



BİR MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİNİN FARKLI İÇ ORTAMLARINDAN TOPLANAN TOZ ÖRNEKLERİNDEKİ PAH VE PCB'LERİN SEVİYELERİNİN VE KAYNAKLARININ İNCELENMESİ

Sema YURDAKUL^{1*}, Işıl ÇELİK², Banu ÇETİN²

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

² Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAHlar), Poliklorlu Bifeniller (PCBler), Faktör analizi (FA), İç Ortam Tozu, İç Ortam Kirliliği.

Öz

Süleyman Demirel Üniversitesi (SDÜ) Mühendislik Fakültesinde, önceden belirlenen 23 noktada toz örnekleri 2017 yazı boyunca toplanmış ve örneklerdeki PAH ve PCB'ler solvent ekstraksiyon yöntemi ile ayrılarak, deriştirilmiş, temizleme/ayırma kolonu metoduyla girişim yapan bileşiklerden temizlenerek hazırlanan örnekler Gaz Kromatografisi/ Kütle Spektrometresi (GC/MS) cihazı ile analiz edilmişlerdir. Çalışmada elde edilen PAH ve PCB konsantrasyonları oldukça değişkenlik göstermişlerdir. Toplam PAH konsantrasyonu ($\Sigma 16\text{PAH}$) 247,14 ile 14162,65 ng g⁻¹ aralığında (kuru ağırlıkta) değişmektedir (ORT \pm SS; 2161,27 \pm 3118 ng g⁻¹). Toplam PCB konsantrasyonu ($\Sigma 41\text{PCB}$) ise 2,06 ile 495 ng g⁻¹ aralığında (kuru ağırlık) değişmektedir (ORT \pm SS; 74,72 \pm 107,67 ng g⁻¹). Çalışmada ayrıca hedef organik kirleticilerin kaynaklarını belirlemek amacıyla Faktör Analizi (FA) gerçekleştirilmiş ve PAH'lar için iki PCB'ler içinse üç kaynak elde edilmiştir. Faktör Analizi sonuçlarına göre SDÜ Mühendislik Fakültesi iç ortam tozundaki PAHların ana kaynağının trafik ve fakülte içerisindeki aktiviteler olduğu, PCB'lerin ise yine fakülte içerisinde gerçekleştirilen aktiviteler, boyalar ve kullanılan teknik solventler olduğu görülmüştür. Ayrıca ofislerinde sigara kullanan akademik/idari personelin PCB maruziyeti açısından içmeyenlere kıyasla daha fazla potansiyel bir risk taşıdıkları görülmüştür.

INVESTIGATION OF THE LEVELS AND SOURCES OF PAH AND PCBs IN DUST SAMPLES COLLECTED FROM DIFFERENT MICROENVIRONMENTS OF A FACULTY OF ENGINEERING

Keywords

Polycyclic Aromatic hydrocarbons (PAHs), Polychlorinated Biphenyls (PCBs), Factor Analysis (FA), Indoor Dust, Indoor Pollution.

Abstract

Indoor dust samples were collected from previously identified 23 points in Suleyman Demirel University (SDU) Engineering Faculty Building in 2017 summer and organic compounds were extracted from collected dust samples by solvent extraction method, then extracts were concentrated and they were cleaned-up by column chromatography method and finally prepared samples were analyzed by Gas Chromatography/Mass Spectroscopy instrument. In the study, the obtained both PAH and PCB concentrations displayed great variability. Total PAH concentration were between ($\Sigma 16\text{PAH}$) 247.14 and 14162.65 ng g⁻¹ (in dry weight) (avg \pm sd; 2161.27 \pm 3118 ng g⁻¹), total PCB concentrations were between ($\Sigma 41\text{PCB}$) 2.06 and 495 ng g⁻¹ (in dry weight) (avg \pm sd; 74.72 \pm 107.67 ng g⁻¹). In the study, to determine the sources of target pollutants, Factor Analysis (FA) was also performed. Factor Analysis revealed two sources for PAHs and three sources for PCBs. According to the results of the Factor Analysis, it was observed that the traffic and activities performed in the faculty building were the sources of the measured PAHs, activities in the building, paints and technical solvents were the sources of the PCBs in the indoor dust of building. Furthermore, it was seen that academic/administrative personnel who smoke in their offices had a potential risk in terms of PCB exposure as compared to non-smokings.

* İlgili yazar / Corresponding author: semayurdakul@sdu.edu.tr, +90-246-211-1282

Alıntı / Cite

Yurdakul, S., Çelik, I., Çetin, B., (2021). Bir Mühendislik Fakültesinin Farklı İç Ortamlarından Toplanan Toz Örneklerindeki PAH ve PCBlerin Seviyelerinin ve Kaynaklarının İncelenmesi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 9(1), 336-347.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

S. Yurdakul, 0000-0002-1728-1588
I. Çelik, 0000-0001-9651-3393
B. Çetin, 0000-0002-4641-1652

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	06.10.2020
Revizyon Tarihi / Revision Date	19.01.2021
Kabul Tarihi / Accepted Date	27.01.2021
Yayın Tarihi / Published Date	30.03.2021

1. Giriş (Introduction)

İnsanlar dış ortamda; sanayi tesislerinden, trafik ve evsel kaynaklardan atmosfere yayılan birçok kirleticiye maruz kalmaktadırlar. Bu kirleticilerin taşınimleri, konsantrasyonları, kaynak katkıları ve sağlık riskleri ile ilgili çeşitli araştırmalar gerçekleştirilmekte ve çıkarılan yönetmeliklerle kirleticilerin çevreye salınması engellenmektedir. Ancak modern toplumlarda insanlar zamanlarının %90'a yakın kısmını (% 87,2 iç ortamlarda, % 7,2 araçlarda ve % 5,6 dış ortamlarda) ev, ofis, üniversite, okul, kreş, alış-veriş merkezi, kafeler, spor salonları ve internet kafe gibi iç ortamlarda geçirdiklerinden dolayı iç ortamda bulunan kirleticilere daha çok maruz kalmaktadırlar (Wallace, 1996; DellaValle vd., 2013).

İç ortam havasındaki kirleticiler; insanların günlük aktiviteleri, iç ortamda bulunan malzemelerin salınımları ve dışarıdan iç ortama sızan dış ortam havası gibi çeşitli etkenlerin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Günümüzde iç mekanlarda yer alan tüketim malzemelerinin, kişisel bakım ürünlerinin, mobilyaların, duvar boyalarının, bina ve bina yalıtım malzemelerinin üretimi sırasında bir çok kimyasal kullanılmaktadır. Dolayısıyla; gelişen teknolojiye paralel olarak günlük hayatımıza giren kimyasalların hem sayısı hem de miktarı her geçen gün artış göstermektedir. Bunun sonucunda da insanların maruz kaldığı kirletici miktarı da her geçen gün artmaktadır. Günlük hayatta kullanılan kimyasalların sayısının ve miktarının artması, iç ortamlarda geçirilen sürelerin uzaması ve enerji verimliliğini arttırmak adına daha yalıtımlı binaların yapılması sonucu bu maruziyet son yıllarda daha da artış göstermiştir (Yurdakul vd., 2018).

