

BURSA'DA TRAFİĞİN YOĞUN OLDUĞU BİR BÖLGEDE PASİF HAVA ÖRNEKLEYİCİ KULLANILARAK POLİKLORLU BİFENİLLERİN (PCB'lerin) KONSANTRASYONLARININ MEVSİMSEL OLARAK BELİRLENMESİ

*Fatma ESEN **
*Ahmet Egemen SAKIN **
*Mehmet Ferhat SARİ **

Alınma: 11.07.2017; düzeltme: 27.10.2017; kabul: 22.12.2017

Öz: Bu çalışmada, trafiğin yoğun olduğu bir bölge olan Bursa Test ve Analiz Laboratuvarı'nda (BUTAL) Haziran 2008-Haziran 2009 tarihleri arasında pasif hava örnekleme cihazları kullanılarak PUF Disk, XAD-2 Reçine ve Saf su medyalarında PCB'lerin konsantrasyon değerleri tespit edilmiştir. Bu kapsamda bir yıl boyunca bir aylık örnekleme periyotlarında hava örnekleri toplanmıştır. Ortalama atmosferik Σ_{61} PCB konsantrasyonları PUF Disk, XAD-2 Reçine ve Saf su medyalarında sırasıyla 89 ± 71 , 56 ± 92 , 32 ± 25 pg/m^3 değerlerini almıştır. Ayrıca tüm medyalarda elde edilen PCB konsantrasyonlarının mevsimsel dağılımları yaz, sonbahar, kış ve ilkbahar mevsimlerinde sırasıyla, PUF Disk medyasında 146 ± 93 , 104 ± 53 , 40 ± 19 ve $46, \pm 19$ pg/m^3 , XAD-2 reçine medyasında 118 ± 147 , 15 ± 6 , 13 ± 5 ve 56 ± 53 pg/m^3 ve son olarak Saf Su medyasında 34 ± 37 , 36 ± 25 , 35 ± 24 ve 39 ± 28 pg/m^3 olarak hesaplanmıştır. Tüm medyalarda 3- ve 4- klorobifeniller (CB'ler) baskın homolog grup olarak bulunmuştur. Bu değerler daha önce benzer özelliğe sahip bölgelerde ve medyalarda yapılmış olan çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: yarı uçucu organik bileşikler, PCB, BUTAL, pasif hava örnekleme cihazı

Seasonal determination of the concentrations of polychlorinated biphenyls (PCBs) using a passive air sampler in a region where traffic is intense in Bursa

Abstract: In this study, the concentrations of PCBs were determined with PUF disk, XAD-2 Resin and Pure Water media using passive air sampler between June 2008 and June 2009 in the Bursa Test and Analysis Laboratory (BUTAL) which is an area with high traffic. The mean atmospheric Σ_{61} PCB concentrations were 89 ± 71 , 56 ± 92 , 32 ± 25 pg / m^3 in the PUF disk, XAD-2 Resin and Pure Water media, respectively. In addition, the seasonal distributions of PCB concentrations in all media for summer, autumn, winter and spring seasons calculated as in the PUF Disc media 146 ± 93 , 104 ± 53 , 40 ± 19 and $46, \pm 19$ pg/m^3 , in the XAD-2 resin media 118 ± 147 , 15 ± 6 , 13 ± 5 and 56 ± 53 pg/m^3 and finally in the Pure Water media 34 ± 37 , 36 ± 25 , 35 ± 24 and 39 ± 28 pg/m^3 , respectively. 3- and 4- chlorobiphenyls (CBs) was the dominant homolog group in all medias. These values are similar to those previously reported in similar regions and in media.

