

Topraklarda PCB ve PAH'ların İncelenmesi: Alikahya Bölgesi

Dilara ÇETİNDAMAR*, Sevil VELİ**, Tuba ÖZTÜRK***, Demet ARSLANBAŞ**, Seda ASLAN
KILAVUZ**, Şenay ÇETİN DOĞRUPARMAK**, Esra CAN DOĞAN**

*Pendik Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Müdürlüğü, 34890, Pendik, İstanbul

**Kocaeli Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 41380, İzmit, Kocaeli

***Namık Kemal Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 59860, Çorlu, Tekirdağ

ÖZET

Bu çalışmada, Kocaeli İli Alikahya bölgesinden toprak numuneleri alınarak, organik kirleticilerden PoliklorluBifeniller (PCB) ve Poliaromatik Hidrokarbonlar (PAH) incelenmiştir. Bölgede örnekleme yaklaşık 2,5 km yarıçaplı dairesel bir alanda, koordinatları önceden belirlenen 6 farklı noktada yapılmıştır. Bu yarıçaplı alanın çevresinde yerleşim yerleri, endüstriyel tesisler, TEM otoyolu, E-5 karayolu ve atık yakma tesisi bulunmaktadır. Belirlenen noktalar, atık yakma tesisinin kuzey, güney, doğu ve batı yönlerinde yani her bir yöndeki durumu temsil edecek şekilde seçilmiştir. 5 ve 30 cm derinliklerden alınan numunelerde öncelikle ekstraksiyon işlemi yapılmıştır. PCB ve PAH konsantrasyonları Gaz Kromatografi/Kütle Spektrometresi kullanılarak belirlenmiştir. Konsantrasyonlar "Toprak Kirliliği Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmeliği" (TKKY)' ndeki sınır değerler ile karşılaştırılmıştır. Alınan numunelerde Yönetmeliğe göre sınır değerlerini aşan PCB türevlerinden bazılarının tesisin kuzey ve doğu yönünde olduğu belirlenmiştir.

PAH türevleri arasında, Benzo(a)antrasen ve Benzo(a)piren'in numunelerin alındığı tüm yönlerde, Benzo(k)floranteneveBenzo(b)florantene'in kuzey, doğu ve batı yönlerinde, Dibenz(a,h)antrasen'in kuzey ve batı yönlerinde, İnden(1,2,3-cd)piren'in ise batı yönünde sınır değerleri aştığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gaz kromatografi/kütle spektrometresi, Poliaromatik hidrokarbonlar (PAH), Poliklorlubifeniller (PCB), Toprak kirliliği.

Investigation of PCB ve PAHsin Soil: Alikahya Region

ABSTRACT

In this study, Polychlorinated Biphenyls (PCBs) andPolycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) were investigated in the soil samples taken from Alikahya, Kocaeli. For this purpose, Sampling was conducted in a circular area with a Radius of approximately 2,5 km at six points of which coordinates are determined before. There are residential places, industrial facilities, TEM highway, E-5 motorway and a waste incineration plant around the area. The soil samples were collected from north, south, east and west side of a waste incineration plant. Samples were taken from 5 to 30 cm depth within 1,25 km and 2,5 km Radius of incineration plant. PCB and PAH concentrations in the soil samples were determined by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS). The determined concentrations of these pollutants in the soil were compared with the limit values of Turkish Soil Contaminated Sites on Point Source Pollution Control and Regulation. Among the PCB derivatives, whose concentration shave exceeded the limit values of the regulation, were measured at North and east direction.

Among PAH derivatives, concentrations of Benzo(a)anthracene and Benzo(a)pyrenemeasured at all directions, Benzo(k)flouranthene and Benzo(b)flouranthene measured at North and west and east directions, Dibenzo(a,h)anthracene measured at North and west directions and Indene(1,2,3-cd)pyrene measured at west directions are above the limit values.

Keywords: Gas Chromatography/Mass Spectrometry, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs), Polychlorinated Biphenyls(PCBs), Soil pollution.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Sanayileşmenin gelişimiyle, özellikle yirminci yüzyılın ilk yarısından itibaren modern tarıma geçilmesi toprak kirliliğinin artmasına ve yeni bir çevre sorunu olarak algılanmasına neden olmuştur. Genel olarak toprakta biriken ve toprağın doğal dengesini değiştiren her türlü antropojenik veya doğal kaynaklı madde toprak

kirleticisi olarak kabul edilmektedir [1]. Bu kirleticiler içerisinde endüstrileşmeye bağlı olarak geniş kullanım alanı bulan PCB ve PAH'lar toprak kirliliği açısından üzerinde durulması gereken bileşiklerdir.