Üniversite yerleşkeleri çok sayıda öğrenci ve personel barındırmaları, bu kişilerin uzun süre iç ortamda bulunmaları ve ofislerde bulunan çeşitli donanıma ilaveten laboratuvarlarda kullanılan malzemeler ve kimyasallar iç ortam kirlilik seviyelerini daha da arttırmaktadır. Bu durumda iç ortamda geçirilen süreler de göz önüne alındığında iç ortam havasının dış ortama kıyasla insan maruziyeti açısından daha çok etkili olduğu anlaşılmaktadır (Payne-Sturges vd., 2004; Mitchell vd., 2007; Jia vd., 2008).

Atmosferde yaygın olarak gözlenen birçok Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH) bileşiğinin mutajenik ve/veya kanserojenik etkilerinin bulunduğu bilinmektedir (Vu vd., 2011). Poliklorlu Bifenillerin (PCB'lerin) toksik ve insan sağlığı üzerinde kronik etkileri olduğu, potansiyel kanserojen oldukları ve bağlı bulunan klor sayısının artması ile toksik etkilerinin arttığı bilinmektedir. Atmosferde gaz ve parçacık fazlarında bulunabilen bu kirleticiler gerek deri yolu ile gerekse solunum sistemi ile canlı bünyesine girebilmektedir. Diğer yandan çökelmiş PAH bileşikleri ve PCB'ler ise yüzeysel ve yeraltı suları ile besin zincirine geçebilmekte ve bu şekilde canlı yaşamını olumsuz etkileyebilmektedir. Çeşitli eksik yanmadan kaynaklanan PAH'ların potansiyel mutajen ve/veya kanserojen oldukları literatürde çeşitli çalışmalarda ortaya konmuştur (Chen vd., 2012). PCB'lerin 1970'lerde tüm dünyada kullanılması yasaklanmasına veya üretimi sınırlandırılmasına rağmen, günümüzde çevremizde varlıklarını sürdürmekte ve PCB ile kirlenmiş bölgelerde ve/veya binalarda yaşayan, PCB ile kirlenmiş besinleri, suyu tüketen ve/veya havayı soluyan insanlar/canlılar için tehlike oluşturmaya devam etmektedir (Marabini vd., 2011; Robertson vd., 2011).

Literatürdeki çalışmaların daha ziyade okullar ve konutlar üzerinde yoğunlaştığı (Wilson vd., 2004; Kang vd., 2010; Ali vd., 2014; Whitehead vd., 2014a; Whitehead vd., 2014b; Yang vd., 2015; Civan ve Kara, 2016) görülmele birlikte literatürde üniversitelerde gerçekleştirilmiş az sayıda yayına da rastlanmaktadır. Şangay'da bir üniversitede gerçekleştirilen çalışmada dersliklerden ve kantinlerden toplanan iç ortam örneklerinde 18 PAH'ın seviyeleri araştırılmış ve toplam PAH seviyesi 9,84 ile 21,44 µg g⁻¹ arasında bulunmuştur. Çalışmada ayrıca PAH'lar için bir sindirim yolu sağlık riski çalışması gerçekleştirilmiş ve bunun sonucunda üniversitede toplanan tozlardaki PAH seviyelerinin sindirim yoluyla insan sağlığını riske atacak seviyede olduğunu belirtmişlerdir (Peng vd., 2012). Bu çalışmanın amaçları; SDÜ Mühendislik fakültesinde toplanan toz örneklerindeki EPA'nın öncelikli kirleticiler listesinde yer alan 16 adet Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH'lar) ile Stockholm Sözleşmesi "kirli düzine" kirleticilerinden olan Poliklorlu Bifenillerin (PCB'ler) kantatif olarak ortaya çıkarılması ve bu kirleticilerin kaynaklarının belirlenmesidir.

3. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

3.1. Örnekleme (Sampling)

Bu çalışma kapsamında Süleyman Demirel Üniversitesi Kampüsünde yer alan Mühendislik Fakültesi binasında seçilen 23 noktadan alınan toz örneklerindeki PAH ve PCB'lerin (Tablo 1) seviyeleri belirlenmiştir. Çalışma kapsamında hedef olarak belirlenen kirleticiler Tablo 1'de verilmiştir. Çalışmada, 2017 yılı yazında farklı mikro çevrelerden; 4 ofis, 5 derslik, 4 laboratuvar, 4 öğrenci ortak çalışma alanı, 1 teknik resim salonu, 1 bilgisayar laboratuvarı ve 4 tane de dış ortamdan; binanın dört bir çevresinde bulunan beton tretuvarların üzerinden olmak üzere toplamda 23 adet örnekleme noktasından iç ortam ve dış ortam toz örneği toplanmıştır. Örnekler iç mekânlarda yer döşemeleri üzerinde biriken tozlar toplanarak oluşturulmuştur. Mekânların her bir köşesinden farklı farklı toplanarak homojen hale gelecek şekilde karıştırılmıştır. Örnekleme yapılan derslik, ofis, laboratuvar ve çalışma alanlarının boyutları birbirinden farklıdır. Fakat örnek alınırken her bir mekândan aynı miktarda örnek alınmaya çalışılmıştır.

Örnekler önceden aseton ile temizlenmiş metal fırça ve faraş ile toplanıp işlem göreceği zamana kadar buzdolabında -4 °C'de kavanozda saklanmıştır.

Tablo 1. Bu çalışmada ölçülen organik kirleticiler (The target organic compounds)

Ölçülecek Organik Parametreler	
PAH'lar	PCB'ler
Naphthalene	PCB-18,17
Acenaphthylene	PCB-31,28
Acenaphthene	PCB-33,52
Fluorene	PCB-49,44
Phenanthrene	PCB-74,70
Anthracene	PCB-95,101
Fluoranthene	PCB-99,87
Pyrene	PCB-110,82
Benz(a)anthracene	PCB-151,149
Chrysene	PCB-118,153
benzo(b)fluoranthene	PCB-132,105
benzo(k)fluoranthene	PCB-138,158
Benzo(a)pyrene	PCB-187,183
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	PCB-128,177
Dibenz(a,h)anthracene	PCB-171,156
Benzo(g,h,i)perylene	PCB-180,181
	PCB-169,170
	PCB-199,208
	PCB-195,194
	PCB-205,206
	PCB-209

3.2. Örneklerin Analize Hazırlanması (Preparation of Samples)

Örnekler ekstraksiyondan önce kırıntılardan arındırmak için 0,5 mm gözenek çaplı bir elekten geçirilmiş ve 5 g tartılarak 30 mL aseton:hegzan (1:1) karışımı ile bir gece bekletilerek 60 dakika süre ile ultrasonik banyoda tek aşamalı olarak ekstrakte edilmişlerdir. Tüm örnekler ekstraksiyon işleminden önce geri dönüşüm verimini bulmak için Surrogate Standard eklenmiştir. Bu amaçla PAH'lar için naftalen D-18, asenaften D-10, fenantren D10, krisen D-12 ve perilen D-12; PCBler içinse PCB-14, -65 ve -166 kullanılmıştır. Kalite kontrol/Kalite güvence (KK/KG) açısından örneklerle aynı işlemlere tabi tutulan şahit (blank)de örnekleme noktasından laboratuvara götürülerek örnekler ile aynı işleme tabi tutulmuştur. Bu çalışmada solvent şahit numuneleri de organik kirleticileri izlemesi bakımından şahit numuneler olarak kullanılmışlardır.