Keywords: semi-volatile organic compounds, PCB, BUTAL, passive air sampler

1. GİRİŞ

Kalıcı organik kirletici (KOK) olarak sınıflandırılan poliklorlu bifeniller (PCB'ler) (Kim ve diğ., 2017), genel kimyasal formülü $\text{C}_{12}\text{H}_{(10-n)}\text{Cl}_n$ ($n=1-10$) olan (Ziegler ve diğ., 2017), bifenil üzerinde 1-10 klor atomu ihtiva eden kimyasallardır. Aromatik halkalar üzerinde farklı sayıda ve konumda bulunan 209 olası türü bulunan PCB'ler (Scinicariello ve Buser, 2015), biyolojik

* Uludağ Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 16059, Görükle, Bursa
İletişim Yazarı: Fatma Esen (payan@uludag.edu.tr)

ve kimyasal bozunmaya karşı oldukça dayanıklı olmaları sebebiyle son derece kararlı kimyasallardır (Batang ve diğ., 2016).

PCB'ler elektrik, ısı transferi ve hidrolik teçhizat, plastikleştiricilerde, boyalarda, plastik ve kauçuk ürünlerinde 1920'lerde kullanılmaya başlanmıştır (Raffetti ve diğ., 2017). Havadaki PCB'ler, endüstriyel tesisler, askeri alanlar, kirlenmiş su toplama alanları, düzenli depolama alanları ve tehlikeli atık alanları, elektrik ark ocakları, yakma ve diğer yanma biçimleri, tarım arazilerine uygulanan kanalizasyon çamuru ve inşaat malzemeleri gibi doğrudan veya dolaylı kaynakları bulunmaktadır (IARC, 2015).

1920-1980 yılları arasında farklı endüstrilerde yaygın olarak kullanılan PCB'ler, bozunmaya karşı oldukça kararlı ve dayanıklılık göstermekle birlikte oldukça toksiktir ve insan sağlığına zararlıdır (Chalavi ve Zareh, 2017). Biyoakümülyasyon ve toksisiteye bağlı olarak PCB'ler, küresel bir çevre sorunu olmakta ve ayrıca Stockholm Konferansı'nda öncelikli kirleticiler olarak yer almaktadır (Chen ve diğ., 2017; Wang ve diğ., 2015). Toksikiteyi nedeniyle insanlarda ilk zehirlenme 1968'de Batı Japonya'da, ikinci bir benzer zehirlenme ise 1979'da Tayvan'da meydana gelmiştir. Bu olayların ardından PCB'lerin toksisitesi giderek daha fazla fark edilmeye ve araştırılmaya başlanmıştır (Aota ve diğ., 2015). PCB'lerin, toksisitesi, kanserojenliği ve biyoakümülyasyon özelliklerinden dolayı Amerika Çevre Koruma Ajansı (US-EPA) tarafından insan sağlığı açısından risk taşıyan önemli bileşikler olarak sınıflandırılmış (Shaban ve diğ., 2016) ve bu nedenle üretilmeleri 1980'lerde yasaklanmıştır (Chalavi ve Zareh, 2017).

Son yıllarda, KOK'ların konsantrasyonlarının belirlenmesi için çeşitli pasif hava örnekleyicileri geliştirilmiştir (Zhang ve diğ., 2013). Pasif hava örnekleyicilerinin kolay kullanımları, düşük maliyetleri, elektrik gücünden bağımsızlıkları (Francisco ve diğ., 2017; Tuduri ve diğ., 2012), birçok bölgede ve uzun sürelerde kullanılabilir olmaları nedeniyle (Zhang ve diğ., 2013) aktif hava örnekleyicilerinin yerine bir alternatif olarak kullanılmaya başlanmıştır (Francisco ve diğ., 2017; Tuduri ve diğ., 2012). Son olarak pasif hava örnekleyiciler, küçük olmaları ve az eğitilmiş bir personel tarafından sorunsuz bir şekilde kullanılabilmelerinden dolayı sıklıkla tercih edilmektedir (Estoppey ve diğ., 2014).