Aromatik klorlu bileşik olarak kabul edilen PCB'ler, değişik karbon atomlarına bağlanmış iki benzen halkası ile tek bir zincirden oluşan kararlı organik kimyasallar arasında yer almaktadırlar [2]. PCB'ler diğer organik kirleticilere göre toprakta daha çok birikim yapmaktadırlar [3]. PCB konsantrasyonlarının fazla ol-

* Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta:sevilv.@kocaeli.edu.tr.

Digital Object Identifier (DOI) : 10.2339/2014.17.3127-133

duğu bölgeler şehir merkezleri, sanayi alanları, yaşamsal bölgeler ve yeşil alanlardır [1].

PAH' lar ise, iki ya da daha fazla benzen halkasının birleşmesiyle meydana gelen, yapılarındaki aromatik halkalarının sayılarına bağlı olarak farklı fiziksel ve kimyasal özellik kazanan bileşiklerdir. PAH konsantrasyonu endüstriyel bölgelerde [4,5], yol kenarları, yeşil alanlar, sanayi bölgeleri, parklar ve yerleşim alanlarında [6] bulunmaktadır. Ayrıca kömür tüketimi ve egzoz gazları fazla olan bölge topraklarında da PAH kirliliği ciddi boyutlara ulaşmaktadır [7,8]. Maisto ve diğerleri (2006) [9] toprakta PAH konsantrasyonlarından Fenantren, Fluoranten, Piren, Benzo [a] piren, Benzo [b+k+j] fluoranten ve Benzo [g, h, i] perilen' in hem kentsel bölgelerde, hem de ulusal parkta en yoğun görülen çeşitlerinin olduğunu tespit etmişlerdir. Çeşitli bölgelerden toprağa yayılan PAH'lar insanlar ve diğer canlılar üzerinde toksik özellikler taşımaktadırlar [10].

Bu iki organik kirlenici grubu özellikle biyolojik birikim yapabilmeye ve kanserojen olmaları açısından çok önemlidir. Yapılan çalışmalarda PAH'ların bir çok olumsuz sağlık etkileri olmasına karşın en çok dikkat çeken özellikleri kanserojen olmalarıdır [10,11]. Atmosfere atılan partikül veya gaz fazındaki PCB ve PAH emisyonları, kısa veya uzun mesafeli taşınımıyla ve ıslak yada kuru çökme ile atmosferden uzaklaşarak toprak, sucul ortam ve bitki örtüsünde birikirler. Sucul ortamda biriken bileşiklerin bir kısmı buharlaşarak sudan uzaklaşırken, bir kısmı sucul ortamda partiküllere tutunarak sedimentlerde birikir, bir kısmı da su canlılarında birikim gösterirler. Toprakta biriken bileşiklerin ise bir kısmı topraktan buharlaşarak, diğer kısmı ise bitkilerde birikerek topraktan uzaklaşır. Bitkilerde ve su canlılarında biriken bileşikler besin zinciri yoluyla insana kadar ulaşabilmektedirler [12]. Toprakta biriken PCB ve PAH bileşikleri toprağın organik fraksiyonuna çok sıkı tutunur ve yağmur suyu gibi etkenler olsa da toprakta

çok fazla hareket etmez ve yıllarca toprakta kalabilir. Buharlaştıran PCB bileşikleri yapraklarda veya tarım ürünlerinin üst kısımlarında birikirler. Bileşiklerin bu davranışları bileşiğin fizikokimyasal özelliklerine bağlıdır [12,13].

Bu çalışmada, Kocaeli ili Alikahya bölgesindeki topraklarda PCB ve PAH bileşiklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, toprak örnekleri alınarak ekstraksiyon işlemi yapılmış ve kirlenicilerin konsantrasyonları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, 27605 sayılı 08.06.2010 tarihli Resmi Gazete'de yayınlanan Toprak Kirliliği Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik (TKKY 2010/27605)'teki sınır değerler ile karşılaştırılarak yorumlanmıştır [14].