Ekstrakte edilen örnekler döner buharlaştırıcı kullanılarak hacmi 5 ml'ye azaltılmış ve hegzan ilave edilerek solvent değişimi yapılmıştır. Daha sonra hacim yüksek saflıkta azot gazı kullanılarak 2 ml'ye düşürülmüştür. Alümina- silisik asit kolonundan geçirilen örnekler burada temizlenip fraksiyonlara ayrılmıştır. Bunun için % 4,5 deiyonize su ile deaktive olmuş 3 gr silisik asit, %6 deiyonize su ile deaktive olmuş 2 gr alümina kullanılmıştır. Sırasıyla temizleme kolonuna cam yünü, silisik asit, alümina ve mevcut nemi tutması için sodyum sülfat konulmuştur. Kolon önce 20 mL diklorometan ile sonra 20 mL petrolyum eteri ile yıkanmış, sonrasında 2 mL örnek

ilave edilmiştir. Bu aşamadan sonra 40 mL'lik amber renkli teflon kapaklı vialler kolonun altına konularak temizlenmiş örnekler toplanmıştır. 35mL petrolüym eteri ile PCB'ler bir vialde, 20 mL diklorometan ile PAH'lar da ayrı bir vialde toplanarak işlem tamamlanmıştır. Nihai örnekler hegzan içerisine toplanmıştır. Bunun için azotla uçurma sırasında solvent değişimi işlemi yapılmıştır. Örnek hacmi 5 ml'ye düştüğünde 10 ml hegzan ilave edilerek ve bu işlem 2 defa tekrar edilmiştir. Son hacim 1 ml'ye düşürülen örnekler ekstraksiyondan sonra 2000 rpm'de 10 dakika boyunca santrifüjlenmiş ve analize hazır hale getirilmiştir. KK/KG açısından örnekleme dönemine ait 3 adet solvent şahit (blank) ve 3 adet field blank örnek de aynı işleme tabi tutulmuştur.

3.3. Önerilen Yöntem (Proposed Method)

PAH ve PCB analizleri Gebze Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde mevcut olan Agilent (6890N) marka gaz kromatografisi/kütle spektrometrisi (5973 inert MSD) (GC/MS) cihazı kullanılarak yapılmıştır. HP5-ms (30 m, 0.25 mm, 0.25 µm) kolon kullanılmıştır. Cihaz Elektron Etki (EI) İyonizasyon modunda çalıştırılmış ve taşıyıcı gaz olarak da helyum kullanılmıştır. Analiz sırasında kalibrasyonun bozulup bozulmadığı her 12 saate bir analizlenen orta değerdeki standartla (mid-point) teyit edilmiştir. Yüzde 10'dan daha fazla olan sapmalarda ise cihaz tekrar kalibre edilmiştir. Analiz sırasında enjektör, iyon kaynağı ve kuadropol sıcaklıkları PAH'lar için sırasıyla 295, 300 ve 180 °C olarak, PCB'ler içinse 250, 230 ve 150 °C olarak ayarlanmıştır. PAH'lar için başlangıçta fırın 50 °C'de bir dakika bekletilmiş, daha sonra fırın sıcaklığı 25 °C/dak ramp ile 200 °C'ye, sonra 8 °C/dak ramp ile 300°C'ye çıkarılmış ve 5,5 dakika bu sıcaklıkta bekletilmiştir. PCB'ler içinse fırın sıcaklığı 70 °C'de 2 dakika bekletilmiş, daha sonra fırın sıcaklığı 25 °C/dak ramp ile 150 °C'ye, sonra 3 °C/dak ramp ile 200°C'ye ve 8 °C/dak ramp ile 280°C'ye çıkarılmış ve 10 dakika bu sıcaklıkta bekletilmiştir. Tüm örnekler splitless modda 1 µl olarak GC/MS'e enjekte edilmişlerdir.

Surrogatelerin analitik geri dönüşüm verimleri % 40 (naftalin D-8), % 45 (asenaften D-10), % 53 (fenantren D-10), % 58 (kriseen D-12) ve % 58 (perilen D-12) olarak bulunmuştur. Literatürde PAH'ların toprak/sediman örneklerindeki geri dönüşüm oranları % 50 ile %130 arasında değiştiği görülmektedir (Song vd., 2002; Martinez vd., 2004; Barco-Bonilla vd., 2009; Yamada vd., 2009; Tuncel ve Topal, 2011; Delgado-Marín vd., 2013; Wei et al., 2014; Frantz vd., 2015; Zhang vd., 2015; Markowicz vd., 2016). Çalışmada elde edilen geri dönüşüm oranları literatürle karşılaştırılabilir bulunmakla birlikte deuterated PAH'ların geri dönüşüm oranlarının düşük bulunmasının sebebinin literatürde de belirtildiği üzere (Song vd., 2002; Martinez vd., 2004; Cavalcante vd., 2008), ekstraksiyon sırasında ultrasonik banyonun kullanılması, polaritesi aynı olan hegzanın fraksiyona ayırma işleminden veyahut örneklerin toprakta değil de ev tozunda toplanmış (ekstraksiyon sırasındaki buharlaşmalar/kayıplar) olduğu düşünülmektedir. PCB'ler içinse geri dönüşüm verimleri % 92 (PCB-14), % 100 (PCB-65) ve % 82 (PCB-166) olarak bulunmuştur.

KK/KG açısından her örnekleme kampanyasında 5 adet şahit numune toz numuneleri ile aynı işlemlere tabi tutmuşlardır. Örneklerdeki PAH değerleri şahitlerdeki PAH değerlerinden 5 kat (asenaftalin) - 37 kat (benzo(b)florantin) daha fazla bulunmuştur. Örneklerdeki PCB değerleri ise blanklerdeki PCB değerlerinden 5 kat (PCB-18) - 329 kat (PCB-156) daha fazla bulunmuştur.

Enstrümental tayin sınırları PAH'lar için 0,03 µg/kg, PCB'ler içinse 0,02 µg/kg olarak bulunmuştur. Tayin sınırının belirlenmesinde ise blanklerdeki değerlerin standart sapmasının 3 katı alınıp ortalama değerle toplanmıştır. Buna göre tayin sınırları PAH'lar için 0,44 µg/kg (benzo[a]antrasen) ile 26 µg/kg (fenantren) arasında, PCB'ler için 0,04 µg/kg (PCB-31) ile 0,06 µg/kg (PCB-18) arasında bulunmuştur.