Bu çalışmanın amacı, trafiğin yoğun ve yerleşime yakın bir bölgedeki ortam havasında PUF disk, XAD-2 reçine ve saf su olmak üzere 3 farklı örnekleme materyali kullanarak PCB konsantrasyonlarını belirlemek ve PCB türlerinin mevsimsel dağılımlarını ortaya koyarak zamana karşı değişimlerini irdelemektir. Bunun için Bursa Test ve Analiz Laboratuvarı (BUTAL) bölgesinde 2008 Haziran ayından itibaren 2009 Haziran ayına kadar örnekleme yapıp laboratuvar ortamında titizlikle analizleri gerçekleştirilerek GC analizinde kütle değerleri okunmuştur. Sonuçların doğru bir şekilde ortaya konabilmesi için, şahit numuneler kullanılarak elde edilen LOD değerleri hesaplamalara katılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Tasarlanan Pasif Hava Örnekleyici

Tasarlanan pasif hava örnekleyici vasıtasıyla üç farklı medyada (poli ürethan köpük (PUF), saf su ve XAD-2 Reçine) hava örnekleri toplanmaktadır. Orta bölmede 2,5 L su alma kapasitesine sahip su haznesi, su haznesinin her iki yanında 4,5 cm derinliğindeki reçine bölmeleri ve son olarak da reçine bölmelerinin her iki yanında 8 cm derinliğe sahip PUF bölmeleri olmak üzere toplam 5 bölümden meydana gelen örnek toplama aparatı paslanmaz çelikten imal edilmiş Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1:
Tasarlanan pasif hava örnekleycinin iç kısmı

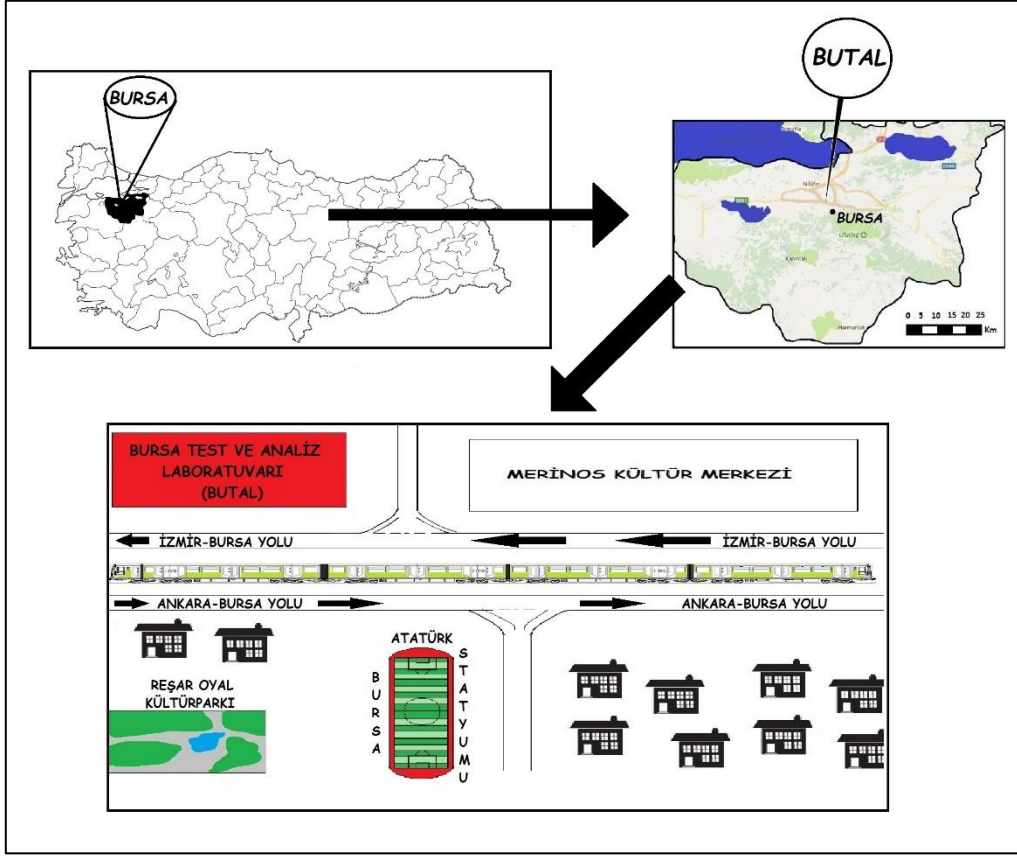
60 cm çapında 20 cm derinliğindeki örnek toplama aparatı paslanmaz çelik tencerenin içerisine yerleştirilmiştir. Hava girişini ve çıkışını sağlamak için tencerenin kapağına ve alt kısmına simetrik olarak 8'er adet 1 cm çapında delikler açılmıştır. Kapaktaki deliklerden içeriye kar, yağmur, partikül ve çapı büyük katı madde girmemesi için bakırdan yapılmış oval çıkışlı borular takılmıştır. Daha sonra tencere 80x80 cm² ebadında ve 150 cm yüksekliğinde yapılmış sehpanın üzerine 57 cm yükseltilerek monte edilmiştir (Şekil 2).

