most important environmental problems today. Air pollution caused by industrial activities, thermal power plants, exhaust or heating-based polluting gases affects the ecological status of the soil. In addition, in regions where urbanization and industrialization are intense, the soil is significantly affected. Polyaromatic hydrocarbons are organic pollutants in the soil and are carcinogenic. It is important to carry out all necessary studies to reduce and prevent such an important pollution.

Kocaeli Dilovası, where important industrial establishments are located, was chosen as the study area because of its constant exposure to pollution. A point modeling study was conducted by using certain approaches and calculating the PAH pollution of the chimney-induced emissions that may be caused by the iron and steel factories and thermal power plant existing in the region. In this study, the AERMOD program developed by the EPA and the American Meteorological Society (AMS) was used. PAH parameters were analyzed by taking 5 soil samples from the peaks where pollution can be intense and 1 soil sample from the reference point determined in the studied model. It is aimed to compare the analysis results with the Polyaromatic hydrocarbon compounds mentioned in the Regulation on Soil Pollution Control and Point Source Contaminated Site.

In the study, the soil samples were subjected to various pre-treatments before being given to the GS-MS device. The analyzed PAH parameters were converted to mg/kg and compared with the relevant regulation.

As a result, when the measured values were compared with the limit values of the regulation, it was observed that the analysis results were below the limit values and that only the benzo(a)pyrene parameter passed the sampled N4 point with a small margin.

Keywords: PAH, Modeling, AERMOD, Soil Pollution.

June, 2021; 37 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1. Bazı PAH'ların fiziksel özellikleri ile kimyasal yapıları (Mackay. D ve ark., 1992).....	9
Şekil 4.2. PAH'ların döngüsü (Yu., 2005).....	16
Şekil 5.1. Dilovası bölgesi topoğrafik yapısı	18
Şekil 5.2. Bölgenin 3 boyutlu topoğrafik yapısı.....	19
Şekil 5.3. Rüzgar gülü kararlılık sınıfları.....	19
Şekil 5.4. Hava dağılım modelinin genel yapısı (Atımtay ve İpek, 2011).....	21
Şekil 5.5. AERMOD programından bir kesit	22
Şekil 5.6. Kirlilik dağılım modeli.....	23
Şekil 5.7. Numune alma noktalarının uydu görüntüsü	24
Şekil 5.8. Alınan toprak numunelerine ait fotoğraflar	25
Şekil 5.9. Deney aşamasından fotoğraflar	27
Şekil 5.10. PAH analizi sırasında yapılan işlemlerin fotoğrafları.....	29
Şekil 6.1. İstasyonlar arası karşılaştırma.....	32

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 5.1. Dilovası bölgesinde bulunan sanayi tesislerinin bazıları (URL-3).	17
Çizelge 5.2. Dilovası organize sanayi bölgesinin topoğrafik yapısı.	18
Çizelge 5.3. Ortalama rüzgar kararlılık sınıfları ve esme sayıları.	20
Çizelge 5.4. Toprak numunelerinin istasyon koordinatları.....	23
Çizelge 5.5. Toprakların pH sonuçları.....	27
Çizelge 6.1. Yapılan analizlere göre PAH konsantrasyon sonuçları.	31
Çizelge 6.2. Deney sonuçlarının yönetmelikle karşılaştırılması.	30



SİMGELER VE KISALTMALAR

AERMOD	The American Meteorological Society
AMS	Amerikan Meteoroloji Topluluğu
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
Cd	Kadmiyum
Cu	Bakır
DOSB	Dilovası Organize Sanayi Bölgesi
EPA	Environmental Protection Agency
GC-MS	Gas Chromatography-Mass Spectrometry
İZAYDAŞ	İzmit klinik ve tehlikeli atıkları yakma ve enerji üretim tesisi
LOQ	Tayin Limiti
NEPS	Novocherkassk elektrik santrali
ng	Nanogram
PAH	Poliaromatik Hidrokarbon
Pb	Kurşun
Sn	Kalay
TKKY	Toprak kirliliğinin kontrolü ve noktasal kaynaklı kirlenmiş sahalara dair yönetmelik
TSE	Türk Standardları Enstitüsü
vb.	Ve benzeri
Zn	Çinko

1. GİRİŞ

Toprak, ana materyal ismini verdiğimiz kayaçların, organik atıkların belli bir zaman içinde birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik olay ve etkenlerle parçalanıp ayrışması sonucu meydana gelen ve dinamikleri devam eden bir varlıktır. Topraklar; insan, bitki ve hayvanların üzerinde durdukları, insanların yaşamlarını devam ettirdikleri yerdir.

Toprak kirliliği, topraklarda ortaya çıkan istenmeyen ve zarar verende topraklarda yaşayan bitki ve organizmaların hayatını tehdit eden biyolojik ve kimyasal oluşumlardır. Toprak kirliliği ile birlikte sadece toprakta var olan canlıların ve organizmaların hayatı etkilenmez. Bununla birlikte toprakların verimliliği azalırken, besin kaynakları da kirlenmiş olur ve tarım ürünlerinin kalitesi de ciddi ölçüde azalır.

Dünyada nüfusun giderek çoğalması, kentleşmenin, sanayileşmenin ve bununla birlikte enerji kullanımının artması, endüstrinin hızla artması, gelişmesi ve tarımsal faktörler önemli çevre kirliliği sorunlarını beraberinde getirmektedir. Canlılığın yaşam kaynağı olabilecek toprağın yapısına katılan, bulaşan ve doğal olmayan herşey toprak kirliliğine neden olur.

Bilimsel araştırmalar toprak kirliliğinin hava ve su kirliliği gibi döngü halinde olduğunu, insan sağlığını ve ekolojik sistemi tehdit ettiğini ortaya çıkartacak araştırmalar yapılmıştır. Toprak organik ve inorganik maddelerden oluşan farklı yaşam döngülerinin gerçekleşmesini sağlayan bir yapıya sahiptir. Toprak, yapısı ve içerdiği mineraller sayesinde çeşitli bitkilere ve hayvanlara ev sahipliği yapar. Bu yönüyle ekolojik açıdan önemlidir. Toprak aynı zamanda gıda ürünlerine geçen vitamin ve mineral kaynağımızdır.

Toprakta depolanan organik kirleticiler, yüksek dirençleri nedeni ile doğaya katıldığında ortamda bulunan, besin zincirinden geçerek biyolojik birikime maruz kalan, bu yolla insan sağlığı ve çevre üzerinde tehlikeli etkilere sebep olan kimyasal yapıdaki bileşiklerdir. Toprak kirlenmesine neden olabilecek başlıca organik kirleticiler olarak Poliaromatik Hidrokarbonlar, pestisitler vb. iken inorganik kirleticiler ise ağır metal gibi kirleticilerdir.

PAH'lar, şehir atmosferinde çoğunlukta olan birincil atmosferik kirleticiler olup, çoğu bileşikleri kanserojenik olan ve genellikle gruplar şeklindeki bileşiklerdir. Bu

kirleticiler, fosil yakıtla, katı atıklar vb. organik maddelerin eksik yanması ya da yüksek sıcaklıkta organik maddelerin kimyasal bozunma prosesleri sonucunda antropojenik kaynaklardan veya orman yangınları, volkanik patlamalar doğal petrol sızıntıları ve biyojenik emisyonlar gibi doğal yollardan alıcı ortamlara geçebilirler (Karakaş vd., 2004).

PAH'lar doğal kaynaklı ve insan kaynaklı oluşmaktadırlar. En çokta fosil ve akaryakıt türevlerinin yanması ya da tam yanmaması sonucu oluşmaktadır. Atmosfere salındıklarında partiküllere ya da tozlara tutunmuş şekilde bulunurlar (Alver vd., 2012).

Atmosfere salınan poliaromatik hidrokarbonlar uzun veya kısa yollu taşınımalarla kaynaklarından uzak olan mesafelere taşınabilirler. Atmosferden kuru ve yağ çökme olaylarıyla toprağa, su kütlelerine ve bitkilerin üzerine çökerler. Bu biçimde çeşitli şekillerde besin zincirine geçerek insanların bünyelerini etkileyebilirler (ATSDR, 1995; Walker, 2001).

Bu çalışmada Türkiye'nin önemli sanayi kuruluşlarının bulunduğu termik santral, demir-çelik, otomotiv yan sanayi, ısıl işlem, cam sanayi vb. birçok alanda faaliyet göstermektedir. Dilovası'nda kurulu bulunan DOSB (Dilovası Organize Sanayi Bölgesi) içerisinde PAH kaynaklı kirletici özellik taşıyan demir-çelik ve termik santral bacalarının atmosfere saldığı emisyon gazlarının zamanla çökerek toprakta PAH kirliliği oluşturduğu düşünülmektedir. AERMOD programında modelleme çalışması yapılarak kirlilik yayılımının muhtemel olduğu tepe noktalarından 5 adet ve temiz olduğu düşünülen 1 adet referans noktadan toprak numuneleri alınarak naftalen, 1-metilnaftalen, 2-metilnaftalen, 2-kloronaftalen, asenaften, asenaftilen, antrasen, karbazol, floren, fenantren, piren, krisen, benzo(a)antrasen, benzo(b)florenten, benzo(k)florenten, benzo(a)piren, indeno(1,2,3-c,d)piren, benzo(g,h,i)perilen ve dibenzo(a,h,)antrasen 20 PAH parametresinin analizleri NEN Mühendislik ve Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucu yasal olarak yürürlükte olan 'Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirilenmiş Sahalara Dair Yönetmeliği'nde var olan PAH parametreleri sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Toprakta PAH kirliliği ve giderim yöntemleri hakkında birçok bilimsel araştırma yapılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde yapılan bazı bilimsel araştırmaların ve farklı süreçlerle gerçekleştirildiği çalışmalarla ilgili özet bilgiler bulunmaktadır.

Aislabie vd. (1999)'da Antartika'da toprakta fuel-oil akıntılarının PAH biriktirebileceğini belirtmiştir. Yakıt sızmış bölgeler ile kontrol bölge civarlarından yerüstü ve yeraltı topraklarından örnekler almıştır. US EPA tarafından, belirleyici olarak ayrılan 16 PAH parametresini analiz etmiştir. PAH seviyeleri $41-8105 \text{ ng g}^{-1}$ kuru toprak arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Kontrol sahalarında ise örneklemelerin tespit limitinin altında kaldığı gözlemlenmiştir.

Demircioğlu (2008) çalışmasında 14 adet PAH bileşiklerini dış havada, toprakta ve su numunelerinde incelemiştir. Dış hava örneklemelerinin 3 noktadan alarak PAH bileşiklerinin mevsimsel ve yerel değişimlerini incelemiştir. Ön çok görülen PAH bileşiğinin fenantren olduğunu ve düşük moleküler ağırlıklı PAH'ların çoğunlukta olduğu gözlemlenmiştir. Ortalama en yüksek PAH konsantrasyonları $144.2 \pm 163.2 \text{ ng m}^{-3}$ olarak analiz etmişlerdir. Toprak numunelerinde de aynı sonuca varılmıştır. Dış hava-toprak arakesitlerindeki net akını hesaplamıştır.

Taşkın (2010) çalışmasında İstanbul kıyılarında 7 adet örnekleme noktalarından toprak numuneleri almıştır. Bu toprak numunelerinde PAH, pestisit, ağır metal ve karbon-azot analizleri yapmıştır. PAH kaynaklarını moleküler oranlar hesaplayarak aramıştır. Yüzey topraklarında PAH bileşikleri HPLC yöntemiyle çalışılmıştır.