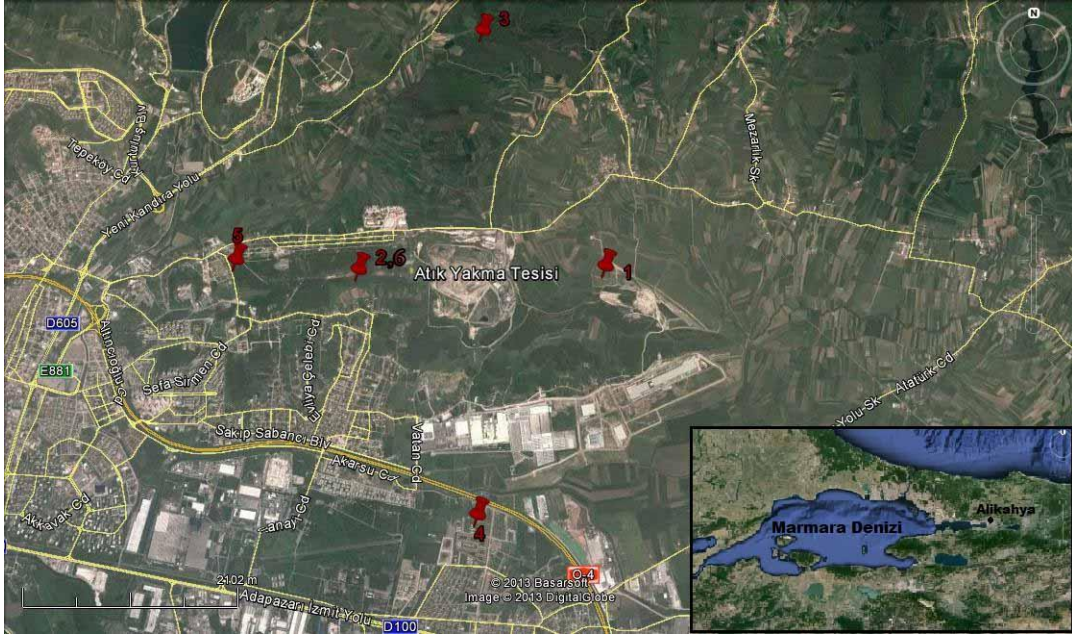
2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

2.1. Numune Alma Noktaları (Sampling Points)

Çalışma için toprak numuneleri; Kocaeli İli'nin doğusunda, İzmit kent merkezine 10 kilometre mesafede, 2100 hektarlık ve çoğunlukla düz arazi yapısına sahip Alikahya bölgesinden sağlanmıştır. Bölgenin Kuzey bölümünü Körüktepe ve Elmalı tepeleri oluşturmaktadır. Güneyinde, E-5 karayolu, yerleşim yerleri bulunmaktadır. Doğu bölümünde köyler mevcuttur. Beldenin batısında ise, yerleşim yerleri ile otogar bulunmaktadır. Ayrıca bölgenin iç kesiminde TEM Otoyolu, atık yakma tesisi ve çeşitli endüstriyel tesisler yer almaktadır. Örnekleme yaklaşık 2,5 km yarıçaplı dairesel bir alanda yapılmıştır. Belirlenen noktalar, bölgede bulunan atık yakma tesisinin bacasından kuzey, güney, doğu ve batı yönlerinde yani her bir yöndeki durumu temsil edecek şekilde seçilmiştir. Numune alınan noktalara ilişkin bilgi Tablo 1'de, harita üzerinde gösterimi Şekil 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Analizi yapılacak numunelerin koordinatları

No	Toprak derinliği	Numunenin alındığı noktalar (tesisın bacasından itibaren)	Koordinatlar
1	5 cm	1,25 km-doğu	Kuzey 40° 47' 08,30''
			Güney 30° 02' 29,62''
2	5 cm	1,25 km-batı	Kuzey 40° 47' 02,9''
			Güney 30° 00' 58,4''
3	30 cm	2,5 km-kuzey	Kuzey 40° 48' 27,1''
			Güney 30° 02' 09,6''
4	5 cm	2,5 km-güney	Kuzey 40° 46' 24,0''
			Güney 30° 01' 39,93''
5	30 cm	2,5 km-batı	Kuzey 40° 46' 58,3''
			Güney 29° 59' 49''
6	30 cm	1,25 km-batı	Kuzey 40° 47' 02,9''
			Güney 30° 00' 58,4''

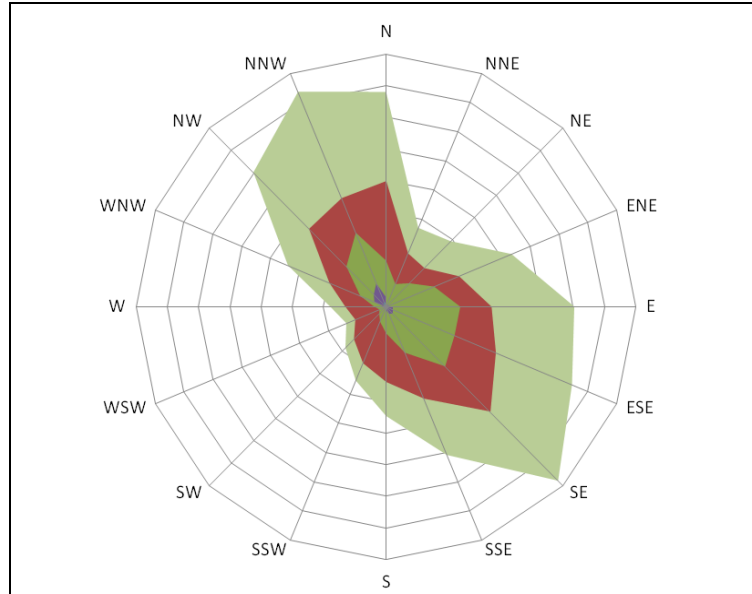


Şekil 1. Numune alma noktaları.