4. Deneysel Sonuçlar (Experimental Results)

Bu çalışmada hedef PAH'lara ait istatistiksel değerler Tablo 2'de verilmiştir. Çalışmada 16 PAH ölçülmüştür. Örneklerde fenantren en fazla elde edilen PAH türü olurken, bunu naftalen, floranten, piren, floren, ve asenaftalin izlemektedir. Bu kirleticilerin toplam PAH konsantrasyonlarına katkıları sırasıyla % 34,0±12,5 (fenantren), % 20,1±21,3 (naftalen), %13,5±5,0 (floranten), % 8,8± 2,3 (piren), 4,0±1,6 (floren) ve 3,4±3,1 (asenaftalin) olarak bulunmuştur. Toplam PAH konsantrasyonu (Σ16PAH) 247,1 ile 14162,6 ng g-1 aralığında (kuru ağırlıkta) değişmektedir (ORT±SS; 2161,3±3118 ng g-1). Elde edilen PAH konsantrasyonları oldukça değişkenlik göstermektedirler (Tablo 2). En düşük ve en yüksek elde edilen konsantrasyonlar arasında yaklaşık 57 kat fark vardır. Tüm örnekleme boyunca, elde edilen PCB toz konsantrasyonları Tablo 3'te sunulmuştur. Elde edilen PCB konsantrasyonları oldukça değişkenlik göstermektedir. Toplam PCB konsantrasyonu (Σ 41PCB) 2,1 ile 495 ng g-1 aralığında (kuru ağırlık) değişmektedir (ORT±SS; 74,7 ± 107,6 ng g-1). PCB-169 (% 29,6±20,82) en fazla elde edilen PCB olurken, bunu PCB-156 (%8,1±13,61), PCB-128 (% 7,4±6,48) ve PCB-195 (% 6,6±13,8) izlemektedir.

Tablo 2. Hedef PAHlara ait istatistiksel değerler ($\mu\text{g g}^{-1}$) (BDL: Tayin sınırının altı) (Statistical values for target PAHs)

Bileşik	Ortalama	Medyan	Min	Max
Naphthalene	0,292	0,182	0,089	1,629
Acenaphthylene	0,055	0,033	BDL	0,346
Acenaphthene	0,026	0,015	BDL	0,136
Fluorene	0,120	0,055	0,031	0,793
Phenanthrene	1,025	0,481	0,276	6,742
Anthracene	0,070	0,028	BDL	0,414
Fluoranthene	0,377	0,189	0,113	2,073
Pyrene	0,240	0,119	0,073	1,248
Benz(a)anthracen	0,054	0,025	BDL	0,220
Chrysene	0,092	0,049	0,022	0,317
Benzo(b)fluorantane	0,048	0,031	BDL	0,176
Benzo(k)fluorantane	0,035	0,024	BDL	0,090
Benzo(a)pyrene	0,027	0,014	BDL	0,141
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	0,024	0,013	BDL	0,072
Dibenz(a,h)anthracene	0,009	0,006	BDL	0,030
Benzo(g,h,i)perylene	0,031	0,020	BDL	0,077

Tablo 3. Seçili hedef PCBlere ait istatistiksel değerler ($\mu\text{g g}^{-1}$) (BDL: Tayin sınırının altı) (Statistical values for target PCBs)

Bileşik	Ortalama	Medyan	Min	Max
PCB-18	0,214	0,439	0,075	2,161
PCB-17	0,081	0,137	0,020	0,710
PCB-31	0,300	0,678	0,047	3,935
PCB-28	0,394	0,879	0,115	2,960
PCB-33	0,713	1,086	0,065	3,710
PCB-52	1,098	1,542	0,093	7,677
PCB-49	1,884	1,699	0,119	4,575
PCB-44	1,547	2,551	0,079	9,036
PCB-74	1,174	2,675	0,057	17,308
PCB-70	1,115	1,566	0,063	8,688
PCB-95	0,251	1,500	0,053	15,344
PCB-101	0,283	1,952	0,030	22,850
PCB-99	0,150	0,811	0,038	6,677
PCB-87	0,223	0,941	0,032	6,146
PCB-110	0,388	3,765	0,021	39,479
PCB-82	0,439	1,325	0,026	10,316
PCB-151	0,160	1,517	BDL	15,377
PCB-149	0,312	5,183	0,022	49,073
PCB-118	0,657	2,476	0,020	12,043
PCB-153	0,265	6,510	0,020	60,727
PCB-132	0,955	2,570	BDL	19,492
PCB-105	0,275	1,338	0,024	14,299
PCB-138	0,356	7,187	BDL	73,830
PCB-158	0,542	1,789	BDL	7,472
PCB-187	0,083	1,185	BDL	18,429
PCB-183	0,122	0,902	BDL	11,623
PCB-128	3,611	5,237	BDL	28,231

Tablo 3. (Devamı) (Continued)

PCB-177	0,146	1,038	BDL	12,433
PCB-171	0,160	0,582	BDL	6,895
PCB-156	1,700	5,210	BDL	27,897
PCB-180	0,198	3,952	BDL	52,504
PCB-191	0,161	0,341	BDL	1,625
PCB-169	11,686	12,265	BDL	34,866
PCB-170	0,492	3,830	BDL	39,304
PCB-199	0,751	0,861	0,326	1,798
PCB-208	0,062	0,114	BDL	0,718
PCB-195	0,731	1,074	BDL	1,194
PCB-194	1,074	2,284	0,073	9,565
PCB-205	0,520	0,927	0,053	3,774
PCB-206	0,159	0,258	BDL	1,935
PCB-209	0,103	0,204	BDL	0,903

5. Sonuç ve Tartışma (Result and Discussion)

Çalışma kapsamında ayrıca iç ortamda örnekleme yapılan yerlerdeki toplam PAH konsantrasyonunun dış ortamda tespit edilen toplam PAH konsantrasyonuna olan oranları da (I/O) incelenmiştir. Tablo 4'ten görüldüğü üzere derslik 1 ve 3 hariç nerdeyse tüm örnekleme noktalarındaki I/O oranları birden büyük bulunmuştur. Bu durum SDÜ Mühendislik Fakültesi binasında iç ortam kaynaklı bir PAH kirliliğini işaret etmektedir. Değerler incelendiğinde değerlerin ofis 4>ofis 2> inşaat mühendisliği öğrenci çalışma alanı>teknik resim salonu olmak üzere sıralandığı ve dört kapalı mekânda tespit edilen toplam PAH konsantrasyonlarının diğer mekânlara kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir. Kapalı mekânlarda sigara içilmesi yasak olmasına rağmen ofis 4 ve ofis 2'de sigara içildiğinden dolayı en yüksek toplam PAH konsantrasyonunun bu iki ofiste tespit edilmesi şaşırtıcı değildir. Asfalt karışımlarının ısıtılarak hazırlandığı laboratuvar inşaat mühendisliğine ait öğrenci çalışma alanına açıldığı için muhtemelen bu alanda diğer çalışma alanlarına kıyasla daha yüksek değerler tespit edilmiştir. Teknik resim salonu ise kantinin direkt karşısında olduğu için bu dersliğin kantinde gerçekleşen yemek pişirme, kızartma ve ısıtma faaliyetlerinden etkilendiği görülmektedir.