Gülçiçek (2011) yapmış olduğu çalışmasında Kocaeli ilinde bulunan ve PAH kirliliği olarak petrol rafinerisini, sıfır noktası ön görerek hakim rüzgar yönünde farklı uzaklıklardan toprak numuneleri alarak Türkiye'de 8 Haziran 2010 tarihinde yürürlüğe giren Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirilenmiş Sahalara Dair Yönetmelik'te yer alan PAH bileşiklerini ölçerek sınır değerlerin uygulanabilirliğinin araştırılmasını amaçlamaktadır. Yapılan araştırmada analiz sonuçlarının yönetmelik sınır değerlerinin altında kaldığı belirtilmiştir. Yalnızca trafiğin yoğun bulunduğu bölgede benzo(a)piren değerinin yönetmelik sınır değerini aştığı belirtilmiştir.

Çetindamar (2011) yapmış olduğu çalışmada İzmit Klinik ve Tehlikeli Atıkları Yakma ve Enerji Üretim Tesisi (İZAYDAŞ) Ali Kahya bölgesinde aşağı yukarı 2,5 kilometre yarıçaplı dairesel bir bölgede örnekleme yapılarak 22 adet toprak numunesi olarak PCB ve PAH konsantrasyonlarını Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ndeki sınır değerler ile karşılaştırmıştır. Yapılan karşılaştırmada PAH bileşiklerinden Benzo(a)antrasen 0,00232 µg/kg kuru ağırlıkta, Benzo(k)floranten 1,02886 µg/kg kuru ağırlıkta, Benzo(b)floranten 0,20891 µg/kg kuru ağırlıkta, Benzo(a)piren 0,00189 µg/kg kuru ağırlıkta, dibenzo(a,h)antrasen 0,00061 µg/kg kuru ağırlıkta sınır değeri aştığı gözlenmiştir.

Çetin vd. (2017) yapılan araştırmada Şubat 2015 - Şubat 2016 tarihlerinde poliaromatik hidrokarbonların atmosferik konsantrasyonları PUF disk pasif örnekleycileri ile 23 yerde örnekleme yapılmıştır. PAH'ların mevsimsel ve mekânsal değişimleri incelenmiş ve hava-toprak arakesitinde dağılım eğilimleri değerlendirilmiştir. Fenatren, floranten ile piren en çok bulunan tür olarak değerlendirilmiş olup konsantrasyona etkileri fenantren % 42±6, floranten % 18±3 ve piren % 15±3 olarak bulunmuştur.

Aldahoudi (2017) çalışmada Bursa Mudanya Yörükali ve Güzelyalı köylerinden zeytin yaprak ve dal örneklerinde Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların (PAH'ların) konsantrasyonları belirlenmesi amaçlanmıştır. Örnekleme işlemi iki ayrı dönemde alınmış olup 16 PAH bileşiğinin konsantrasyonları incelenmiştir. Yapılan analiz sonuçları neticesinde yaprakta PAH konsantrasyon değeri 992±209 ng/g km, daldaki PAH değeri ise 1288±90 ng/g km olarak hesaplanmıştır.

Gao vd. (2019) yapılan çalışmada Orlando ve Tampa kentsel topraklarında bulunan öncelikli kirletici PAH bileşikleri olan 16 adet ve yeni 6 PAH bileşiğinin biyolojik erişilebilirliğini ve mekansalsal dağılımını belirlemişlerdir. Clay County topraklarında $\Sigma 16$ -PAH'lar 1821 µg kg⁻¹, Ocala topraklarında 2748 µg kg⁻¹, Pensacola topraklarında 3115 µg kg⁻¹ ve West Palm Beach topraklarında 4055 µg kg⁻¹ olarak bulunmuştur.

Sushkova vd. (2019) yapmış oldukları çalışmada topraktaki PAH birikiminin Novochoerkassk Elektrik Santrali (NEPS) emisyon etkilerini incelemek, öncelikli olan 16 adet PAH'ın bölgesel seviyeleri, türleri ve mekânsal dağılımını içermektedir.

Kirletici emisyonundaki artışa bağılı olarak 2016-2017 yılları arasında incelenen bölgelerdeki topraklarda toplam PAH içeriğı kademeli olarak arttığını belirtmişlerdir.

Wang vd. (2020) Nanjing yüksek kentleşme alanı ve Dingshu olarak da düşük kentleşme alanı seçmişlerdir. Seçilen alanda toprak numuneleri alınarak PAH konsantrasyonları incelenmiştir. Nüfus yoğunluğunun ve siyah karbon BC bileşenlerinin Nanjing'deki toprak PAH bileşiklerinin dağılımının kritik faktörleri olduğunu, ancak Dingshu'daki BC bileşenleri ve yaprak alanı indeksi olduğunu bulmuşlardır. Daha sonra farklı kentleşme düzeylerinde kentsel toprak PAH bileşiklerinin dağılımını gösteren model oluşturulmuştur. Buna göre kentsel toprak PAH kirliliğini hassas bir şekilde kontrol etmek için bir alt yapı oluşturulmuştur.

Qazi vd. (2021) yapmış oldukları çalışmada konfokal mikroskopiye, sonuçları birkaç gün geciktirebilecek numune ön işleminin karmaşıklığı olmadan toprak örneklerindeki PAH bileşiklerinin doğrudan ve doğru bir teknik olduğunu sunmuşlardır. Bu çalışmaları PAH bileşiklerinin tespiti için kendine özgü floresansını ve farklı PAH bileşiklerinin tanımlanması için emisyon spektrumları kullanılmışlardır. Gerçek zamanlı çevresel örneklerde fenantren, piren ve naftalenin floresan spektral özelliklerinde net bir farklılık gözlenmiştir.

Yang vd. (2021) Şangay yol ağı boyunca tarımsal topraklarda PAH kirliliğı ve dağılımını karakterize etmek, kaynakları ayrıştırmak için sistematik araştırmışlardır. PAH kirliliğı sıcak noktaların mekânsal dağılımı, yoğun trafik hacmine ve yakın bölgelerdeki endüstriyel faaliyetlere bağılı olduğunu ortaya koymuşlardır. Pozitif bir matris çarpanlara ayırma reseptör modeli, kömür, biyokütle ve doğalgazın araç emisyonunun ve yanmasının baskın kaynaklar olduğunu belirtmişlerdir. PAH bileşiklerinin kömür işletme ve ağırlıklı olarak araç emisyon kaynaklarından ortaya çıktığı sonucuna varmışlardır.

Wang vd. (2021) yaptıkları çalışmada model bileşiğı olarak fenantren kullanılmıştır. FF suşu tarafından fenatren metabolitlerinin birikmiş yapısı araştırılmıştır. Fenantren metabolitlerinin farklı seviyelerinde mikrop ve buğday tohumu tepkisi, kirliliğın tarım arazisi toprağının mikrobiyal zenginliğini ve düzgünlüğünün önemli ölçüde kaybolduğunu, buğday tohumunun köklerine zarar verdiği ve sayılarını etkilediğini göstermişlerdir.

3. TOPRAK KİRLİLİĞİ

Toprak kirliliği genel olarak, tarımsal üretimi ve kalitesini fazlaştırmak amacı ile ticari gübreler, pestisitler ve hormonların tüketilmesi katı ve sıvı atıkların deşarjı, atık çamur uygulamaları, kirlı suların tarımsal sulamalarda kullanılması, atmosferik çökeltmeler ve radyoaktif serpintiler gibi girişimler sonucu kirlenme meydana gelmektedir. Bu sebeple toprakların verimli ve problemsiz kullanılabilme yeteneklerinin azalması ile her geçen gün bu problemler devam etmektedir. Ülkemizde toprak kirliliği konusunda birçok çalışma yapılmaktadır ancak alınması gereken tedbirler konusunda daha hassa davranılmalı ve kurallar konulmalıdır. Tabi bunun yanı sıra kirlenmiş bir toprakta kirleticinin miktarının belirlenerek temizlenmesi fazla zaman ve maliyet getirmektedir.

Toprak kirliliği, yirminci asrın başlarından bu yana modern tarıma geçiş ve sanayileşmenin gelişerek artması ile birlikte, çevre sorunu olarak ortaya çıkmaya başlamıştır. Özellikle nüfusun artışı ile beraber sanayileşmenin ve teknolojinin gelişmesine paralel olarak toprak kirliliği de aynı şekilde artmaktadır.

Arazi ve toprak kirliliği küresel bir problemdir. Hava ve su, azot bileşikleri ile en küçük plastik parçaları olmak üzere kirleticiler dünyanın her yerine taşıyabilir ve depolayabilir bu kirleticiler, en yüksek tepelerde de en tenha sahillerde de bulunabilir. Bazı kirleticiler zamanla toprakta parçalanır; ancak bazıları ise kaybolmadan toprakta birikirler. Genellikle arazi ve topraklar, çeşitli kirleticilerin zamanla en son ulaştığı ve biriktiği nihai seviyeye ulaşmaktadır. Bu toprak kirliliğinin insan sağlığı, toprak biyoçeşitliliği ve ekosistem üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır.

Toprak kirliliğinin önemli bir noktası ise sekonder olup özellikle su kirliliği açısından önemli bir rol oynamaktadır. Topraktaki kirleticiler sızarak yeraltı sularını, yüzey akışları ve erozyonla da yüzey su kaynaklarına geçerek ciddi problemlere sebep olmaktadır.

Toprak zararlı materyalin alıcısı pozisyonundadır. Topraklarda kirliliğe sebep olan atıklar, toprağa farklı yerlerden geçebilmektedir. Bu kaynaklar, tarımsal, endüstriyel, kentsel ya da nükleer kökenli olabilirler (Altınbaş vd., 2008).

Ülkemizdeki çok çeşitli jeolojik yapı, iklim, bitki örtüsü ve topoğrafik yapısı neden ile farklı toprak sınıflarına sahiptir. Toprak kirliliği açısından değerlendirdiğimizde; en önemli ve büyük sorunlardan olan erozyon gelmektedir. Ekonomik gerekçeler ve teknolojinin gelişmesi ile kurulan tesislere yakın çevre arazileri için önemli kirleticiler kaynakları oluşmaktadır. Bir başka taraftan bakılınca Türkiye topraklarının büyük bir kısmında toprakların tamponlama kapasitelerini etkileyen kimyasal ve fiziksel özellikler bakımından iyi durumda olduğu söylenebilir. Karadeniz bölgesi, Çukurova ve Gediz havzası toprakları diğer bölge topraklarına oranla daha özenli davranılması gereken bölge topraklarındandır.

Aşağıda verilenler toprak kirliliğini oluşturan temel kaynaklar arasında verilebilir;

1. Tarımsal Kaynaklı Toprak Kirleticileri

Bu kirleticiler, kimyasal gübreler, diğer gübre çeşitleri, pestisitleri, toprağa dökülen yakıtlardan kaynaklanan hidrokarbonları içermektedir.

2. Kentsel Kaynaklı Toprak Kirleticileri

Kentsel kirleticiler, insanların aktiviteleri sonucu meydana gelen kirliliklerdir.

a. Enerji Üretim Emisyonları

Enerji üretim tesislerindeki emisyonlar; CO_x, NO_x, SO_x, UO_x ve kömür ile çalışan enerji istasyonlarından kaynaklanan poliaromatik hidrokarbonlar ve nükleer enerji noktalarındaki radyoaktif maddelerdir.

b. Taşımacılık ve Ulaşım Kaynaklı Toprak Kirliliği

Nakliye aktiviteleri sonucu toprakta meydana gelen kirleticilerdir. İçten yanmalı motorlara sahip araçların egzoz gazlarının oluşturduğu kirlilikleri bu kapsamda değerlendirebiliriz.

c. Atık Madde ve Atık Çamuru ile Oluşan Toprak Kirliliği

Kentsel atıklar içerdikleri Cd, Cu, Pb, Sn ve Zn gibi ağır metallerin topraklara ve yeraltı sularına sızması ile meydana gelen kirlilikleri oluşturmaktadır.