2.2. Analitik Yöntem ve Kullanılan Cihazlar (Analytical Method and Instruments)

Çalışmada, kısa mesafeli taşınımları ve kente etkisini gözlemlemek için 2,5 km yarıçaplı alan seçilmiştir. Yapılan literatür araştırmalarında genellikle 5 ve 30 cm derinliklerden toprak numunelerinin alındığı belirlendiğinden [1,7,9], bu çalışmada da koordinatları belirlenen altı noktanın bu derinliklerinden 1 kg'lık numuneler alınmıştır. Numuneler 2009 yılının Ocak ayında alınmıştır. Aynı yıla ait rüzgar gülü Şekil 2'de verilmiştir.

Alınan numuneler, ayrı ayrı polipropilen torbalara konulmuştur. Torbaların ağızları hava almayacak şekilde kapatılarak etiketlenmiştir. Analiz için alınan numuneler TS-9923 standardında verilen "çeşitli maksatlar için alınan numunelerin taşınma ve muhafaza kuralları" na uygun şekilde saklanmıştır [15]. Numuneler analizlerin yapılacağı laboratuvara getirilerek, ekstrakte edilecekleri zamana kadar -18 °C'de derin dondurucuda muhafaza edilmiş, daha sonra etüve konularak 105° C'de 4 gün bekletilmiştir. 4 gün sonunda bu numunelerden 100'er gram alınarak ekstraksiyon için ayrılmıştır. Ekstraksiyon yönteminde,



Şekil 2. 2007-2011 Yılları İçin Ortalama Saatlik Rüzgar Gülü

Amerikan Çevre Koruma Ajansının (EPA) “Havada Toksik Organik Bileşiklerin Belirlenmesi Metodu” (EPA Metot 608) toprak numunelerine uyarlanarak kullanılmıştır [16,17]. Ekstraksiyon işlemi Soxhlet ekstraksiyon düzeneği ile yapılmıştır.

Ekstraksiyonsolventi olarak PCB analizinde n-Hekzan (extrapureRiedel-de Haen, C₆H₁₄ M=86,18 g/mol), PAH analizinde sikloheksan (extrapurissRiedel-de Haen, 15329, C₆H₁₂ M=84,16 g/mol) kullanılmıştır. Numuneler ekstraksiyon işleminden sonra azot gazı yardımıyla uçurulmuştur. Ekstrakte edilen toprak örneklerindeki PCB ve PAH seviyeleri Agilent marka HP 6890 GC/5973 MS cihazında analiz edilmiştir. GC/MS analiz metodu, EPA 8270 metodu ve literatürdeki çeşitli çalışmalar göz önünde bulundurularak oluşturulmuştur [18, 19]. Cihazda PCB/PAH bileşenlerinin ayrımı HP-5MS kolonu (30 m x0.25 mm x0.25 µm) kullanılarak yapılmıştır. Taşıyıcı gaz olarak He kullanılmıştır. PCB ve PAH analizleri için GC inlet sıcaklığı 280°C ve MS dedektör sıcaklığı 320°C olarak ayarlanmıştır. PAH’lar için sıcaklık programı 80°C’de başlatılıp, bu sıcaklıkta 5 dakika beklenmiştir, sıcaklık artışları sırasıyla 10°C/dk hızla 150°C’ye çıkış bu sıcaklıkta 2 dakika bekleme, 5°C/dk hızla 300°C’ye çıkış bu sıcaklıkta 5 dakika bekleme