Toplam PCB konsantrasyonu incelendiğinde en yüksek değerlerin makina mühendisliği bölümüne ait talaşlı imalat laboratuvarlarında olduğu görülmektedir. Laboratuvarlarda kullanılan cihazlarda muhtemelen PCB içeren yağlar veya akışkanlar kullanıldığı için bu laboratuvarlarda diğer iç mekânlara kıyasla daha yüksek PCB değerlerinin elde edildiği düşünülmektedir. Diğer yüksek değerler ise teknik resim salonu>derslik 5>ofis 4 olarak elde edilmiştir. Daha önce de belirtildiği üzere teknik resim salonu kantine çok yakın bir konumda yer almaktadır ve ofis 4'te sigara içilmektedir. Bu aktivitelerin muhtemelen ölçülen PCB değerlerini de etkilemiş olduğu ön görülmektedir. Derslik 5 ise normal bir derslik değildir; aynı zamanda inşaat mühendisliği hidrolik laboratuvarı olarak da kullanılmaktadır. Bu sınıfta laboratuvar kapsamında yerleştirilmiş büyük cihazlar yer almaktadır, yine bu makinaların içerisinde bulunan yağların veya akışkanların yüksek PCB değerlerinin elde edilmesine sebep olduğu düşünülmektedir.

Tablo 5'den görüldüğü üzere çalışma sırasında ölçülen tüm I/O değerleri birden büyük bulunmuştur. Bu durum; örnekleme noktalarının muhtemelen dış ortama kıyasla bina içerisindeki mevcut PCB kaynaklarından etkilendiğini göstermektedir.

Tablo 4. Örnekleme noktalarında tespit edilen toplam PAH konsantrasyonları (Total PAH concentrations detected at sampling points)

Örnekleme noktası	Toplam PAH (ng g ⁻¹)	I/O
Çevre müh. öğrenci çalışma alanı	1346,63	2,48
Tekstil müh. öğrenci çalışma alanı	1348,51	2,48
Makina müh. öğrenci çalışma alanı	825,20	1,52
İnşaat müh. öğrenci çalışma alanı	4586,93	8,45
Derslik 1	247,14	0,46
Derslik 2	1000,15	1,84
Derslik 3	243,58	0,45
Derslik 4	1291,04	2,38
Derslik 5	974,34	1,79
Teknik resim salonu	4046,57	7,45
Bilgisayar laboratuvarı	1415,48	2,61
Çevre müh. proses laboratuvarı	1134,95	2,09
Makina müh. hidrolik-enerji laboratuvarı	920,65	1,70
Çevre müh. mikrobiyoloji laboratuvarı	776,39	1,43
Makina müh. talaşlı imalat laboratuvarları	1192,31	2,20
Ofis 1	1429,34	2,63
Ofis 2	4765,57	8,78
Ofis 3	974,88	1,80
Ofis 4	14162,65	26,08
Dış ortam ortalama	543,08	1,00

Tablo 5. Örnekleme noktalarında tespit edilen toplam PCB konsantrasyonları (Total PCB concentrations detected at sampling points)

Örnekleme noktası	Toplam PCB (ng g ⁻¹)	I/O
Çevre müh. öğrenci çalışma alanı	23,65	11,46
Tekstil müh. öğrenci çalışma alanı	30,25	14,66
Makina müh. öğrenci çalışma alanı	79,63	38,58
İnşaat müh. öğrenci çalışma alanı	76,83	37,22
Derslik 1	47,94	23,23
Derslik 2	36,50	17,68
Derslik 3	47,69	23,10
Derslik 4	24,79	12,01
Derslik 5	115,30	55,86
Teknik resim salonu	175,62	85,09
Bilgisayar laboratuvarı	10,55	5,11
Çevre müh. proses laboratuvarı	26,96	13,06
Makina müh. hidrolik-enerji laboratuvarı	84,10	40,75
Çevre müh. mikrobiyoloji laboratuvarı	25,23	12,23
Makina müh. talaşlı imalat laboratuvarları	494,35	239,51
Ofis 1	24,84	12,03
Ofis 2	57,75	27,98
Ofis 3	7,28	3,53
Ofis 4	103,03	49,92
Dış ortam ortalama	2,06	1,00

Bu çalışmada ayrıca toplanan toz örneklerindeki PAH ve PCB'lerin muhtemel kaynaklarını belirlemek amacıyla SPSS 20,0 istatistiksel programı kullanılarak PAH ve PCB veri setlerine ayrı ayrı Faktör Analizi uygulanmıştır. Bu uygulamada Varimax rotasyon seçilmiş ve Eigen value değeri 1'den büyük olan PAH'lar için iki, PCB'ler içinse üç faktör elde edilmiştir. Çalışmada eksik veriler tayin sınırının yarısıyla değiştirilmiş ve communaliteleri 0,5'den daha büyük olan kirleticiler analizde kullanılmıştır. Sigaranın iç ortam tozunda tespit edilen PAH ve PCB seviyeleri üzerindeki etkisini belirleyebilmek için, bu çalışmada sigara içilen ofislerde ölçülen değerler veri setinden çıkarılmamıştır.

PAH'lar için kümülatif varyansı % 91,34 olan 2 bileşen bulunmuştur (Tablo 6). İlk faktör toplam varyansın % 52,63'ünü açıklamaktadır ve genellikle düşük molekül ağırlıklı PAHları içermektedir. İlk faktör ağırlıkça fluoren, fenantren, florantin, asenaftin, piren, asenaftin ve antrasen tarafından yüklenmiştir. Antrasen, fenantren, piren ve krisen odun ve kömür yanması belirleyicisi olarak tanımlanmışlardır (Khalili vd., 1995). Bunun yanı sıra fluoren yağ yanmasının göstergesi (petrol kökenli) olduğu kabul edilmektedir (Saraga vd., 2010). Dolayısıyla bu faktörün bina içerisinde gerçekleştirilen aktivitelerden (asfalt pişirme ve kantinde gerçekleştirilen aktiviteler) kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 6. Hedef PAH'ların faktör analizi sonuçları (Factor analysis results of the target PAHs)

Bileşikler	Faktörler	
	1	2
Naphthalene	,897	
Acenaphthylene	,948	
Acenaphthene	,951	
Fluorene	,980	
Phenanthrene	,975	
Anthracene	,944	
Fluoranthene	,966	
Pyrene	,951	
Benz(a)anthracene	,719	,645
Chrysene		,799
Benzo(b)fluorantane		,936
Benzo(k)fluorantane		,906
Benzo(a)pyrene		,912
Indeno(1,2,3-cd)pyrene		,896
Dibenz(a,h)anthracene		,965
Benzo(g,h,i)perylene		,844