4. POLİAROMATİK HİDROKARBONLAR (PAH)

4.1 PAH'ların Özellikleri

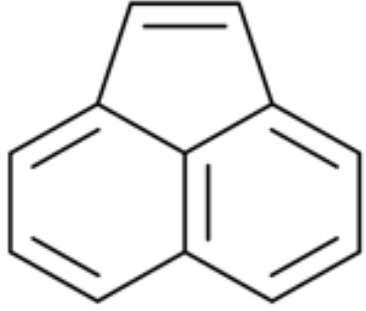
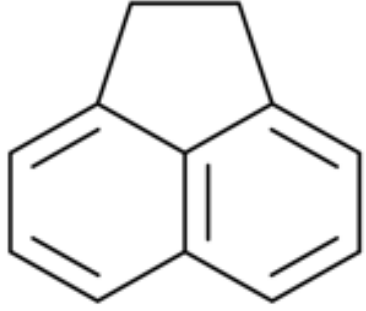
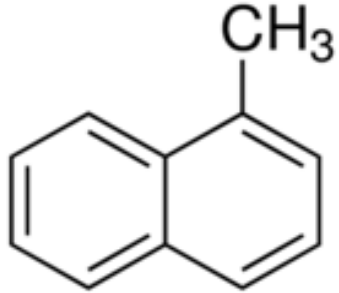
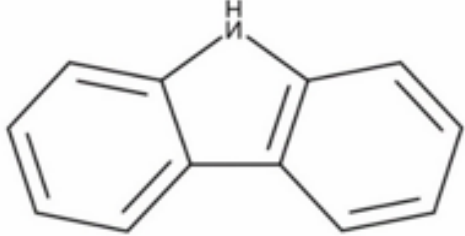
Poliaromatik hidrokarbonlar doğal veya insan kaynaklı olacak şekilde organik bileşiklerin tam yanmaması sonucunda oluşurlar. Orman ve bozkır yangınları, volkanik patlamalar, doğal biçimde varoluşlar, endüstriyel kaynaklar, motorlu taşıtlar ve sigara insanların sebep olduğu oluşumlardır (Alver vd., 2012).

Poliaromatik hidrokarbonlar (PAH'lar) kömür, ham petrol ve benzinde ham olarak oluşan bir kimyasal grubudur. Ayrıca kömür, petrol, gaz, odun, çöp ve tütün yakıldığında da üretilirler. Bu kaynaklardan üretilen PAH'lar havada küçük partiküllere bağlanabilir veya bunların oluşumuna sebep olabilirler. Yüksek sıcaklıkta pişirme ette ve diğer yiyeceklerde de PAH'lar oluşması muhtemeldir.

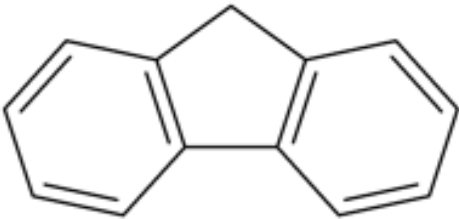
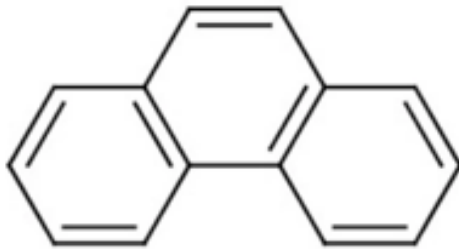
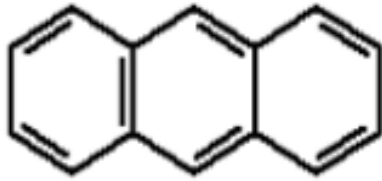
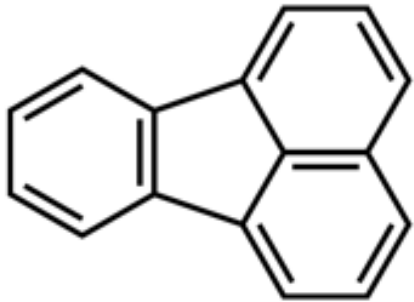
İki ya da daha fazla benzen halkasının bir araya gelmesi ile ortaya çıkan bileşiklere poliaromatik hidrokarbonlar (PAH) olarak adlandırılır. Bunların iki halkalı naftalin, üç halkalı olanı ise antrasen, fenantren, ve halka sayısı arttıkça da PAH'larda kendilerine özgü isimlerle adlandırılırlar (Gong vd., 2005).

Poliaromatik hidrokarbonlar, yapılarında iki yada daha çok benzen halkası barındıran, ancak karbon ve hidrojen dışında element barındırmayan bileşiklerdir (Crimmins ve Baker, 2006). PAH'lar hafif ve ağır PAH'lar olacak şekilde iki gruba ayrılır. Bunlardan hafif olan PAH'lar 2-3 halkalı bileşikler (Naph, Acy, Ace, Flr, Phe, Ant), ağır olarak gruplanan PAH'lar ise 4 ve fazla halkalı olup (Flt, Pyr, BaA, Chr, BbF, BkF, BaP, DBahA, BghiPe, Ind(1,2,3-cd)P) bileşiklerden oluşmaktadır (Hanedar, 2005).

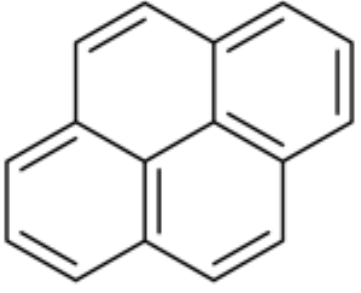
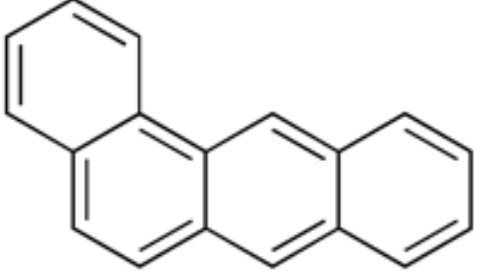
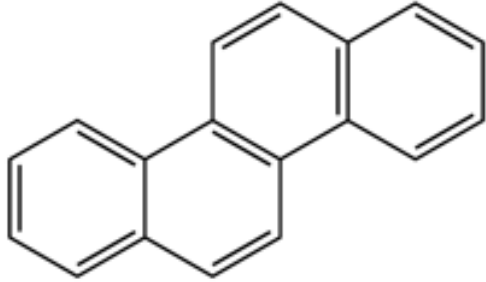
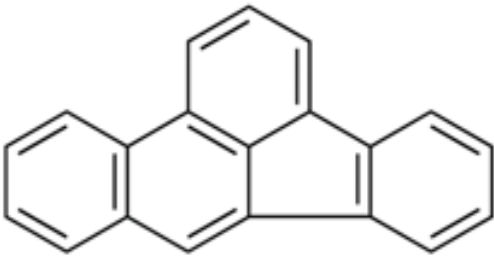
Poliaromatik hidrokarbonlar, 100'den fazla çeşit içermekte olup karmaşık şekilde bulunurlar. Saf PAH'lar genellikle renksiz açık sarımsı-yeşil katı maddeler halinde bulunurlar ve hafif hoş sayılabilecek kokuları vardır. Şekil 4.1'de poliaromatik hidrokarbonlardan birkaçının fiziksel ve kimyasal özellikleri belirtilmiştir.

<u>Acenaphthylene</u> <u>Asenaftilen</u> Formülü: $C_{12}H_8$ Kaynama Noktası: 280 °C Yoğunluğu: 899 kg/m³ CAS Numarası: 208-96-8	
<u>Acenaphthene</u> <u>Asenaften</u> Formülü: $C_{12}H_{10}$ Kaynama Noktası: 279 °C Yoğunluğu: 1,02 kg/m³ CAS Numarası: 83-32-9	
1-Methylnaphthalene 1-Metilnaftalen Formülü: $C_{11}H_{10}$ Kaynama Noktası: 244,4 °C Yoğunluğu: 1 g/cm³ CAS Numarası: 90-120-0	
<u>Carbazole</u> <u>Karbazol</u> Formülü: $C_{12}H_9N$ Kaynama Noktası: 354,7 °C Yoğunluğu: 1,3 g/cm³ CAS Numarası: 86-74-8	

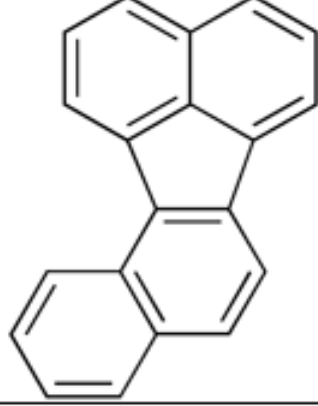
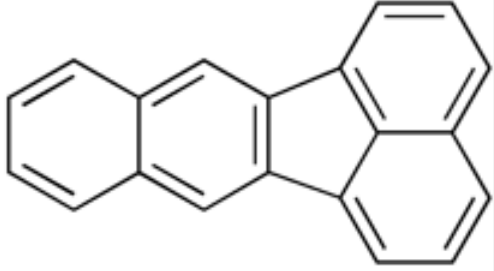
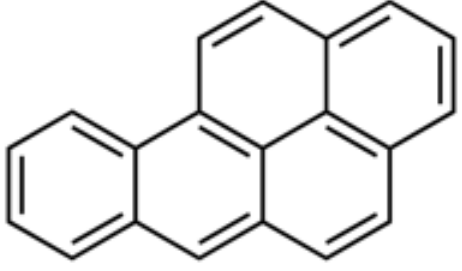
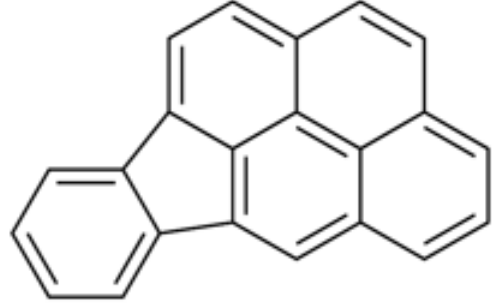
Şekil 4.1. Bazı PAH'ların fiziksel özellikleri ile kimyasal yapıları (Mackay vd., 1992).

<u>Fluorene</u> <u>Floren</u> Formülü: C₁₃H₁₀ Kaynama Noktası: 295 °C Yoğunluğu: 1,2 g/cm³ CAS Numarası: 86-73-7	
<u>Phenanthrene</u> <u>Fenantren</u> Formülü: C₁₄H₁₀ Kaynama Noktası: 340 °C Yoğunluğu: 1,18 g/cm³ CAS Numarası: 85-01-8	
<u>Anthracene</u> <u>Antrasen</u> Formülü: C₁₄H₁₀ Kaynama Noktası: 342 °C Yoğunluğu: 1,25 g/cm³ CAS Numarası: 120-12-7	
<u>Fluoranthene</u> <u>Floranten</u> Formülü: C₁₆H₁₀ Kaynama Noktası: 375 °C Yoğunluğu: 1,25 g/cm³ CAS Numarası: 206-44-0	

Şekil 4.1 (devam). Bazı PAH'ların fiziksel özellikleri ile kimyasal yapıları (Mackay vd., 1992).