olarak ayarlanmıştır. PCB’ler için sıcaklık programı 120°C’de başlatılıp bu sıcaklıkta 3 dakika beklenmiştir, sıcaklık artışları sırasıyla 10°C/dk hızla 200°C’ye çıkış bu sıcaklıkta 2 dakika bekleme, 10°C/dk hızla 250°C’ye çıkış bu sıcaklıkta 10 dakika ve son olarak 15°C/dk hızla 300°C’ye çıkış ve bu sıcaklıkta 10 dakika bekleme olarak ayarlanmıştır. Sıcaklık programları harici standartlar kullanılarak, literatür verilerinin ışığında, en iyi kromatografik ayırım gerçekleştirilecek şekilde ayarlanmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Çalışmada Ocak 2009’da alınan numunelerdeki 12 çeşit PCB bileşiğine ait analiz sonuçları Tablo 2’de verilmiş ve sonuçlar TKKY sınır değerleriyle karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Analiz edilen PCB konsantrasyonlarının dağılımı ve TKKY limit değeri Şekil 3’de verilmiştir. Örneklemin farklı periyotlar yerine sadece bir kere yapılması, bu bileşiklerin kalıcı organik kirleticiler olmasından kaynaklanmaktadır. Kalıcı organik kirleticilerin konsantrasyonları toprak ve sedimente çok az değişikliğe uğrar. Bu nedenle toprakta birikim eğilimi gösterirler. Diğer taraftan bu bileşiklerin hidrofobik karakterlerinden dolayı suda çözünürlükleri ihmal edilebilir düzeydedir. Bu bileşikler güçlü bir

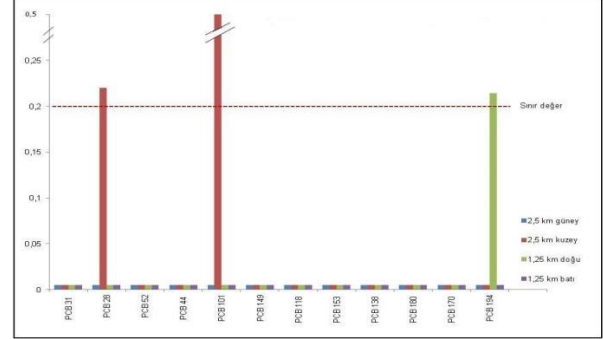
Tablo 2. PCB analiz sonuçlarının TKKY sınır değerleriyle karşılaştırılması.

Bileşik adı	Numune adı				Sınır değerler
	2,5 km güney	2,5 km kuzey	1,25 km doğu	1,25 km batı	Toprağın yutulması ve deri teması yoluyla emilim
	mg/kg kuru ağı.	mg/kg kuru ağı.	mg/kg kuru ağı.	mg/kg kuru ağı.	mg/kg kuru ağı.
PCB 31 2,4',5'-Triklorobifenil	0,005	0,005	0,005	0,005	0,2
PCB 28 2,4,4'-Triklorobifenil	0,005	0, 220	0,005	0,005	0,2
PCB 52 2,2',5,5'-Tetraklorobifenil	0,005	0,005	0,005	0,005	0,2
PCB 44 2,2',3,5'-Tetraklorobifenil	0,005	0,005	0,005	0,005	0,2
PCB 101 2,2',4,5,5'-Pentaklorobifenil	0,005	0, 493	0,005	0,005	0,2
PCB 149 2,2',3,4',5',6-Hekzaklorobifenil	0,005	0,005	0,005	0,005	0,2
PCB 118 2,3',4,4',5-Pentaklorobifenil	0,005	0,005	0,005	0,005	0,2
PCB 153 2,2',4,4',5,5'-Hekzaklorobifenil	0,005	0,005	0,005	0,005	0,2
PCB 138 2,2',3,4,4',4',5-Hekzaklorobifenil	0,005	0,005	0,005	0,005	0,2
PCB 180 2,2',3,4,4',5,5'-Heptaklorobifenil	0,005	0,005	0,005	0,005	0,2
PCB 170 2,2',3,3',4,4',5-Heptaklorobifenil	0,005	0,005	0,005	0,005	0,2
PCB 194 2,2',3,3',4,4',5,5'-ktaklorobifenil	0,005	0,005	0, 214	0,005	0,2

şekilde toprağın organik materyaline tutunurlar. Başta PCB'ler olmak üzere bu bileşiklerin topraktaki mobilitesi ve uçuculukları düşüktür. Sadece kısa zincirli ve düşük molekül ağırlıklı bazı bileşikler topraktan buharlaşma yoluyla uzaklaşabilir. Ancak uçuculukları ihmal edilebilir düzeydedir. [20,21].

TKKY' de PCB' nin sınır değeri 0,2 mg/kg kuru ağıdır. Toprak numunelerinde yapılan incelemelerde bu sınır değeri PCB türevlerinden 2,5 km kuzey yönünde (3 noktası) PCB 28'in 0,220 mg/kg kuru ağı, PCB 101'in 0,493 mg/kg kuru ağı ve 1,25 km doğu yönünde (1 noktası) PCB 194'ün 0,214 mg/kg kuru ağı da aştığı görülmüştür (Şekil 3). 3 noktasındaki PCB konsantrasyonlarının yüksek çıkma nedeninin, hakim rüzgar yönlerine bağlı olarak atık yakma tesisi ve endüstriyel tesislerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bu tesislerin 1 noktasına yakın olması da bu noktadaki PCB konsantrasyonlarının yüksek olmasının nedeni olarak düşünülmektedir. Literatürde yapılan çalışmalarda da, PCB konsantrasyonlarının en fazla sanayi alanlarında ve atık yakılan bölgelerde olduğu görülmüştür [1,22]. Bu bölgelerdeki topraklarda PCB türevlerinin bir kısmının yüksek çıkmasının nedeni topraktaki uzun süre birikim yapmasıdır [3]. Literatürde bu bileşiklerin kontrolünde bazı bitki türlerinin kullanıldığı görülmektedir. Fitoremediasyon yönteminde PCB bileşikleri için *Solanum*