2.2. Örnekleme Bölgesi

Örnekleme bölgesi olan BUTAL, Osmangazi İlçesi, İzmir-Ankara yolu üzerinde yer almaktadır (N 40°11'54", E 29°02'55") (Şekil 3). Örnekler tasarlanan hava örnekleyci yardımıyla 2 m yükseklikteki BUTAL'in bahçesinde konumlandırılan bir platform üzerinden gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2:
Proje için geliştirilen pasif hava örnekleyci



Şekil 3:
Örneklemeye bölgesi

2.3. Örneklerin Analizi

XAD-2 reçine ve PUF saf su, methanol (MeOH), dichloromethane (DCM) ve acetone/hexane (ACE/HEX) (1:1) karışımı ile her bir solvent için 24 saat olmak üzere soxhlet ekstraksiyonu ile temizlenmiştir. Ekstraksiyondan sonra XAD-2 reçine ve PUF kalan solventlerin giderilmesi için yaklaşık 60 °C'lik fırında kurutulmuştur. Daha sonra kullanılacak üzere XAD-2 reçine teflon kapaklı cam bir kavanozda, PUF da alüminyum folyoya sarıldıktan sonra yine cam bir kavanozda derin dondurucuda saklanmıştır. Örneklemeye bölgesine PUF'lar derin dondurucudan alındığı şekli ile reçine 2 cam kavanoza 30'ar gram tartılıp, saf su ise 2.3 L cam amber şişede götürülmüştür. Örneklemeye periyodu sonunda PUF'lar ve su örneği örneklemeye getirildikleri şekliyle, her iki bölmedeki reçineler içinde ACE:HEX (1:1) bulunan 1 kavanozda toplanıp laboratuvara getirilmişlerdir.