İkinci faktör yüksek molekül ağırlığına sahip PAH'lar açısından yüklü bulunmuştur. Özellikle indeno[1,2,3-cd]piren, benzo[g,h,i]perilen ve dibenz[a,h]antrazen, araç egzoz emisyonlarıyla ilişkilendirilmişlerdir (Motelay-Massei vd., 2005). Ayrıca indeno[1,2,3-cd]piren, benzo[g,h,i]perilen ve benzo[a]piren petrol yanması kaynağı için belirteç olarak kullanılmaktadır (Sadiktsis vd., 2012). Ayrıca sigara içilen ortamlarda benzo(a)piren, benzo(b)floranten, benzo(a)antrasen ve krisen daha yüksek konsantrasyonlardan tespit edilmektedir (Saraga vd., 2010). Dolayısıyla toplam PAH konsantrasyonunun % 38,72'sini açıklayan bu faktör, araç egzoz emisyonları ile sigara dumanının birlikte olan katkısını göstermektedir.

PCB'ler içinse kümülatif varyansı % 87,55 olan 3 farklı bileşen (Tablo 7) bulunmuştur. Bunlardan ilki toplam varyansın % 52,26'sını açıklamaktadır ve PCB-151, -149, -153,-132,-138,-187,-183, -177,-171, -180, -191 ve -170 ağırlıkça bu faktörün üzerine toplanmıştır. Bu PCB'lerin çoğu Aroklor 1254, Aroklor 1260 ve Aroklor 1242 gibi teknik PCB karışımlarının temel bileşenleridir (Takasuga vd., 2006; Jin vd., 2012). Aroklor 1242, PCB-28'in katkısıyla açıklanmaktadır. Dolayısıyla bu faktör, teknik PCB karışımlarına bağlanmıştır.

İkinci faktör ise toplam PCB konsantrasyonunun % 22,28'ni açıklamıştır. PCB-87, -110, -105 ve -156 büyük oranda bu faktör üzerinde açıklanmaktadır. Literatürde; PCB-156, elektrik malzemelerinin yanma veya pirolizi sırasında ortaya çıkarken, PCB-105'in ise plastik malzemelerin yanması sırasında oluştuğu verilmektedir (Paromita vd., 2018). Sonuç olarak bu faktör bina içerisinde gerçekleştirilen deneyler veyahut diğer aktivitelerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Üçüncü faktör ise toplam varyansın az bir bölümünü açıklamaktadır (yaklaşık % 13) ve PCB-208, -206 ve -209 gibi ağır molekül ağırlıklı PCBleri ve de -18, -17 ve -31 gibi düşük molekül ağırlıklı PCB'leri içermektedir. Yüksek klorlu PCB'ler -208, 206 ve -209 aynı zamanda çeşitli pigmentlerde (azo and phthalocyanine pigments) (Davies ve

Delistraty, 2016) ve bazı boya pigmentlerinin üretimi sırasında oluşabilmektedir (Hu ve Hornbuckle, 2010). Ayrıca literatürde yüksek klorlu PCB'lerin (PCB-206, PCB-208, PCB-209) titanyum diokside üretiminde de ortaya çıktığı belirtilmektedir (Davies ve Delistraty, 2016). Sonuç olarak bu faktör bina içinde boyadan buharlaşmaya bağlanmıştır.

Tablo 7. Hedef PCB'lerin faktör analizi sonuçları (Factor analysis results of the target PCBs)

Bileşikler	Faktörler		
	1	2	3
PCB-18		,503	,831
PCB-17			,912
PCB-31			,833
PCB-28	,612		
PCB-33			,761
PCB-52	,983		
PCB-95	,998		
PCB-101		,650	,672
PCB-99	,895		
PCB-87		,971	
PCB-110		,977	
PCB-151	,990		
PCB-149	,995		
PCB-118	,652		
PCB-153	,969		
PCB-132	,988		
PCB-105		,972	
PCB-138	,997		
PCB-158	,646		
PCB-187	,995		
PCB-183	,989		
PCB-128	,841		
PCB-177	,994		
PCB-171	,990		
PCB-156		,932	
PCB-180	,996		
PCB-191	,900		
PCB-169			
PCB-170	,994		
PCB-208			,824
PCB-206			,902
PCB-209		,525	,813

Sonuç olarak SDÜ Mühendislik Fakültesinin farklı iç mekanlardan toplanan tozlardaki PAH'ların ana kaynağının trafik ve fakülte içerisindeki aktiviteler olduğu görülmüştür. Literatürde üniversitelerden toplanan iç mekan tozlarındaki KOK'ların seviyelerinin ve kaynaklarının belirlendiği çalışmaların bilginiz dahilinde oldukça sınırlı olduğu görülmüştür. Şangay, Çin'de gerçekleştirilen bir çalışmada şehirde yer alan farklı üniversite kampüslerinden toplanan iç ortam tozlarında PAH'ların seviyeleri ve kaynakları incelenmiş ve çalışmada amfilerden toplanan toz numunelerindeki PAH'ların kaynakları; trafik emisyonu, kömür ve dizel yanması olarak belirlenirken, kafeteryalardan alınan toz örneklerindeki PAH'ların kaynakları ise kömür yanması ve petrol içeren ürünler olarak belirlenmiştir (Peng vd., 2012). Sao Paulo, Brezilya'da bir üniversite kampüsünde gerçekleştirilen ve yüzey toprak örneklerinin toplandığı çalışmada da PAH'ların ana kaynağı benzer şekilde trafik (trafik emisyonu,

dizel emisyonu ve trafik kökenli partiküllerin geri havalanması) olarak bulunmuştur (Bourotte vd., 2019). Dolayısıyla bu çalışmada hedef PAH'ların kaynakları Çin'de ve Brezilya'da gerçekleştirilen çalışmalarla benzerlik göstermiştir. Kocaeli'de bir üniversitenin kampüsünde farklı mikroçevrelerde toplanan iç ortam tozlarının seviyelerinin incelendiği çalışmada ise sigara dumanının iç ortam PAH seviyeleri üzerinde etkili olduğu belirtilmektedir (Civan, 2017). Bu çalışmada da sigara içilen ofislerde kaydedilen yüksek PAH ve PCB değerleri, PAH ve PCB maruziyeti açısından sigaranın iç mekanlar için önemli bir kaynak olarak değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Güney Afrika, Durban'da bir üniversitenin elektronik ekipman onarım atölyesi dahil olmak üzere farklı e-atık geri dönüşüm tesislerinde gerçekleştirilen çalışmada, üniversite atölyesinden toplanan tozlardaki toplam PCB seviyesi atölyede yer alan bilgisayar ve elektronik malzemeden dolayı yaklaşık 200 ng/g olarak bulunmuştur (Abafe ve Martincigh, 2015). Bu çalışmada ölçülen PCB'lerin kaynakları incelendiğinde ise; yine fakülte içerisinde gerçekleştirilen aktivitelerin, kullanılan boya ve teknik solventlerin incelenen PCB'ler için birer kaynak oluşturduğu görülmüştür.