nigrum[23], *Hordeum vulgare*[24], *Cucurbitapepo* [25], bitkilerinin etkili olduğu bilinmektedir. Özellikle bu bitkilerin ekilmesi ile PCB bileşikleri bitkinin gövdesi ve yapraklarında birikerek topraktaki miktarı azalmaktadır.



Şekil 3. Toprak örneklerinde PCB konsantrasyonlarının dağılımı (mg/kg kuru ağı)

Özellikle yaz aylarında yüksek sıcaklıktan dolayı topraktan havaya PAH buharlaşırken, kış aylarında yüksek PAH emisyonu ve soğuk havalardan dolayı havadan toprağa PAH geçişi olur [26]. Bu nedenle, çalışmanın PAH bileşiklerinin belirlenmesine yönelik aşaması için 1,25 km doğu ve batı (1 ve 2 noktaları), 2,5 km kuzey ve batı (3 ve 5 noktaları) koordinatlarında

Tablo 3. PAH Analiz sonuçlarının TKKY sınır değerleriyle karşılaştırılması.

Bileşik adı	Numune adı				Sınır değerler
	1,25km doğu	2,5 km kuzey	1,25 km batı	2,5 km batı	Toprağın yutulması ve deri teması yoluyla emilim
	mg/kg kuru ağı.	mg/kg kuru ağı.	mg/kg kuru ağı.	mg/kg kuru ağı.	mg/kg kuru ağı.
Naftalin	0,696	0,623	0,705	0,850	1147
Asenaftilen	0,110	0,102	0,101	0,163	**
Asenaften	0,075	0,109	0,143	0,053	3441
Fluoren	0,592	0,673	0,684	0,350	2294
Fenantren	0,107	0,323	0,082	0,370	**
Antrasen	1,465	1,864	0,314	2,297	17203
Floranten	0,470	0,515	0,306	0,816	2294
Piren	1,180	0,122	0,918	1,211	1720
Benzo(a)antrasen	1,620	1,734	1,652	2,315	0,6
Krizen	0,380	0,174	6,251	0,498	62
Benzo(k)floranten	88,097	179,034	1,303	102,773	6
Benzo(b)floranten	72,460	92,350	0,010	20,868	0,6
Benzo(a)piren	0,790	0,761	0,475	1,893	0,06
İnden(1.2.3-cd)piren	0,403	0,197	0,976	0,205	0,6
Dibenz(a,h)antrasen	*	0,100	0,025	0,608	0,06
Benzo(g,h,i)perilen	0,326	0,042	0,496	0,237	**

*Analiz limitlerin altında olduğundan konsantrasyonu belirlenmemiştir.

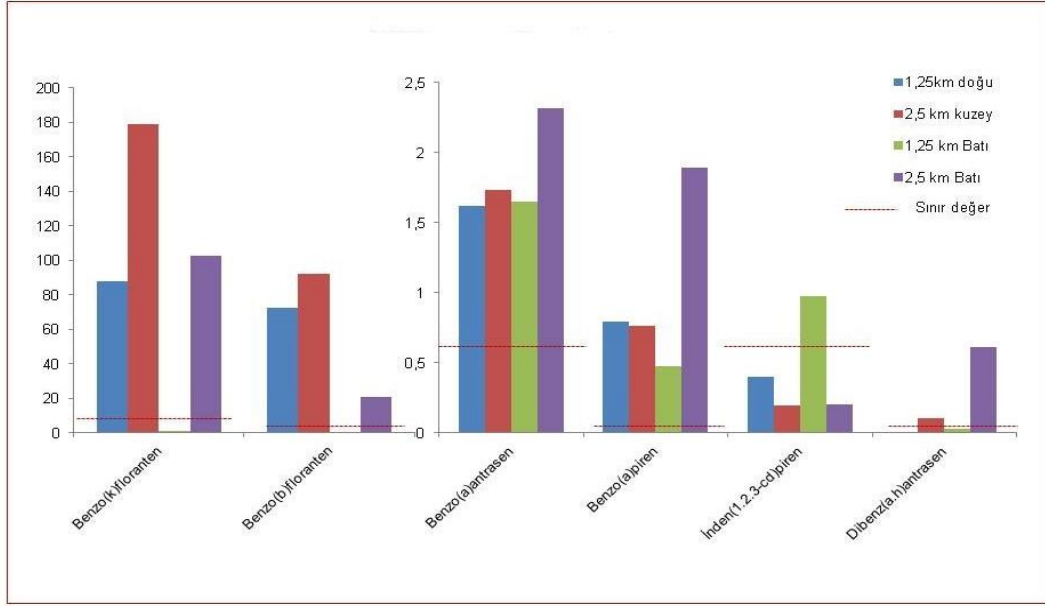
** Sınır değerleri bulunmamaktadır.