<u>Pyrene</u> Piren Formülü: C₁₆H₁₀ Kaynama Noktası: 404 °C Yoğunluğu: 1,27 g/cm³ CAS Numarası: 129-00-0	
<u>Benz[a]anthracene</u> Benzo[a]antrasen Formülü: C₁₈H₁₂ Kaynama Noktası: 400 °C Yoğunluğu: 1,19 g/cm³ CAS Numarası: 56-55-3	
<u>Chrysene</u> Krisen Formülü: C₁₈H₁₂ Kaynama Noktası: 448 °C Yoğunluğu: 1,27 g/cm³ CAS Numarası: 218-01-9	
<u>Benzo[b]fluoranthene</u> Benzo[b]floranten Formülü: C₂₀H₁₂ Kaynama Noktası: 481 °C Yoğunluğu: 1,29 g/cm³ CAS Numarası: 205-99-2	

Şekil 4.1 (devam). Bazı PAH'ların fiziksel özellikleri ile kimyasal yapıları (Mackay vd., 1992).

<u>Benzo[j]fluoranthene</u> Benzo[j]floranten Formülü: C₂₀H₁₂ Kaynama Noktası: 480 °C Yoğunluğu: 1,29 g/cm³ CAS Numarası: 205-82-3	
<u>Benzo[k]fluoranthene</u> Benzo[k]floranten Formülü: C₂₀H₁₂ Kaynama Noktası: 480 °C Yoğunluğu: 1,29 g/cm³ CAS Numarası: 207-08-9	
<u>Benzo[a]pyrene</u> Benzo(a)piren Formülü: C₂₀H₁₂ Kaynama Noktası: 496 °C Yoğunluğu: 1,24 g/cm³ CAS Numarası: 50-32-8	
<u>Indeno[1, 2, 3-cd]pyren</u> <u>Indeno[1, 2, 3-cd]piren</u> Formülü: C₂₂H₁₂ Kaynama Noktası: 536 °C Yoğunluğu: 1,3 g/cm³ CAS Numarası: 193-39-5	

Şekil 4.1 (devam). Bazı PAH'ların fiziksel özellikleri ile kimyasal yapıları (Mackay vd., 1992).

4.2 PAH'ların Oluşum Kaynakları, İnsan ve Hayvan Sağlığına Etkileri

PAH çoğunlukla kömür, kömür katranı, kreozat (odunu korumak için kullanılan madde, sıvı fenol), çatıdan su sızmasını engellemek amacı ile kullanılan katran gibi maddelerde bulunmaktadır. Birçok PAH çeşitleri tıpta, boya, plastik sanayide ve pestisidlerin yapımında da kullanılır. Hidrofobik özelliğe sahip olup organik çözücülerde çözünürler.

PAH kaynakları olarak;

- Volkanlar,
- Asfalt Yapımında,
- Kömürün, doğal gazın, ham petrolün işlenmesinde,
- Otomobillerden çıkan egzoz gazlarında,
- Tütün ve sigara dumanında,

Demir, alüminyum, çelik gibi maddelerin fabrika ve dökümhanelerde işlenmesi esnasında ortaya çıkmaktadır (URL-2).

Bazı PAH türlerinin kaynakları ise şu şekildedir;

- Antrasen, boya ve sentetik elyafların üretiminde ve ahşap koruyucu maddeler için seyreltici olarak kullanılır.
- Asenaftalen, boyaların ara maddesi, farmasötik ve plastiklerin imalatında kullanılmaktadır. Böcek ve mantar ilacı olarak da kullanılmaktadır.
- Fenantren, boya ve patlayıcıların üretiminde kullanılır.
- Floren, reçineler için çok yönlü oluşumlarda kullanılır.
- Fluoranthene, demir-çelik yapımı içme suyu borularının ve depolama tank içlerinin korunması için kullanılan malzemede kullanılmaktadır (Demircioğlu, 2008).

Her yıl aşağı yukarı 43000 ton poliaromatik hidrokarbonlar atmosfere salınmaktadır (Eisler, 2000). Çizelge 4.1'de kömür ve petrol üretimi ve tüketimi sırasında atmosfere salınan PAH emisyonları verilmiştir (IPCS, 1998).

Çizelge 4.1. Kömür-petrol ürünlerin üretimi ve kullanımında atmosfere bırakılan PAH emisyonları.

Emisyon Kaynağı	Tipik Emisyonlar/Profilleri
Kömür Yakma	B(e)P ve B(a)P:0,2 mg/kg kömür
	PAH:15 mg/kg kömür
Kömür Dönüştürme	Asgari Krisen: 1mg/kg yanmış kömür
	En fazla Naftalen:1500 mg/kg yanmış kömür
Petrol Rafinerileri	Naftalen ve Türevleri: Rafineri içinde PAH'ın %85'i
	2-3 halkalı bileşikler: PAH'ın %94'ü
	5 halkalı bileşikler: PAH'ın ~%0,1'i

Çevresel maruziyetten düşük poliaromatik hidrokarbonlar seviyelerine kadar insan sağlığı üzerindeki etkileri bilinmemektedir. Havada bulunan büyük miktarda naftalin, gözleri ve solunum yollarını etkileyebilir. Sıvı hali ile cilt temasından ve naftalin buharı solumaya maruz kalan insanlarda kan ve karaciğer sıkıntıları ortaya çıkmıştır. PAH'ların birçoğu ve bazı belirlenen PAH karışımlarının kansere neden olabilecek kimyasallar olduğu düşünülmektedir.

Araştırmacılar, sigara tüketen yetişkinlerde üriner PAH metabolitlerinin sigara tüketmeyen yetişkinlere göre daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. İdrarda ölçülebilir miktarda bir veya daha fazla PAH metabolitinin veya PAH düzeyinin sağlık açısından olumsuz bir etkiye sebep olacağı anlamına gelmemektedir. Ayrıca PAH'lar lenf ve kan dolaşımında da bulunurlar.

Poliaromatik hidrokarbonlar tümör başlangıcı, güçlendirici ve ilerlemesine sebep bileşiklerdir. Denek hayvanlar ile birlikte yapılan araştırmada kısa ya da uzun zamanlarda PAH'lara maruz kalan deneklerin bağışıklık sisteminde, vücut sıvılarında problemlere, mesane akciğer ve deri kanserlerine sebep olduğu gözlemlenmiştir. Fazla miktarda PAH'a maruz bırakılan hamile farelerde ise sürecin sıkıntılı geçerek düşüklere sebep olduğu görülmüştür. Buna benzer sorunlar insanlar üzerinde de gerçekleşebilme ihtimali vardır. Ancak bunu kanıtlayan henüz bir çalışma mevcut değildir (Karaca, 2013).

Son dönemlerde PAH'ların DNA'yı olumsuz yönde etkileyerek genetik değişikliklere neden olduğu, üzerinde araştırılan bir sağlık tesiridir. Sigara kullanan veya dış ortamda

yoğun miktarda PAH konsantrasyonuna maruz kalan insanlar üzerinde yapılan çalışmalarda DNA mutasyonlarına denk gelinmiştir (Chen ve Liao, 2006).

Poliaromatik hidrokarbonlar yağ dokuda çözünebildiklerinden dolayı biyoakümülyasyon aracılığıyla besinlere yerleşmektedir. PAH'lardan olan Benzo(a)piren, krizen, benzo(a)antrasen özellikle kansere sebep oldukları bilinmektedir (Gaga, 2004).

4.3 PAH'ların Su, Hava ve Toprak Döngüsü

Yüzey sularında PAH'lar fotoliz, biyobozunma, oksidasyon, partikül madde üzerine adsorbsiyon ve sucul organizmaların bünyeye kabulü ile giderilebilirler. Sedimana karışan PAH'lar bozunma ile sucul organizmaların bünyeye alınması ile giderilebilir.

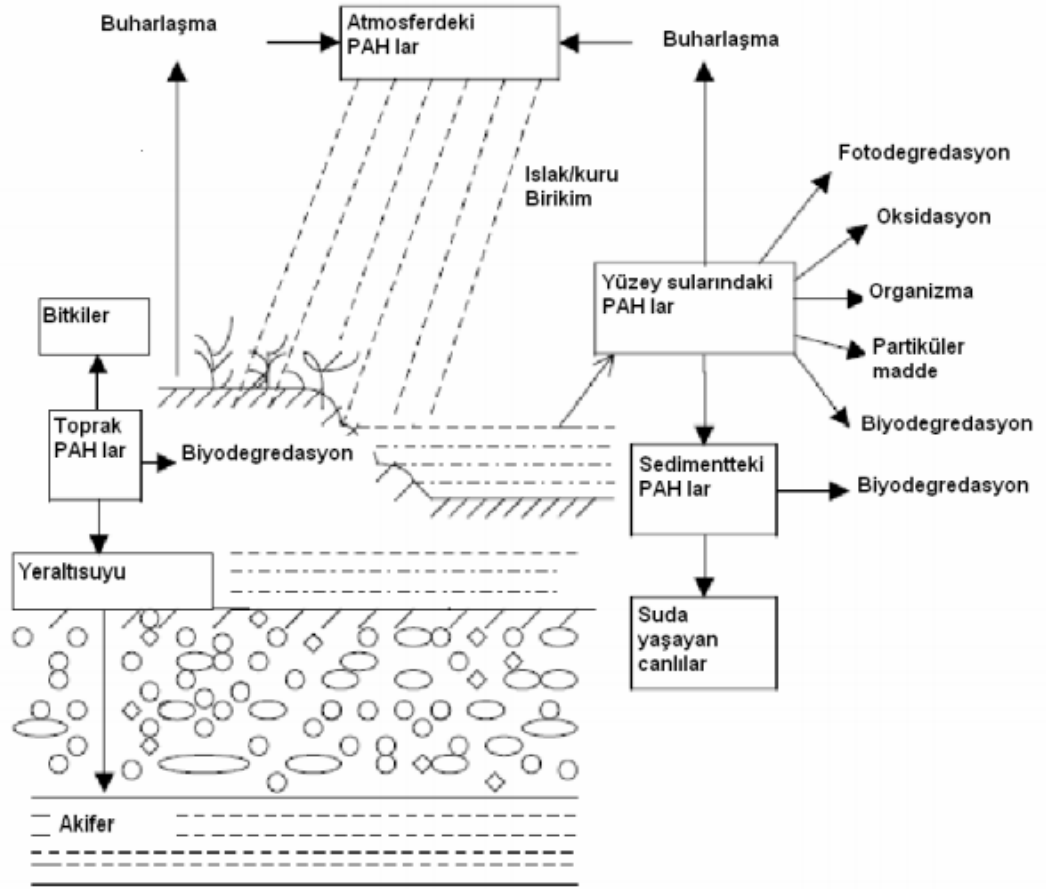
Poliaromatik hidrokarbonların çevredeki yayılımı önemli ölçüde çözünürlük, buhar basıncı, Henry sabiti, oktanol-su yayılım katsayısı (Kow) ile organik karbon yayılım katsayısı (Koc) ile hesaplanmaktadır. Poliaromatik hidrokarbonlar çoğunlukla suda az miktarda çözünürler. Koc, kimyasalın toprak veya sedimanda var olan organik karbon üstüne adsorplanma potansiyelini belirler.

Poliaromatik hidrokarbonlar atmosfere yayıldıktan sonra partikül maddelere tutunurlar. Bileşiklerin atmosferde kalma süreleri ile değişik yerlere taşınmaları partikül boyutuna, meteorolojik şartlara ve atmosfer fiziğine bağlı olarak değişmektedir (Eisler, 2000).

Atmosfere yayılan PAH'lar kuru ve ıslak depolama ile kara ve su yüzeyine taşınırlar. Bu taşınan PAH'ların bir bölümü buharlaşarak atmosfere döner, bir kısmı fotodegradasyon, biyodegradasyon ve oksidasyona uğrar, geriye kalan kısım ise sedimentte depolanır. Sedimentte depolanan PAH'ların bir bölümü biyolojik olarak bozunur, diğer kalan kısım da suda hayatlarına devam eden canlıların bünyesine geçer (Köseler, 2008).