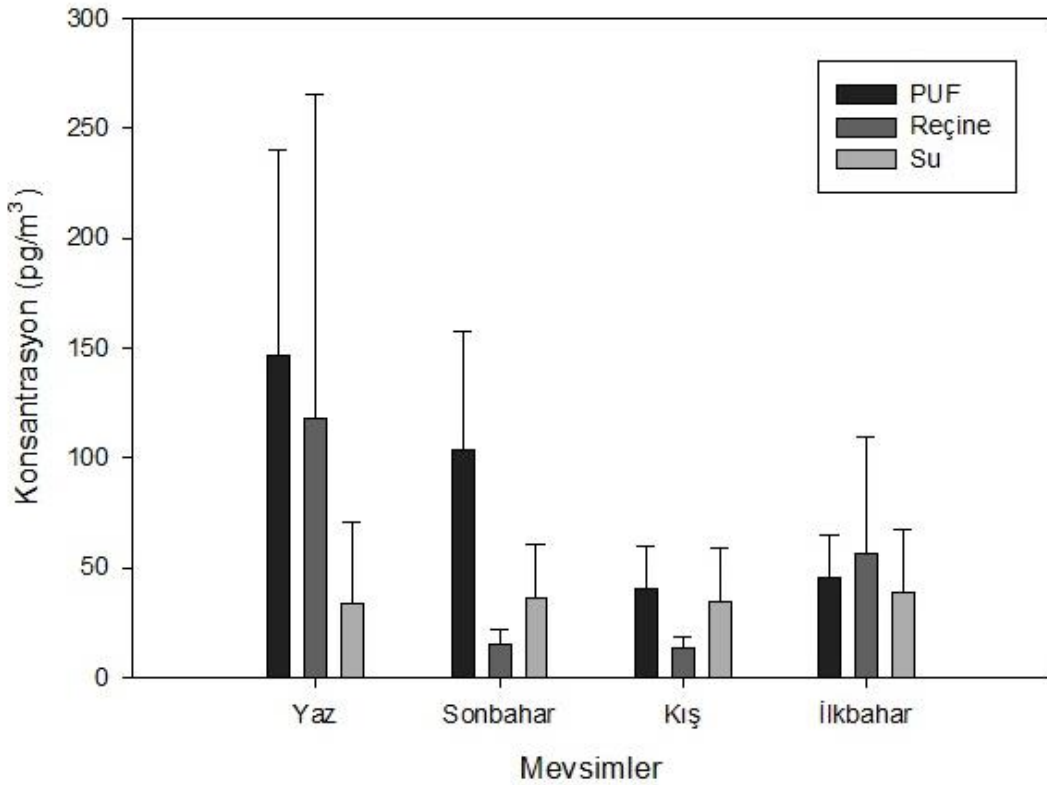
Hava örneklerine analitik verimi belirlemek üzere ekstraksiyondan önce PCB surrogate standardı eklenmiştir. PUF örnekleri 4:1 oranında petroleum ether (PE): DCM ile 24 saat soxhlet ekstraksiyonu yapılmıştır. Reçine örneklerinin üzerine 60 ml ACE/HEX (1:1) ilave edilmiştir. Su örnekleri yaklaşık 10 gr XAD-2 reçine içeren 0.8 cm çaplı kolondan geçirilmiştir. Kolondaki reçine bir kavanoza alınmış, üzerine 30 ml ACE/HEX ilave edilmiştir. Her iki reçine örneğin de surrogate standart eklendikten sonra 30 dk süre ile ultrasonik banyoda 2 defa ekstraksiyonu yapılmıştır. Daha sonra her 3 örneğin de hacmi rotary evaporatör yardımıyla 5 ml'ye indirilmiş ve üzerine 15 ml HEX ilave edilerek örnek HEX'a transfer edilmiştir. Daha sonra hacim yüksek saflıktaki azot gazı ile 2 ml'ye indirilmiştir. Daha sonra örnekler 3 g silisic asit, 2 g alumina ve 2 g Na₂SO₄ içeren temizleme kolonundan geçirilmiştir (Taşdemir ve Esen, 2007; Esen ve diğ., 2006). Kolon önce 20 ml DCM ardından 20 ml PE ile temizlenir. Kolonun

altına 40 ml'lik bir şişe konarak kolona 2 ml'lik örnek ilave edilir ve üzerinden 25 ml PE eklenip PCB örnekleri toplanmıştır. Daha sonra solvent HEX'a değiştirilerek PCB örneklerinin hacmi 2 ml'ye indirilmiştir. PCB örnekleri için kromatografik pikleri herhangi bir kirlilikten korumak için 2 ml'lik örnek derişik H₂SO₄ ile temizlenir, hacmi 1 ml'ye indirilir ve GC-ECD ölçümleri için viallere alınır.

3. SONUÇLAR

Hava örnekleri Haziran 2008-Haziran 2009 tarihleri arasında toplanmış ve ortalama örnekleme periyodu 1 ay olarak yapılmıştır. Örnekler trafiğin yoğun olduğu BUTAL bölgesinden gerçekleştirilmiştir. Ancak 1 aylık süre içerisinde suda toplanan kirleticilerin dengeye gelip tekrar havaya geçme olasılığı bulunduğundan sadece su örnekleri 15 günlük periyotta alınmıştır.