daha önceden belirlenen noktalardan Ocak ayında numuneler alınmış ve bu numunelerde 16 çeşit PAH bileşiği araştırılmıştır. Bu analizlere ait sonuçlar Tablo 3'de verilmiş ve analiz sonuçları TKKY ile karşılaştırılmıştır.

Alınan toprak numunelerinde PAH türevlerinin bazılarının TKKY'ye göre sınır değerleri aştığı görülmüştür. Sınır değerleri aşan PAH bileşiklerinin sınır değer-konsantrasyon grafiği Şekil 4' de verilmiştir.

3 ve 5 noktalarında PAH türevlerinin sınır değerlerin çok üzerinde olduğu görülmüştür.

Toprakta bitkilere, bitkilerden ise besin zinciri yoluyla canlılara geçebilen bu bileşikler biyolojik birikim yapabilmeleri ve kanserojen olmaları nedeni ile oldukça önemlidir. Topraklardaki PCB ve PAH birikimlerinin önüne geçmek ve sınır değerlerin altında tutmak, bu bileşiklerin miktarlarını azaltıcı önlemlerin alınması çevre ve halk sağlığı için büyük önem



Şekil 4. Sınır değerleri aşan PAH bileşiklerinin konsantrasyon dağılımları (mg/kg kuru ağı.).

Şekil 4'den görüldüğü gibi, Benzo(a)antrasen ve Benzo(a)piren'in numunelerin alındığı tüm noktalarda, Benzo(k)fluoranten ve Benzo(b)fluoranten'in 1,3 ve 5 noktalarında, Dibenz(a,h)antrasen'in 3 ve 5 noktalarında, İnden(1,2,3-cd)piren'in ise 2 noktasında sınır değerleri aştığı belirlenmiştir. Sonuçlardan anlaşılmaktadır ki, PAH türevlerinin bazıları çalışılan tüm noktalarda yüksek konsantrasyonda bulunmuştur. Bunun da, bu bölgelerde bulunan endüstriyel tesisler, otoyol ve yakma tesisi gibi kirlilik kaynaklarından gelebileceği düşünülmektedir. Literatür çalışmalarında da, benzer sonuçlarla karşılaşmıştır [22]. Benzo(k,b)fluoranten, Benzo(a)antrasen, Benzo(a)piren gibi bileşiklerin konsantrasyonlarının yüksek bulunması Maisto vd., (2006) çalışmasında da görülmektedir [9].

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada Kocaeli ili Alikahya bölgesindeki toprak örtüsünün PCB ve PAH bileşikleri açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda koordinatları önceden belirlenen altı noktada 5 ve 30 cm derinliklerden toprak numuneleri alınarak PCB ve PAH bileşikleri araştırılmıştır. PCB konsantrasyonları incelendiğinde, 1 ve 3 noktalarında PCB türevlerinin sınır değerleri aştığı görülmüş, PAH konsantrasyonlarında ise belirlenen tüm yönlerde (1, 2,

taşımaktadır. Bunun için farklı bitki çeşitlerinin ekilmesi ile toprakta bulunan PCB ve PAH'ların azaltılarak yeraltı sularına karışmasının önüne geçilmesi, uygun bir önleyici önlem olarak düşünülmektedir. Bu şekilde çevreye verilen zarar en aza indirgenmiş olacaktır.

5. TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Birimi tarafından 2005/24 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

6. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- 1) Wang D., Yang M., Jia H., et al., "Levels, distributions and profiles of polychlorinated biphenyls in surface soils of Dalian, China", *Chemosphere*, 73, 38-42, 2008.
- 2) Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, "PCB ve PCT içeren atıkların yönetimi el kılavuzu", Nisan, 2009.
- 3) Batterman S., Chernyak S., Gouden Y., et al., "PCBs in air, soil and milk in industrialized and urban areas of KwaZulu-Natal, South Africa", *Environmental Pollution*, 157, 654-663, 2009.
- 4) Motelay-Massei A., Ollivon D., Garban B., et al., "Distribution and spatial trends of PAHs and PCBs in soils in the Seine River basin, France", *Chemosphere*, 55, 555-565, 2004.