Doğal prosesler ile ekosistemde meydana gelen hidrokarbonlar, sedimentin derinliklerine inerek buna karşın atık hidrokarbonlar sediment yüzeyine dağılmaktadırlar.

PAH bileşiklerinin kara yüzeyine ulaşanlarının bir bölümü su yüzeyindeki gibi buharlaşırlar, bir bölümü biyolojik bozunmaya uğrar, gerideki diğer bölümü ise yeraltı sularına bulaşır ve akiferlere kadar ilerlerler. Su yüzeyinde PAH'ların en ciddi bozunma prosesleri bakterilerce meydana gelen fotodegradasyon, oksidasyon ve biyodegradasyon olup suda var olan PAH'ların yalnızca %33'ü çözülmüş şekilde görülmektedir. Suda çözülmüş şekilde bulunan PAH'lar en çabuk fotooksidasyon ile bozunur; fazla sıcaklık, solar radyasyon ve oksijen miktarı prosesin hızını arttırmaktadır (Eisler, 2000). PAH'ların döngüsü aşağıdaki Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2. PAH'ların döngüsü (Yu, 2005).

5. DENEYSEL ÇALIŞMA

5.1 Çalışma Yapılan Bölgenin Tanımı

Kocaeli İli, Asya ve Avrupa'yı birbirine bağlayan Marmara Denizi ve Bölgesinin doğusunda bulunmaktadır. İzmit, Derince, Kandıra, Gebze, Darıca, Çayırova, Karamürsel, Gölcük, Körfez, Başiskele, Kartepe ve Dilovası olacak şekilde 12 adet ilçesi vardır. Kocaeli İlinin toplam nüfusu 2020 verilerine göre 1.997.258 kişidir (URL-1).

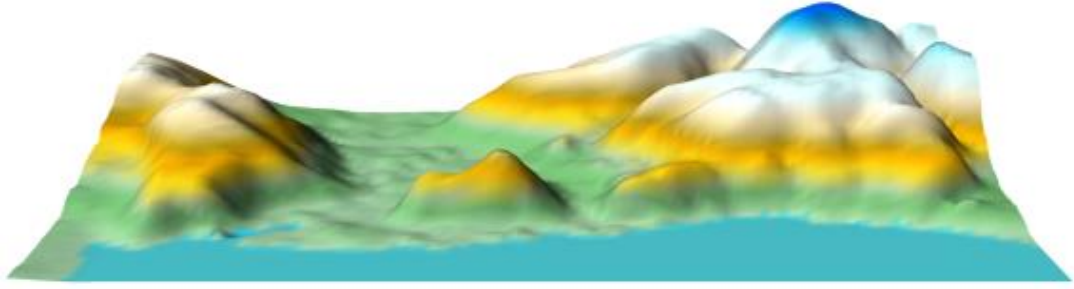
Bir diğer yönüyle İstanbul ve Ankara'yı birbirine bağlayan D-100 karayolu ve TEM otoyolu ile aynı güzergahı birbirine bağlayan demiryolu hattını topraklarından geçirmektedir. Devlet limanı ile özel iskele deniz yolu taşımacılık ticaretine imkan vererek önemli bir konuma sahiptir. Sanayi üretimi için üretim payı en çok olan iller arasında bulunmaktadır.

İzmit için ekonomik bir potansiyel olan Seka Kağıt Fabrikası eski tarihlere dayanmaktadır. Sanayileşmenin başlangıcında sanayi kuruluşları Yarımca, Körfez ve Merkez'in doğu kesimi tercihen seçilirken, son yıllarda Dilovası ve Gebze'ye bir yoğunlaşma mevcuttur. Bu yoğunlaşma ve endüstrileşme ise çevre kirliliğine sebep olması kaçınılmazdır. Bölgede toplam 229 firma bulunmakta olup bunların bir kısmı Çizelge 5. 1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Dilovası bölgesinde bulunan sanayi tesislerinin bazıları (URL-3).

Faaliyet Kategorisi	Firma Adı
Ana Metal Sanayi	Assan Alüminyum San ve Tic A.Ş.
Ana Metal Sanayi	Çolakoğlu Metalurji A.Ş.
Kok Kömürü ve Rafine Edilmiş Petrol Ürünleri İmalatı	Deskim Destilasyon Kimya San. ve Tic. A.Ş.
Ana Metal Sanayi	Diler Demir Çelik End. ve Tic. A.Ş.
Kauçuk ve Plastik Ürünlerin Üretimi	Diversey Kimya San. ve Tic A.Ş.
Ana Metal Sanayi	Doğuş Alüminyum San ve Tic A.Ş.

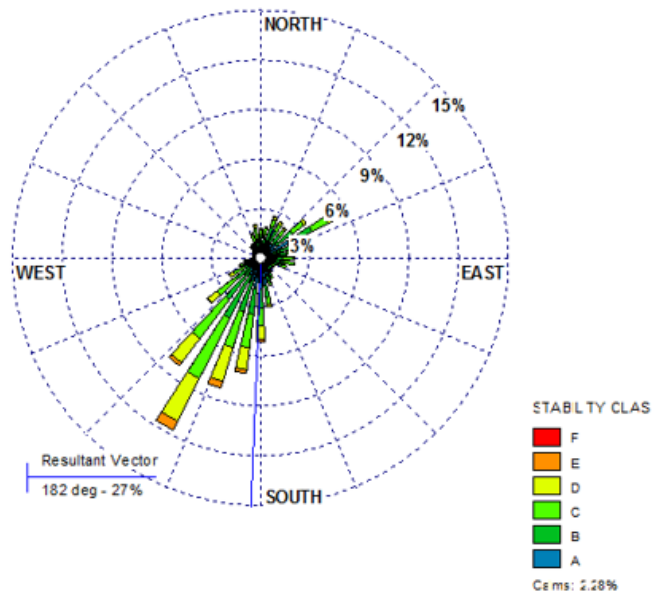
Kocaeli İli, yoğun trafiğe sahip olan günlük 200.000'den çok araç geçişlerine sahip olan D-100, D-130, E-80 ve TEM yollarının geçtiği konuma sahiptir.



Şekil 5.2. Bölgenin 3 boyutlu topoğrafik yapısı.

5.1.2 Bölgenin iklimsel özellikleri

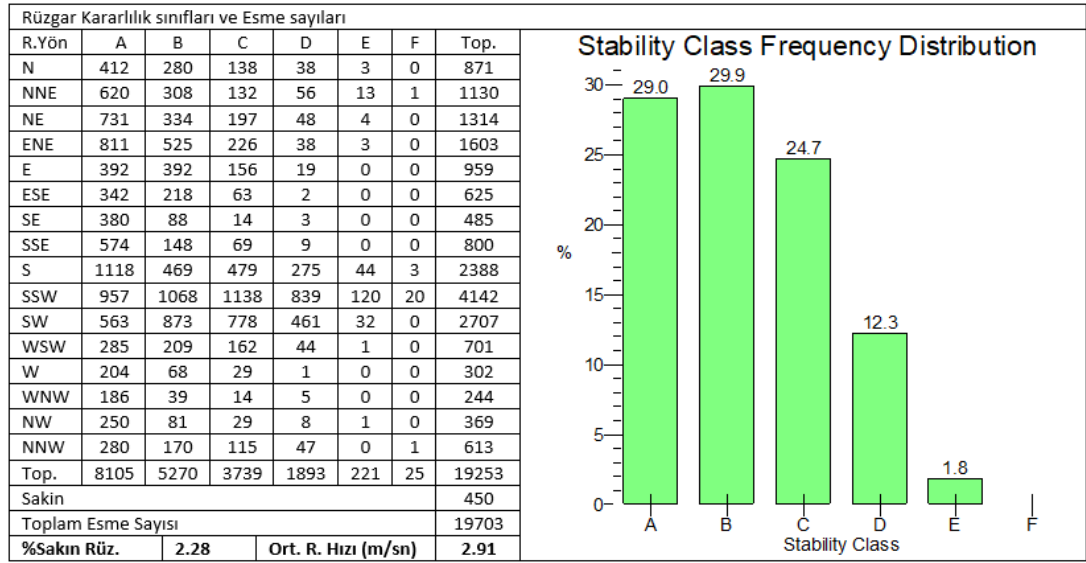
Bölgenin ortalama rüzgar hızı, yönü ve kararlılık sınıfları Şekil 5.3 ve Çizelge 5.3'te verilmiştir.



Şekil 5.3. Rüzgar gülü kararlılık sınıfları.

Bölgede uzun yıllar ortalama rüzgar esme yönü ve sayıları ortalama değerleri %27 ağırlıklı olarak güneydir (182°). Rüzgâr genel olarak kuzey yönüne doğru esmektedir.

Çizelge 5.3. Ortalama rüzgar kararlılık sınıfları ve esme sayıları.



Stability Class Frequency Distribution: Kararlılık Sınıfı Frekans Dağılımı.

5.2 Materyal ve Metot

Literatür çalışmaları göz önüne alınarak, çalışma alanında belirli yaklaşımlar ile modelleme çalışması yapılarak ve hakim rüzgar yönü dikkate alınacak şekilde kirliliğin yoğun olabileceği tepe noktalardan toprak numuneleri alınmıştır. Numunelerde PAH konsantrasyonlarının analizi Ankara NEN Mühendislik ve Çevre Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Bu bölümde kullanılan materyal ve metotlar açıklanarak yapılan analizlerin sonuçları ilgili yönetmelik ile karşılaştırılmıştır.

5.2.1 Örneklem noktaları ve tespiti

Önemli sanayi kuruluşlarının bulunduğu Kocaeli Dilovası bölgesinde bulunan demir-çelik fabrikaları ve termik santral fabrikalarının meydana getirebileceği baca kaynaklı emisyonların PAH kirlilikleri belirli yaklaşımlarla hesaplanarak noktasal kaynaklı modelleme çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada EPA ve Amerikan Meteoroloji Topluluğu (AMS) tarafından geliştirilen AERMOD programı kullanılmıştır.

5.2.1.1 Hava kalitesi modellemesi ve AERMOD

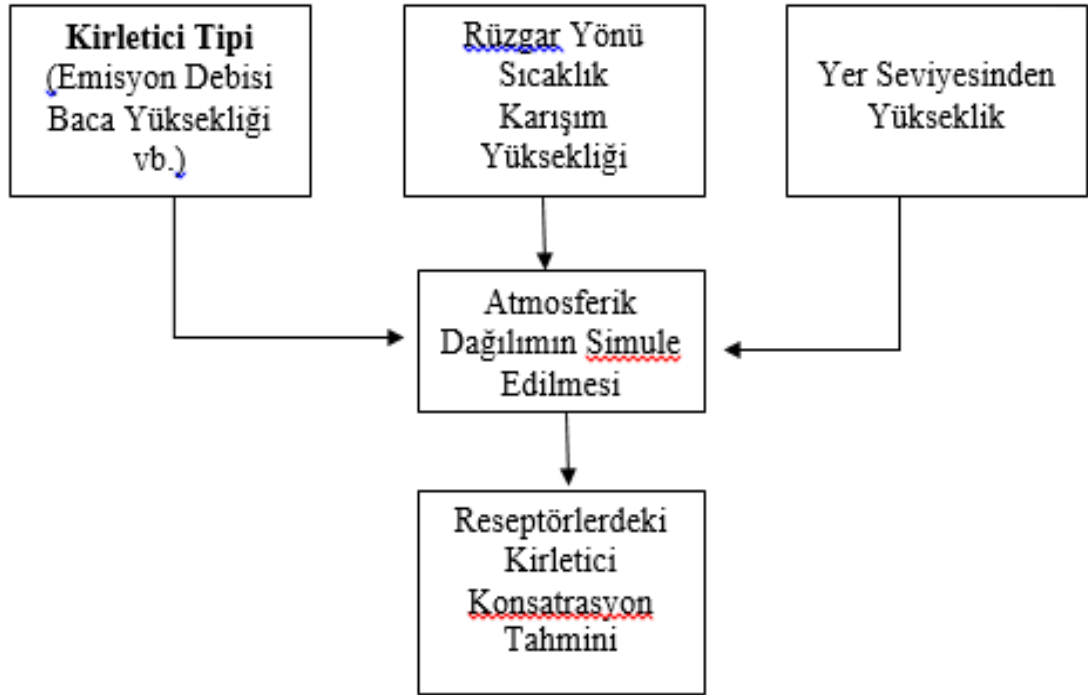
Kirletici emisyonlarının dağılımını simüle etme ve kirleticilerin konsantrasyonlarını zaman ve yer bazında tahmin etmek amacıyla kullanılan bir matematiksel yaklaşımdır.