Teşekkür (Acknowledgement)

Projemizi destekleyen ve bilgi birikimimize katkı sunan Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü Birimi'ne (4889-YL1-17) teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar (References)

- Abafe, O.A. and Martincigh, B.S., 2015. An assessment of polybrominated diphenyl ethers and polychlorinated biphenyls in the indoor dust of e-waste recycling facilities in South Africa: implications for occupational exposure. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(18), s.14078-14086. DOI: 10.1007/s11356-015-4627-z.
- Ali, N., Ali, L., Mehdi, T., Dirtu, A.C., Al-Shammari, Neels, H., Covaci, A., 2014. Levels and profiles of organochlorines and flame retardants in car and house dust from Kuwait and Pakistan: Implication for human exposure via dust ingestion, *Environment International*, Cilt. 55, s. 62-70. DOI:10.1016/j.envint.2013.02.001.
- Barco-Bonilla, N., Vidal, J.L.M., Frenich, A.G., Romero-González, R. 2009. Comparison of ultrasonic and pressurized liquid extraction for the analysis of polycyclic aromatic compounds in soil samples by gas chromatography coupled to tandem mass spectrometry. *Talanta*, Cilt. 78, s. 156-164. DOI: 10.1016/j.talanta.2008.10.048.
- Bourotte, C.L., Sugauara, L.E., Marchi, M.R.D. and Souto-Oliveira, C.E., 2019. Trace metals and PAHs in topsoils of the University campus in the megacity of São Paulo, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 91(3). DOI: 10.1590/0001-3765201920180334.
- Cavalcante, R.M., Lima, D.M., Correia, L.M., Nascimento, R.F., Silveira, E.R., Freire, G.S.S., Viana. R.B. 2008. Técnicas de extrações e procedimentos de clean-up para determinação de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) em sedimentos da Costa do Ceará, *Quim. Nova*, Cilt. 31(6), s. 1371-1377. DOI:10.1590/S0100-40422008000600019.
- Chen, Y., Guo, H., Xu, D., Xu, X., Wang, H., Hu, X., Lu, Z., Kwak, D., Xu, Y., Gunther, R., Huo, Y., Weir, E.K. 2012. Left ventricular failure produces profound lung remodeling and pulmonary hypertension in mice: heart failure causes severe lung disease. *Hypertension*, Cilt. 59(6), s. 1170-1178. DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.111.18607.
- Civan, M.Y., 2017. Üniversite Kampüsünde Farklı Mikroçevre lerde Toz Kaynaklı PAH Seviyeleri ve Maruziyet Tahmini. *Firat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 29(1), pp.1-10.
- Civan, M.Y., Kara, U.M. 2016. Risk assessment of PBDEs and PAHs in house dust in Kocaeli, Turkey: levels and sources. *Environ Sci Pollut Res* 23, 23369-23384. DOI: 10.1007/s11356-016-7512-5.
- Davies, H., Delistraty, D. 2016. Evaluation of PCB sources and releases for identifying priorities to reduce PCBs in Washington State (USA), *Environmental Science and Pollution Research*, Cilt.23 (3), s. 2033-2041. DOI: 10.1007/s11356-015-4828-5.
- DellaValle C.T., Wheeler D.C., Deziel N.C., De Roos A.J., Cerhan J.R., Cozen W., Severson R.K., vd., 2013. Environmental Determinants of Polychlorinated Biphenyl Concentrations in Residential Carpet Dust, *Environmental Science and Technology*, Cilt. 47, s. 10405-10414. DOI: 10.1021/es401447w.
- Delgado-Marín, D.A., Peña-Álvarez, A., Villalobos, M. 2013. Application of Programmed Temperature Vaporization Large Volume Injection Gas Chromatography (PTV-LVI-GC) to the Analysis of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Soils, *Journal of Mexican Chemical Society*, Cilt. 57(2), s. 85-91.
- Frantz, J.J., Alkhateeb, F.L., Thurbide, K.B., 2015. "A Novel Micro Pressurized Liquid Extraction Method for Rapid Sample Preparation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Various Solids, *Chromatography*, Cilt. 2, s. 488-501, DOI:10.3390/chromatography2030488.
- Hu, D., & Hornbuckle, K.C. 2010. Inadvertent Polychlorinated Biphenyls in Commercial Paint Pigments, *Environmental science & technology*. DOI: 10.1021/es902413kAlba, E., Dorransoro, B., 2005. The Exploration/Exploitation Tradeoff in Dynamic Cellular Genetic Algorithms. *IEEE, Transactions on Evolutionary Computation*, 9, 26-142.
- Jia, C., Batterman, S., Godwin, C., 2008. VOCs in industrial, urban and suburban neighborhoods, Part 1: Indoor and outdoor concentrations, variation, and risk drivers, *Atmospheric Environment*, Cilt. 42, s. 2083-2100. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2007.11.055.