- 5) Wilcke W., "Global patterns of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in soil", *Geoderma*, 141, 157-166, 2007.
- 6) Jiang Y., Wanga X., Wang F., et.al., "Levels, composition profiles and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in urban soil of Shanghai, China" *Chemosphere*, 75 (8), 1112-1118, 2009.
- 7) Xing-hong' L., Ling-ling' M., Xiu-fen' L., et.al., "Polycyclic aromatic hydrocarbon in urban soil from Beijing, China", *Journal of Environmental Sciences*, 18 (5), 944-950, 2006.
- 8) Ray S., Khillare PS., Agarwal T., et.al., "Assessment of PAHs in soil around the International Airport in Delhi, India", *Journal of Hazardous Materials*, 156, 9-16, 2008.
- 9) Maisto G., De Nicola F., Iovieno P., et.al., "PAHs and trace elements in volcanic urban and natural soils", *Geoderma*, 136, 20-27, 2006.
- 10) Roos PH., Tschirbsa S., Pfeiferb F., et.al., "Risk potentials for humans of original and remediated PAH-contaminated soils: application of biomarkers of effect", *Toxicology*, 205 (3), 181-194, 2004.
- 11) Nadal M., Schuhmacher M., Domingo J.L., "Levels of PAHs in soil and vegetation samples from Tarragona County, Spain", *Environmental Pollution*, 132 (1), 1-11, 2004.
- 12) ATSDR, Toxicological Profile for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs), U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, "Agency for Toxic Substances and Disease Registry", November, 1995.
- 13) ATSDR, Toxicological Profile for Polychlorinated Biphenyls (PCBs), U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, "Agency for Toxic Substances and Disease Registry", November, 2000.
- 14) TKKY, "27605 sayılı 08.06.2010 tarihli Toprak Kirliliği Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik (TKKY 2010/27605).
- 15) TS 9923, "Türk Standardı TS 9923/Mart 1992 Toprak Kalitesi Yüzeysel Toprakta Numune Alma, Numunelerin Taşınma ve Muhafaza Kuralları, 1992.
- 16) USEPA, Environmental Protection Agency, "Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)", Office of Solid Waste, Washington, DC 20460, 2008.
- 17) USEPA, Environmental Protection Agency, "Table of PCB Species by Congener Number" <http://www.epa.gov/epawaste/hazard/tsd/pcbs/pubs/congenertable.pdf> (Ziyaret Tarihi: 16.03.2009), 2003.
- 18) Krauss M., Gwilcke W., Gzech W., "Availability of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) and Polychlorinated Biphenyls (PCBs) to Earth Worms in Urban Soils", *Environmental Science and Technology*, 34, 4335-4340, 2000.
- 19) USEPA, Method 8270D Semivolatile organic compounds by gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS), Revision 4, January, 1998.
- 20) Tang X., Shen C., Shi D., et.al., "Heavy metal and persistent organic compound contamination in soil from Wenling: An emerging e-waste recycling city in Taizhouarea, China", *Journal of Hazardous Materials*, 173, 653-660, 2010.
- 21) Chen B., Xuan X., Zhu L., et.al., "Distributions of polycyclic aromatic hydrocarbons in surface waters, sediments and soils of Hangzhou City, China", *Water Research*, 38, 3558-3568, 2004.
- 22) Chryssikou L., Gemenetzi P., Kouras A., et.al., "Distribution of persistent organic pollutants, polycyclic aromatic hydrocarbons and trace elements in soil and vegetation following a large scale landfill fire in northern Greece", *Environment International*, 34 (2), 210-225, 2008.
- 23) Mackova M., Macek, T., Ocenaskova J., et.al., "Biodegradation of polychlorinated biphenyls by plant cells", *Int. Biodeterioration Biodegradation*, 39, 317-325 1997.
- 24) McFarlane JC., Nolt C., Wickliff C., et.al., "The uptake, distribution and metabolism of four organic chemicals by soybean plants and barley roots", *Environmental Toxicology and Chemistry*, 6, 847-856, 1987.
- 25) Aslund MLW., Rutter A., Reimer KJ., et.al., "The effects of repeated planting, planting density, and specific transfer pathways on PCB uptake by *Cucurbitapepo* grown in field conditions", *Science of The Total Environment*, 405 (1-3), 14-25, 2008.
- 26) Wentao W., Staci S., Basant G., et.al., "Atmospheric concentrations and air-soil gas exchange of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in remote, rural village and urban areas of Beijing-Tianjin region, North China", *Science of The Total Environment*, 409, 2942-2950, 2011.