Hava kalitesi modellemesinin kullanım amacı; mevcut hava kalitesinin tahmini, tesislerin hava kalitesi üzerine etkilerinin tahmin edilmesi ve hava kalitesinin yönetimi ve hava kalitesi standartları ile uyumu için kullanılması planlanmaktadır.

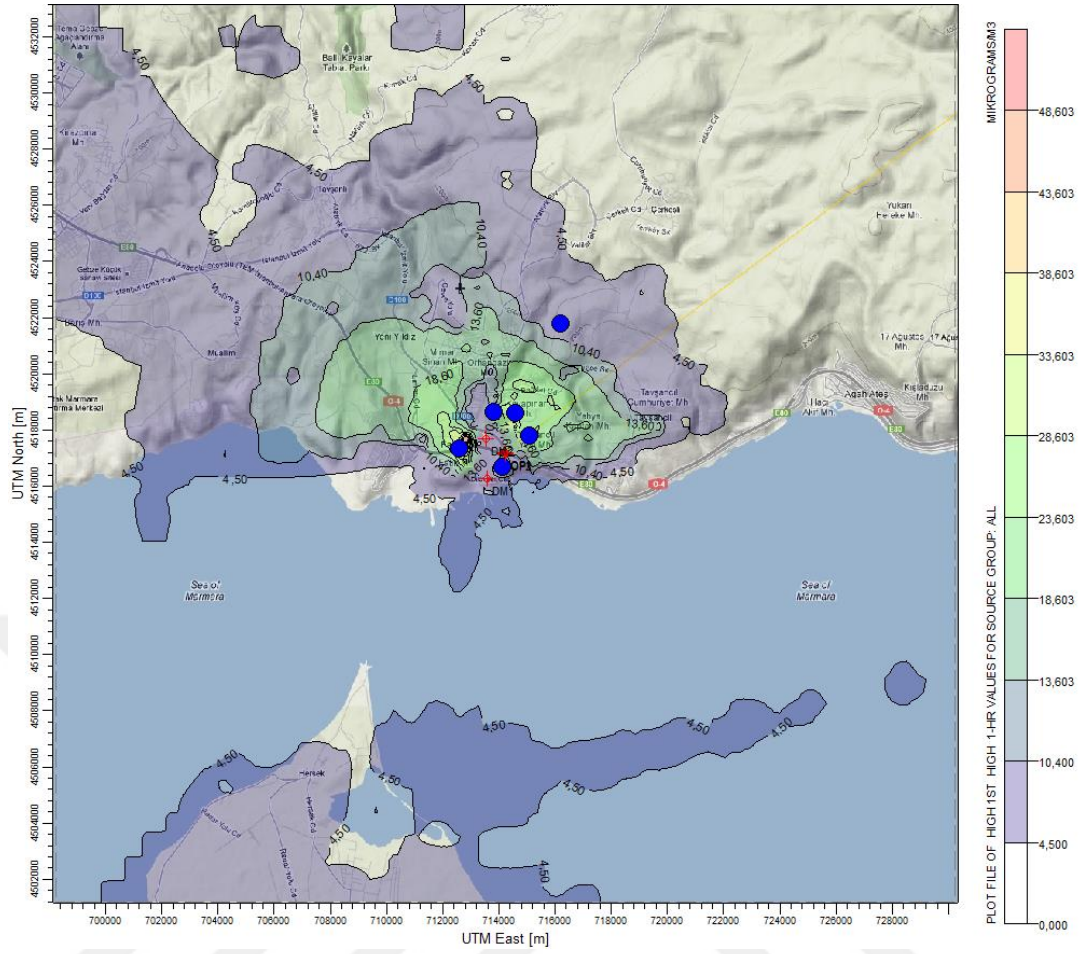
Modelleme programları çalışılırken genellikle en kötü durum senaryosu çalışılarak modellenir.

1 yıllık bir geçiş dönemi sonrasında Aralık 2006 tarihinden itibaren her türlü çevresel izin alınması için AERMOD (The American Meteorological Society) modelinin kullanılması zorunlu kılınmıştır (Atımtay ve İpek, 2011).

Modelleme çalışmalarında emisyon kaynakları, kaynak özellikleri ve dikkate alınacak senaryolar kullanılarak modelleme çalışması gerçekleştirilir. Hava dağılım modellerinin genel yapısı Şekil 5.4'te verilmiştir.



Şekil 5.4. Hava dağılım modelinin genel yapısı (Atımtay ve İpek, 2011).



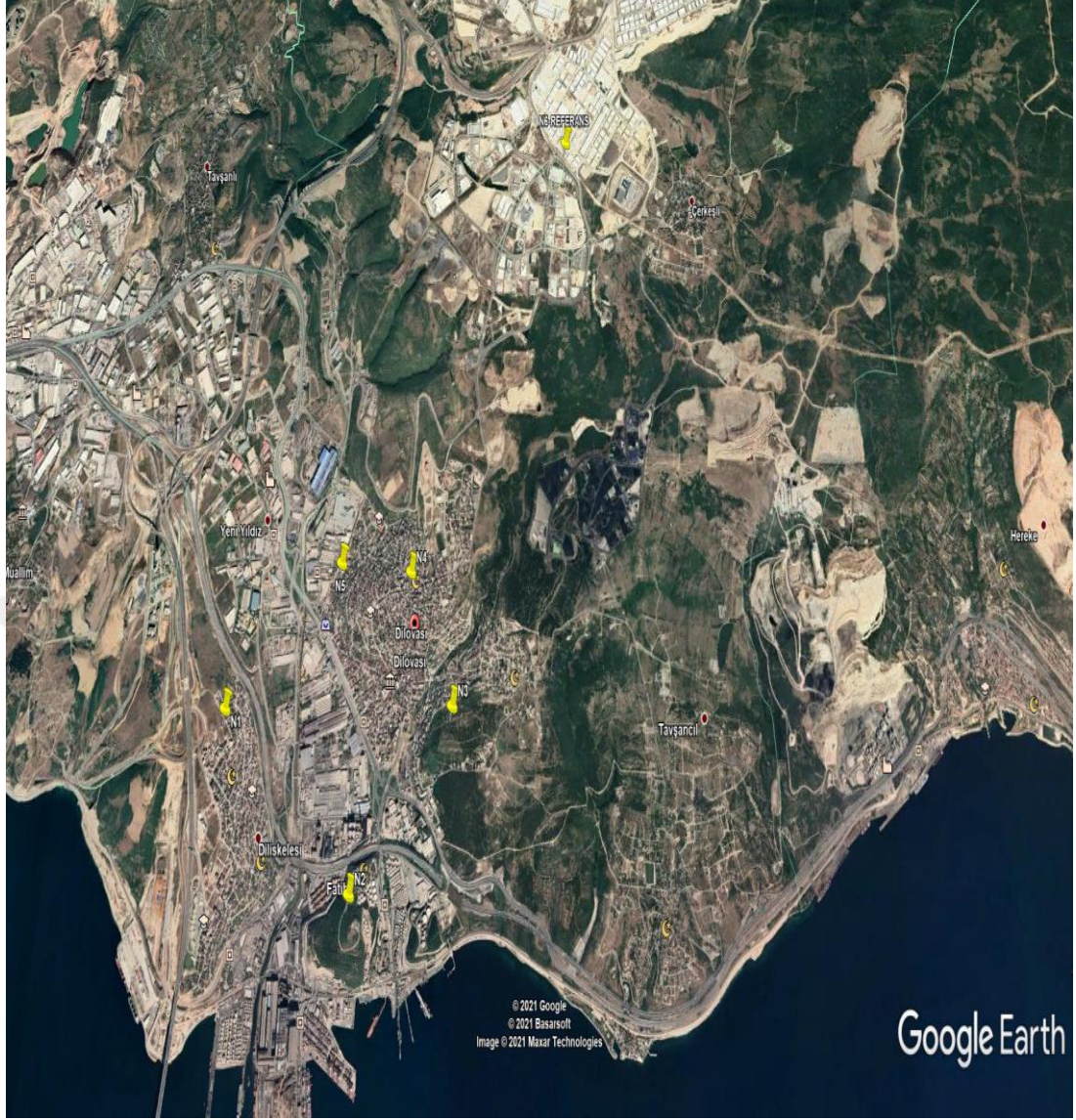
Şekil 5.6. Kirlilik dağılım modeli.

Yol kenarı, yerleşim yeri, orman toprakları ve sanayi bölgelerini kapsayan 6 adet toprak numunelerinin alındığı istasyon koordinatları Çizelge 5.4’te gösterilmiştir.

Çizelge 5.4. Toprak numunelerinin istasyon koordinatları.

İstasyon Kodu	Yerler	Koordinatlar	
		X	Y
N1	Otoyol İç Kısım	40°46'58.41"K	29°31'14.82"D
N2	Mahalle İçerisi	40°46'24.37"K	29°32'13.97"D
N3	Yerleşim Yeri İçi	40°46'58.88"K	29°32'55.94"
N4	Yol Üzeri	40°47'25.70"K	29°32'35.50"D
N5	Toprak Arazi	40°47'27.57"K	29°32'3.24"D
N6	Toprak Arazi	40°49'70.64"K	29°33'48.80"D

Model çalışması sonucu belirlenen istasyon noktalarının Google Earth üzerindeki gösterimi Şekil 5.7’de verilmiştir.



Şekil 5.7. Numune alma noktalarının uydu görüntüsü.

5.2.2 Numune alma şekli ve muhafazası

Numune alma işlemi, numune alma noktaları belirlendikten sonra bu noktalardan gerekli uygun numune alma ekipmanları ile toprak numuneleri V şeklinde çukurlar açılarak derinliği 0-20 cm olacak şekilde alınmıştır (TSE 9923). Alınan toprak numuneleri cam kavanozlara konularak üzerine alınan noktaların koordinatları ve kodlandırmaları etiket üzerine yazılarak kavanozlara yapıştırılmıştır. Numuneler uygun taşıma koşulları ile Ankara ilinde bulunan NEN Mühendislik laboratuvarına getirilmiştir. Laboratuvarda ise uygun koşullarda (+4 °C) saklanarak muhafaza edilmiştir. Numune alma şekilleri ve noktaları Şekil 5.8’de verilmiştir.

	
N1 Nolu Nokta	N2 Nolu Nokta
	
N3 Nolu Nokta	N4 Nolu Nokta
	
N5 Nolu Nokta	N6 Nolu Nokta

Şekil 5.8. Alınan toprak numunelerine ait fotoğraflar.