- Jin, R.H., Park, S.U., Park, J.E., Kim, J.G. 2012. Polychlorinated Biphenyl Congeners in River Sediments: Distribution and Source Identification Using Multivariate Factor Analysis. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 62, 411-423. DOI: 10.1007/s00244-011-9722-7.
- Khalili, N.R., Scheff, P.A., Holsen, T.M. 1995. PAH Source Fingerprints for Coke Ovens, Diesel and Gasoline-Engines, Highway Tunnels, and Wood Combustion Emissions. *Atmospheric Environment*, Cilt. 29, s. 533-542. DOI: 10.1016/1352-2310(94)00275-P.
- Kang, Y., Cheung, K.C., Wong, M.H., 2010. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in different indoor dusts and their potential cytotoxicity based on two human cell lines, *Environment International*, Cilt. 36, s. 542-547. DOI: 10.1016/j.envint.2010.04.006.
- Markowicz, A., Płaza, G., Piotrowska-Seget, Z. 2016. Activity and functional diversity of microbial communities in long-term hydrocarbon and heavy metal contaminated soils, *Archives of Environmental Protection*, Cilt. 42 (4), s. 3-11. DOI: 10.1515/aep-2016-0041.
- Martinez, E., Gros, M., Lacorte, S., Barceló, A. 2004. Simplified procedures for analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in water, sediments and mussels. *Journal of Chromatography A*, Cilt. 1047, s. 181-188. DOI: 10.1016/j.chroma.2004.07.003.
- Mitchell, C.S., Zhang, J.J., Sigsgaard, T., Jantunen, M., Lioy, P.J., Samson, R., Karol, M.H., 2007. Current State of the Science: Health Effects and Indoor Environmental Quality, *Environmental Health and Perspective*, Cilt. 115(6), s. 958-964. DOI: 10.1289/ehp.8987.
- Marabini, L., Calò, R., Fucile, S., 2011. Genotoxic effects of polychlorinated biphenyls (PCB 153, 138, 101, 118) in a fish cell line (RTG-2), *Toxicol In Vitro*, Cilt. 25(5), s. 1045-1052. DOI: 10.1016/j.tiv.2011.04.004.
- Motelay-Massei, A., Harner, T., Shoeib, M., Diamond, M., Stern, G., Rosenberg, B. 2005. Using passive air samplers to assess urban-rural trends for persistent organic pollutants and polycyclic aromatic hydrocarbons. 2. Seasonal trends for PAHs, PCBs, and organochlorine pesticides, *Environmental Science and Technology*, Cilt. 39, s. DOI: 5763-5773. 10.1021/es0504183.
- Paromita Chakraborty, Sakthivel Selvaraj, Masafumi Nakamura, Balasubramanian Prithiviraj, Alessandra Cincinelli, John J. Bang. 2018. PCBs and PCDD/Fs in soil from informal e-waste recycling sites and open dumpsites in India: Levels, congener profiles and health risk assessment, *Science of The Total Environment*, Cilt. 621, s. 930-938, DOI:10.1016/j.scitotenv.2017.11.083.
- Payne-Sturges, D. C., T. A. Burke vd. 2004. Personal exposure meets risk assessment: a comparison of measured and modeled exposures and risks in an urban community, *Environ Health Perspective*, Cilt. 112(5), s. 589-598. DOI: 10.1289/ehp.6496.
- Peng, H., Yang, Y., Liu, M., Yhou, J.L., 2012. PAHs in indoor dust samples in Shanghai's universities: levels, sources and human exposure. *Environ Geochem Health*, Cilt. 34, s. 587-596. DOI: 10.1007/s10653-012-9456-0.
- Robertson, L.W., Ludewig, G., 2011. Polychlorinated Biphenyl (PCB) carcinogenicity with special emphasis on airborne PCBs, *Gefahrst Reinhalt Luft*, Cilt. 71(1-2), s. 25-32.
- Sadiktsis, I., Bergvall, C., Johansson, C., Westerholm, R. 2012. Automobile tires-a potential source of highly carcinogenic dibenzopyrenes to the environment. *Environmental Science and Technology*, Cilt. 46, s. 3326-3334. DOI: 10.1021/es204257d.
- Saraga, D.E., Maggos, T.E., Sfetsos, A., Tolis, E.I., Andronopoulos, S., Bartzis, J.G., Vasilakos, C. 2010. PAHs sources contribution to the air quality of an office environment: experimental results and receptor model (PMF) application, *Air Qual Atmos Health*, Cilt. 3, s. 225-234. DOI:10.1007/s11869-010-0074-7.
- Song, Y.F., Jing, X., Fleischmann, S., Wilke, B.M., 2002, Comparative study of extraction methods for the determination of PAHs from contaminated soils and sediments, *Chemosphere*, Cilt. 48, s. 993-1001. DOI: /10.1016/S0045-6535(02)00180-7.
- Takasuga, T., Senthikumar, K., Matsumura, T., Shiozaki, K., Sakai, S.I. 2006. Isotope dilution analysis of polychlorinated biphenyls (PCBs) in transformer oil and global commercial PCB formulations by high resolution gas chromatography-high resolution mass spectrometry, *Chemosphere*, Cilt. 62, s.469-484. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2005.04.034.
- Tuncel, S.G., Topal, T. 2011. Multifactorial Optimization Approach for Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Sea Sediments of Turkish Mediterranean Coast, *American Journal of Analytical Chemistry*, Cilt. 2, s. 783-794. DOI: 10.4236/ajac.2011.27090.
- Vu, V.T., Lee, B.K., Kim, J.T., Lee, C.H., Kim, I.H., 2011. Assessment of carcinogenic risk due to inhalation of polycyclic aromatic hydrocarbons in PM 10 from an industrial city: a Korean case-study, *Journal of Hazardous Material*, Cilt. 189, s. 349-356. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2011.02.043.
- Wallace, L. 1996. Indoor particles: a review. *Journal of the Air and Waste Management Association*, Cilt. 46(2), s. 98-126. DOI: 10.1080/10473289.1996.10467451.
- Wei, Y.L., Bao, L.J., Wu, C.C., He, Z.C., Zeng, E.Y. 2014. Association of soil polycyclic aromatic hydrocarbon levels and anthropogenic impacts in a rapidly urbanizing region: Spatial distribution, soil-air exchange and ecological risk, *Science of The Total Environment*, Cilt. 473-474, s. 676-684. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2013.12.106.
- Wilson, N.K., J.C. Chuang, R. Iachan, C. Lyu, S.M. Gordon, M.K. Morgan, H. Ozkaynak, and L.S. Sheldon., 2004. Design and sampling methodology for a large study of preschool children's aggregate exposures to persistent organic pollutants in their everyday environments. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, Cilt. 14 (3), s. 260-274.
- Whitehead, T.P., Brown, F.R., Metayer, C., Park, J.S., Does, M., Dhaliwal, J., Petreas, M.X., Buffler, P.A., Rappaport, S.M. 2014a. Polychlorinated Biphenyls in Residential Dust: Sources of Variability, *Environmental Science and Technology*, Cilt. 7, 48(1), s. 157-164. DOI: 10.1021/es403863m.
- Whitehead, T.P., Brown, F.R., Metayer, C., Ward, M.H., Colt, J.S., Gunier, R.B., Deziel, N.C., Rapaport, S.M., Buffler, P.A., 2014a. Persistent Organic Pollutants in Dust from Older Homes: Learning from Lead. *American Journal of Public Health*, Cilt. 104 (7), s. 1320-1326. DOI: 10.2105/AJPH.2013.301835.
- Yang, Q., Chan, H., Li, B., 2015. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Indoor Dusts of Guizhou, Southwest of China: Status, Sources and Potential Human Health Risk. *PLoS ONE* 10(2), e0118141. DOI:10.1371/journal.pone.0118141.
- Yamada, T.M., Souza, D.A., Morais, C.R., Mozeto, A.A. 2009. Validation of a Method for the Analysis of PAHs in Bulk Lake Sediments Using GC-MS, *Journal of Chromatographic Science*, Cilt. 47, s. 795-799. DOI: 10.1093/chromsci/47.9.794.

Yurdakul, S., Dođan, C., Çetin, B. 2018. Bir Üniversite Kampüsündeki Uçucu Organik Bileşiklerin Seviyeleri, International Science and Technology Conference, July 18-20, 2018 Paris, France.

Zhang, J., Fan, S., Du, X., Yang, J., Wang, W., Hou, H. 2015. Accumulation, Allocation, and Risk Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Soil-Brassica chinensis System, Accumulation, Allocation, and Risk Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Soil-Brassica chinensis System. PloS ONE, Cilt. 10(2): e0115863. DOI:10.1371/journal.pone.0115863.