5.3 Toprak Numunelerinin Deneysel Çalışması ve Sonuçları

Kocaeli Dilovası bölgesinden 2020 yılının Kasım ayında alınan toplam 6 adet toprak numunesi analiz edilmek üzere Ankara NEN Mühendislik Laboratuvarına getirilerek uygun koşullarda buzdolabında saklamaya alınmıştır. Alınan toprak numunelerinde PAH analizi GC-MS cihazında EPA 8270E metodu ile analiz edilmiştir.

Deneyler süresince kullanılan kimyasal, malzeme, ve cihazlar;

- Organik madde içermeyen saf su
- Stok Standart (1000 mg/L)
- İç Stok Standart: 1,4-diklorobenzen-d₄, naftalin-d₈, acenaphthene-d₁₀, phenanthrene-d₁₀, chrysen-d₁₂ ve perylene-d₁₂'dir.
- Kalibrasyon Standartları: Beş farklı konsantrasyonda kalibrasyon çözeltisi Stok Standarttan hazırlanır.
- Silikajel
- n-hekzan
- Methylene Chloride
- Sodyum Sülfat, susuz (400 °C'de 4 saat kurutulmuş)
- Cam Tüp (10 mL)
- Balon Joje
- Cam ve plastik tüpler
- Etüv (Nüve, FN 055)
- Hassas Terazî (AND, HR-200)
- GC-MS (Agilent Technologis, 7890A/5975C)
- Sokslet Ekstraktör
- Mezür
- Beher
- Filtre
- Rotary Evaporatör
- Gaz Kromotogarfi Cihazı, uygun bir enjeksiyon sistemi, kapiler kolonu ve bir Kütle Spektrometrik Dedektörü
- Kapiler kolon, 30 m boyunda ve iç çapı 0,25 mm olan çapraz bağlı kutupsal olmayan polisiloksan bir film

5.3.1 pH tayini

Kurutulmuş toprak numuneleri alınarak 2 mm göz açıklıklı elekten geçirilmiştir. Toprak numunelerinden numune kaşığı ile 5 ml toprak deney tüplerine konularak hacminin 5 katı olacak şekilde üzerine su ilave edilmiştir. Süspansiyon mekanik karıştırıcı da 1 saat çalkalanmıştır daha sonra 1 saat de bekletilmiştir. Elektrotlar su ile yıkandıktan sonra dinlendirilmiş toprak süspansiyonuna daldırılarak pH değerleri ölçülmüştür. Deney aşamasındaki bazı fotoğraflar Şekil 5.9’da verilmiştir.



Şekil 5.9. Deney aşamasından fotoğraflar.

Alınan toprak numunelerinin analizi sonucu pH sonuçları Çizelge 5.5’te verilmiştir.

Çizelge 5.5. Toprakların pH sonuçları.

Numune Kodu	pH
N1	8,25
N2	7,89
N3	8,17
N4	7,64
N5	8,25
N6	6,55

5.3.2 Nem tayini

Nem tayini için 105 °C etüvde 15 dakika cam petri kapları bekletilmiştir. Ardından 15 dakikada desikatörde bekletilen petri kaplarının tartılarak daraları alınmıştır. Taşlardan ayıklanan 5 g toprak numunesi darası alınmış kroze konularak, 105 °C’de bir gece bekletilmiştir ve ertesi gün desikatörde soğutulan kroze tartılarak Denklem 5.1’de verilen formül ile numunenin kuru ağırlığı hesaplanmıştır.

$$\%Kuru Ağırlık = \left[\frac{kuru\ numunenin\ ağırlığı}{nemli\ numunenin\ ağırlığı} \right] \times 100 \quad (5.1)$$

5.3.3 Özütleme işlemi

5 g toprak numunesi ve 5 g susuz sodyum sülfat harmanlanarak ekstraksiyon timbiline eklenmiştir. 0,05 ml vekil standart ilave edilmiştir. 200 ml ekstraksiyon çözeltisi eklenen timbil kaynama taşı eklenmiş 250 ml’lik balona yerleştirilmiştir. Ekstraksiyon çözeltisi %80:%20 Hekzan:Diklorometan.

Numune 16-24 saat boyunca ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon tamamlandığında soğutmaya bırakılmıştır. Katı madde atılmıştır. Kuderna-Danish aparatı ile ekstrakte 10 ml’ye deriştirilmiştir. Cam tüpe alınarak ardından azot gazı altında 1ml’ye deriştirilmiştir. Deriştirilen çözelti çok sarı-kahverengi olduğundan dolayı kolon temizlemesi gerekir.

5.3.4 Temizleme işlemi

Temizleme kolonuna cam yünü yerleştirilmiştir. Üzerine yıkama için hekzan eklenir, kolondan saniyede 1 damla hekzan akışı devam ederken 5 g silika jel yavaş yavaş ilave edilmiştir. Daha sonra 1 g sodyum sülfat eklenerek hekzan geçişi devam ettirilmiştir. Hekzan kolondan sodyum sülfatın üzerinde 1 mm kalacak şekilde akıtılarak hemen ardından 1 ml numune eklenmiştir. Numune geçişi sağlandıktan sonra 25 ml hekzan geçirilerek atılmıştır. PAH’ın elue edilmesi için 25 ml Hekzan:Metilen Klorit ilave edilerek balona alınmıştır. Evaporatörde dönerek 10 ml’ye gelmesi sağlandıktan sonra Azot altında 1 ml’ye gelmesi sağlanarak konsantre edilmiştir. Daha sonra cam vialle alınarak GC-MS cihazına verilmiştir. PAH analizleri sırasında yapılan deneysel işlemlerin fotoğrafları Şekil 5.10’da verilmiştir.

	
Hassas Terazi	Etüv
	
Ekstraksiyon İşlemi	Rotary Evaporatör
	
Temizleme İşleminin Önce	Temizleme İşlemi Yapılırken
	
GC-MS Cihazı	

Şekil 5.10. PAH analizi sırasında yapılan işlemlerin fotoğrafları.

6. ARAŞTIRMA BULGULARI VE DEĞERLENDİRME

Çalışmadan elde edilen sonuçlar Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma Çizelge 6.2’de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Deney sonuçlarının yönetmelikle karşılaştırılması.

PAH Parametreleri	N1 Noktası	N2 Noktası	N3 Noktası	N4 Noktası	N5 Noktası	N6 Noktası	Yön. Sınır Değer
Naftalen	0,0051	<0,005	0,105	0,014	0,0322	<0,005	1147
1-Metilnaftalen	<0,005	0,006	0,079	0,020	0,027	<0,005	-
2-Metilnaftalen	<0,005	<0,005	0,037	0,009	0,014	<0,005	-
2-Kloronaftalen	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-
Asenaftilen	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-
Asenaften	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	3441
Floren	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	2294
Fenantren	0,010	0,023	0,010	0,051	0,049	0,006	-
Antrasen	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	17203
Karbazol	0,009	0,026	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	24
Floranten	<0,005	0,015	<0,005	0,085	0,056	<0,005	2294
Piren	<0,005	0,016	<0,005	0,109	0,054	<0,005	1720
Benzo(a)antrasen	0,006	0,009	<0,005	0,084	0,020	<0,005	0,60
Krisen	0,016	0,021	<0,005	0,156	0,039	<0,005	62
Benzo(b)loranten	0,008	0,011	<0,005	0,200	0,022	<0,005	0,60
Benzo(k)loranten	0,012	0,018	<0,005	0,156	0,029	<0,005	6
Benzo(a)piren	<0,005	0,007	<0,005	0,085	0,017	<0,005	0,06
Indeno(1,2,3-cd)piren	<0,005	0,006	<0,005	0,139	0,015	<0,005	0,60
Dibenzo(a,h)antrasen	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,06
Benzo(g,h,i)perilen	<0,005	0,017	<0,005	0,114	0,024	<0,005	-
Toplam PAH	0,067	0,173	0,232	1,222	0,399	0,006	-

Numune alınan N1, N2, N3, N4, N5 ve referans nokta olan N6 istasyonlarından alınan topraklarda PAH analiz sonuçları yönetmelik sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda N4 noktası hariç kalan 5 nokta sınır değerinin altında kalmaktadır. Ancak N4 noktasında diğer noktalara göre daha yoğun bir kirlilik olduğu ve benzo(a)piren değerinin yönetmelik sınır değerini az bir farkla geçtiği görülmektedir.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Toprakta yapılan 20 adet PAH analizlerinin sonuçları Çizelge 6.1’de verilmiştir. Analiz sonuçları mg/kg çevrilerek verilmiştir.

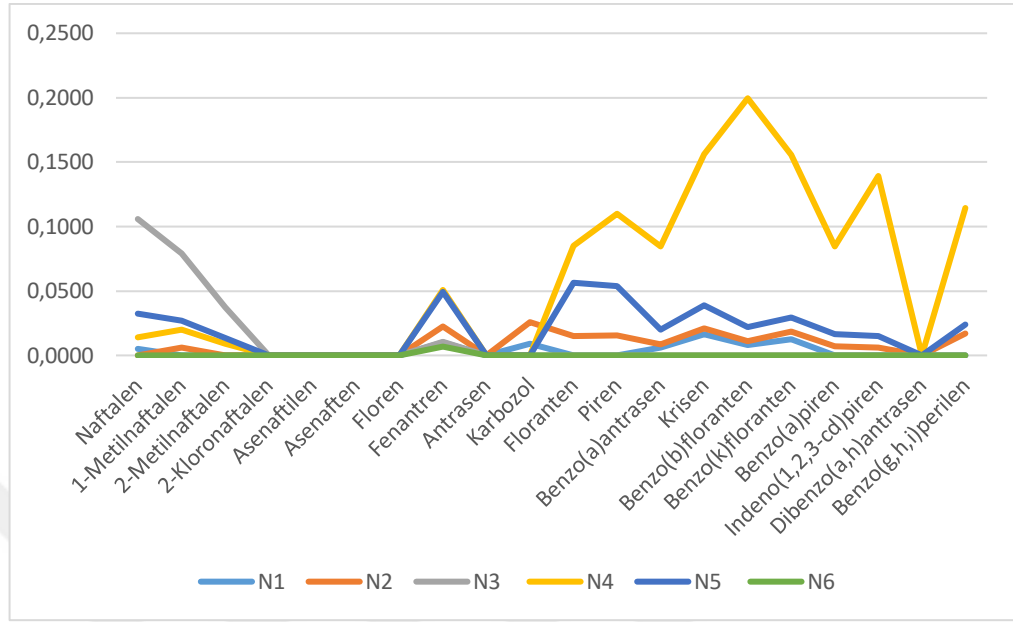
Çizelge 7.1. Yapılan analizlere göre PAH konsantrasyon sonuçları.

PAH Parametreleri	N1 Noktası	N2 Noktası	N3 Noktası	N4 Noktası	N5 Noktası	N6 Noktası
Naftalen	0,0051	<0,005	0,105	0,014	0,0322	<0,005
1-Metilnaftalen	<0,005	0,006	0,079	0,020	0,027	<0,005
2-Metilnaftalen	<0,005	<0,005	0,037	0,009	0,014	<0,005
2-Kloronaftalen	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Asenaftilen	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Asenaften	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Floren	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Fenantren	0,010	0,023	0,010	0,051	0,049	0,006
Antrasen	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Karbazol	0,009	0,026	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Floranten	<0,005	0,015	<0,005	0,085	0,056	<0,005
Piren	<0,005	0,016	<0,005	0,109	0,054	<0,005
Benzo(a)antrasen	0,006	0,009	<0,005	0,084	0,020	<0,005
Krisen	0,016	0,021	<0,005	0,156	0,039	<0,005
Benzo(b)floranten	0,008	0,011	<0,005	0,200	0,022	<0,005
Benzo(k)floranten	0,012	0,018	<0,005	0,156	0,029	<0,005
Benzo(a)piren	<0,005	0,007	<0,005	0,085	0,017	<0,005
Indeno(1,2,3-cd)piren	<0,005	0,006	<0,005	0,139	0,015	<0,005
Dibenzo(a,h)antrasen	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo(g,h,i)perilen	<0,005	0,017	<0,005	0,114	0,024	<0,005
Toplam PAH	0,067	0,173	0,232	1,222	0,399	0,006

Cihazın Tayin limit (LOQ) değeri 0,005 mg/kg’dır.

Yapılan PAH analiz sonuçları değerlendirildiği zaman daha çok Fenantren, Benzo(a)antrasen, Benzo(b)floranten, Benzo(k)floranten ve Benzo(a)piren değerlerinin diğer parametrelere göre daha fazla çıktığı görülmüştür. Diğer PAH parametreleri ise genellikle LOQ’nun altında kaldığı görülmektedir. İstasyon bazlı bakıldığında ise N4 noktasının diğer noktalara oranla daha çok çıktığı görülmüştür.

N4 noktasının diğer noktalar ve referans olan N6 noktası ile karşılaştırması Şekil 6.1’de verilmiştir.



Şekil 7.1. İstasyonlar arası karşılaştırma.

Kocaeli Dilovası bölgesi sanayileşme bakımından oldukça zengin bir bölgedir. Bölgede bulunan fabrikalara bakıldığında özellikle termik santral ve demir çelik fabrikalarının oluşturacağı baca kaynaklı emisyonların PAH kirliliğine sebep olduğu gözlemlenmiştir. Bu tür fabrikalarda yapılan işlemlerden kaynaklı gerek ergitme işlemleri olsun gerek ark ocakları olsun bu fabrikaların bacalarından atmosfere ciddi bir gaz salınımı olduğu düşünülmektedir. Bacalardan çıkan yoğun emisyon kirliliği zamanla çökerek toprağa nüfuz etmektedir.

Numune alma noktalarının sonuçlarına bakıldığında az bir miktarda da olsa toprakta bir kirlilik olduğu görülmektedir. N4 noktasının sonuçlarının diğer noktalara göre yüksek çıkmasının sebebi ise konumuna bağlı olduğu düşünülmektedir. Alınan toprak yol kenarında ve sürekli bir trafik akışının olması sebebi ile egzoz gazlarından kaynaklıda bir kirlilik olduğu düşünülmektedir.

Türkiye’nin kalkınmasında üretimin etkisi çok önemlidir. Üretim için de sanayi tesisleri ciddi önem arz etmektedir. Fakat, bu sanayi tesislerinin üretim yaptıkları aşamalarda meydana getirdikleri kirleticiler hava ve toprak gibi alıcı ortamlara yayılmaktadır. Bu yayılma sonucunda dolaylı yollarla kirleticiler insan sağlığını önemli

oranda tehdit etmektedir. Tehlikeyi en aza indirmek için gerekli tüm tedbirlerin alınması gerekmektedir.

Yapılan bu araştırmada, insan sağlığını önemli oranda tehdit eden PAH bileşiklerinin endüstri kuruluşları civarında toprakta hangi oranlarda bulunduğu ve bu değerlerin ülkemizde şu anda yürürlükte bulunan “Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik” değerleriyle karşılaştırması yapılmıştır.

Yapılan araştırma ve elde edilen sonuçlar neticesinde öneri olarak;

Bölgede bulunan sanayi kuruluşlarının faaliyet amaçları göz önüne alınarak, PAH kirliliği muhtemel olan işletmeler için bacalarından çıkabilecek kirletici miktarını azalmak adına atmosfere salınımın az olabileceği ve kirliliği bertaraf edebilecek filtreler takılması gerçekleştirilebilir.

Kömür kullanan fabrikalar, kalorisi düşük kömür tercih ederek kirliliği azaltabilir. Ayrıca fabrikalar yakıt olarak da doğal gazı tercih etmelidir.

Araçlardan çıkan egzoz gazları için ise filtre kullanımı zorunlu hale getirilmelidir.

Çalışmanın geliştirilmesi için;

- Sanayinin aynı şekilde yoğun olduğu bölgelerde de nokta sayıları artırılarak bu çalışma yapılabilir.
- Tesis bazlı meydana gelen PAH kirlilikleri araştırılabilir.
- Türkiye mevzuat sınır değerleri ile uluslararası sınır değerler ile PAH kirliliği karşılaştırılabilir.

KAYNAKLAR

- Aldahoudi, O., 2017. Bursa zeytin ağaçlarındaki Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) konsantrasyonlarının bölgesel ve mevsimsel değişiminin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, UÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Altınbaş, Ü., Çengel, M., Uysal, H., Okur, N., Kurucu, Y. ve Delibacak, S., 2008. Toprak bilimi, Üçüncü Baskı, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
- Atımtay, A. ve İpek, M., 2011. Hava kalitesi modelleme eğitimi, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, Ankara.
- Aislabie, J., Balks, M., Astori, N., Stevenson, G. ve Symons, R., 1999. Polycyclic aromatic hydrocarbons in fuel-oil contaminated soils, Antarctica, Chemosphere, 39,13, 2201-2207.
- Alver, E., Demirci, A. ve Özçimder, M., 2012. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar ve Sağlığa Etkileri, MAKÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 3, 1, 45-52.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 1995, "Toxicological Profile for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)", Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.
- Baek, S. O., Field, R., Goldstone, A.I., Kirk, M. E., Lester, P. W. ve Perry, R., 1991. a review of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: sources, fate and behavior, Water, Air and Soil Pollution, 21, 60, 279-300.
- Chen, S. ve Liao C., 2006. Health risk assesment on human exposed to environmental polycyclic aromatic hydrocarbons pollution sources, Science of the Total Environment, 161, 366, 112-123.
- Crimmins, B., S., Baker, J., E., 2006 Improved GC/MS Methods for Measuring Hourly PAH and nitro-PAH Concentrations in Urban Particulate Matter, Atmospheric Environment, 40, 6764-6779.
- Çetin, B., Yurdakul, S., Doğan, C., Keleş, M., Çelik, I. ve Öztürk, F., 2017. Dilovası'nda PAH konsantrasyonlarının mekansal ve mevsimler değişimleri ve hava-toprak arakesitinde dağılım eğilimleri, VII. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.
- Çetindamar, D., 2011. İZAYDAŞ çevresindeki topraklarda PAH ve PCB'lerin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KOÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Demircioğlu, E., 2008. An investigation on Atmospheric Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in İzmir, Doktora Tezi, DEÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Eisler, R., 2000. Handbook of chemical risk assessment Health hazards to humans plants and animals, 25, Lewis Publisher, Washington D.C.

- Gaga, E.E., 2004. Investigation of polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) deposition in Ankara, Doktora Tezi, ODTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Gong, Z., Wilke, B. M. ve Alef, K. L. I. P., 2005. Influence of soil moisture on sunflower oil extraction of polycyclic aromatic hydrocarbons from a manufactured gas plant soil, Science of The Total Environment, 21, 343, 51-59.
- Gülçiçek, G., 2011, Toprakta Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH) için sınır değerlerin uygulanabilirliğinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Hanedar, A., 2005. İstanbul'da Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların atmosferik birikiminin ve konsantrasyon dağılımının belirlenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- IPCS, 1998. "Selected Non-heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons" Environmental Health Criteria 202, International Programme on Chemical Safety, WHO, Geneva.
- Karaca, G., 2013. Arıtma çamurları ve nilüfer çayı sedimentindeki poliaromatik Hidrokarbon (PAH) Seviyelerinin Belirlenmesi ve Giderilmesinin Araştırılması, Doktora Tezi, UÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Karakaş, D., Telli-Karakoç F., Tolun, L., Tüfekçi, V., Morkoç, E., Tüfekçi, H., Karakoç, F., Okay, O. ve Yakan, H., 2004. İzmit körfezi'ne giren kanserojenik polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH): Kaynak ve Seviye Tespiti, Proje No:101Y111, TÜBİTAK-MAM Yayını, Gebze-Kocaeli.
- Köseler, M.D., 2008. Büyükçekmece gölü'nde Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) konsantrasyonunun belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Mackay, D., Shiu, W.Y. ve Ma, K.C., 1992. Illustrated Handbook of physical-chemical properties and environmental fate for organic chemicals, Lewis Publishers, Vol: II, ISBN 0-87371-583-7, Michigan.
- Qazi, Farah., Shahsavari, E., Prawer, S., Ball, A. ve Tomljenovic-Hanic, S., 2021. Detection and identification of polyaromatic hydrocarbons (PAHs) contamination in soil using intrinsic fluorescence, Environmental Pollution, 23, 272, 116010.
- Suskova, S., Minkina, T., Deryabkina, I., Rajput, V., Antonenko, E., Nazarenko, O., Yadav, B., Hakkı, E. ve Mohan, D. 2019. Environmental pollution of soil with PAHs in energy producing plants zone, Science of The Total Environment, 655, 10, 232-241.
- Taşkın, Ö.S., 2010. Marmara denizi İstanbul kıyılarında PAH ve organoklörlü pestisitlerin HPLC ile tayini ve sediment jeokimyası, Yüksek Lisans Tezi, İÜ., Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul.

- TSE 9923, 1992. Toprak kalitesi yüzey topraktan numune alma, numunelerin taşınma ve muhafaza kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Walker, C., H., 2001, "Organic Pollutants: An Ecotoxicological Perspective", CRC Press, New York.
- Wang, C., Zhou, S., Song, J., Tang, J. ve Wu, S., 2020. Formation mechanism of soil PAH distribution: high and low urbanization, *Geoderma*, 367, 15, 114271.
- Wang, Y., Nie, M., Diwu, Z., Chang, F., Nie, H., Zhang, B., Bai, X. ve Yin, Q., 2021. Toxicity evaluation of the metabolites derived from the degradation of phenanthrene by one of a soil ubiquitous PAHs-degrading strain *rhodococcus qingshengii* FF, *Journal of Hazardous Materials*, 224, 415, 125657.
- Yang, J., Sun, P., Zhang, X., Wei, X., Hung, Y., Du, W., Qadeer, A., Liu, M. ve Hung, Y., 2021. Source apportionment of PAHs in roadside agricultural soils of a megacity using positive matrix factorization receptor model and compound-specific carbon isotope analysis, *Journal of Hazardous Materials*, 403, 123592.
- Yu, M.H., 2005. Environmental toxicology: biological and health effects of pollutants, N Chapter : volatile organic compounds, Second Edition., CRC Press Inc., Washington, USA.
- URL-1 < <http://nufusu.com/ilceleri/kocaeli-ilceleri-nufusu> Erişim tarihi:30.05.2021.
- URL-2 < <http://acikders.ankara.edu.tr> > resource >view Erişim tarihi:02.06.2021.
- URL-3< <http://dosb.com.tr/firma> Erişim tarihi:06.07.2021.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Neval YALÇINKAYA

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans : Aksaray Üniversitesi, 2013-2017

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi, 2018-2021

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

1. NEN Mühendislik ve Laboratuvar Hizmetleri A.Ş.

TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER

1. Yalçinkaya, N., ve Bilgin, M., 2021. Polyaromatic Hydrocarbons (PAH) pollution in soils around industrial establishments in Dilovası region (Kocaeli, Turkey), Acta Biologica Turcica, 34, 3, 157-160.