Bu çalışmada elde edilen PCB konsantrasyon sonuçları PUF diskte 89 ± 71 pg/m³, reçinede 56 ± 92 pg/m³ ve saf suda 32 ± 25 pg/m³ olarak hesaplanmıştır. Ayrıca tüm medyalarda elde edilen ortalama PCB konsantrasyonlarının mevsimsel dağılımları; yaz, sonbahar, kış ve ilkbahar mevsimleri için sırasıyla PUF diskte 146 ± 93 , 104 ± 53 , 40 ± 19 ve $46, \pm 19$ pg/m³, reçinede; 118 ± 147 , 15 ± 6 , 13 ± 5 ve 56 ± 53 pg/m³ ve son olarak saf suda; 34 ± 37 , 36 ± 25 , 35 ± 24 ve 39 ± 28 pg/m³ olarak bulunmuş olup Şekil 4'de gösterilmiştir. Literatürde yapılan bazı çalışmalar ve sonuçları Tablo 1'de gösterilmiştir.



Şekil 4:
Medyalarda ölçülen PCB konsantrasyonlarının mevsimsel dağılımları

Tablo 1. Literatürde yapılan bazı çalışmalar

Yer	Örnekleme Yerinin Türü	Toplam PCB Konsantrasyonu (pg/m ³)				Tür Sayısı	Periyot/ Yıl	Referans
		Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar			
Japonya	Ülke çapında	43,5-220,5	-	25,9-136	6,5-38,6	190	2008-2009	Hogarh ve diğ., (2013)
İstanbul	Ormanlık alan	53-361	134-249	130-584	60-231	84	2013-2014	Kuzu ve diğ., (2016)
Çin	Kentsel-Endüstriyel	22±12	44±30	44±25	30±32	-	2010-2011	Zhang ve diğ., (2013)
İzmir	Endüstriyel	2078±1026	-	1642±817	-	29	2005	Odabaşı ve diğ., (2008)
İzmir	Endüstriyel	3136	-	1371	-	36	2005	Çetin ve diğ., (2007)

PCB'ler atmosferde bölgede bulunan kaynak sayılarına ve buhar basınçlarına bağlı olarak değişik konsantrasyonlarda bulunurlar. Buna bağlı olarak atmosferdeki PCB konsantrasyonlarındaki farklılığın en önemli nedenlerinden birisi de hava sıcaklığındaki değişimlerdir (Sakin, 2015). Sıcaklıkların artmasıyla PCB'ler buharlaşmakta ve buna bağlı olarak yaz aylarında daha yüksek PCB konsantrasyonları oluşmaktadır (Sakin ve diğ., 2017).

PUF disk ve reçine medyalarında sıcaklıkların artmasıyla PCB konsantrasyonlarında artma, sıcaklığın azalmasıyla da PCB konsantrasyonlarında azalma söz konusudur. Buna bağlı olarak PUF disk ve reçine medyalarında en yüksek ortalama PCB konsantrasyon seviyeleri yaz mevsiminde, en düşük PCB konsantrasyon seviyesi ise kış mevsiminde ölçülmüştür.

Saf su medyasında en yüksek konsantrasyon ilkbahar mevsiminde, en düşük konsantrasyon ise sonbahar mevsiminde olduğu görülmektedir. Tasarlanan hava örnekleycinin dış yüzeyi çelik olmasından dolayı sıcak mevsimlerde aşırı derecede ısınmaktadır. Isınmaya bağlı olarak da saf su medyası buharlaşmakta ve bu da medya tarafından tutulan PCB'lerin birçoğunun buharlaşarak tekrar havaya karıştığını düşündürmektedir. Bu yüzden saf su medyasında sıcaklığın artmasıyla buharlaşmaya bağlı olarak konsantrasyon değerlerinde düşüş meydana gelmektedir.

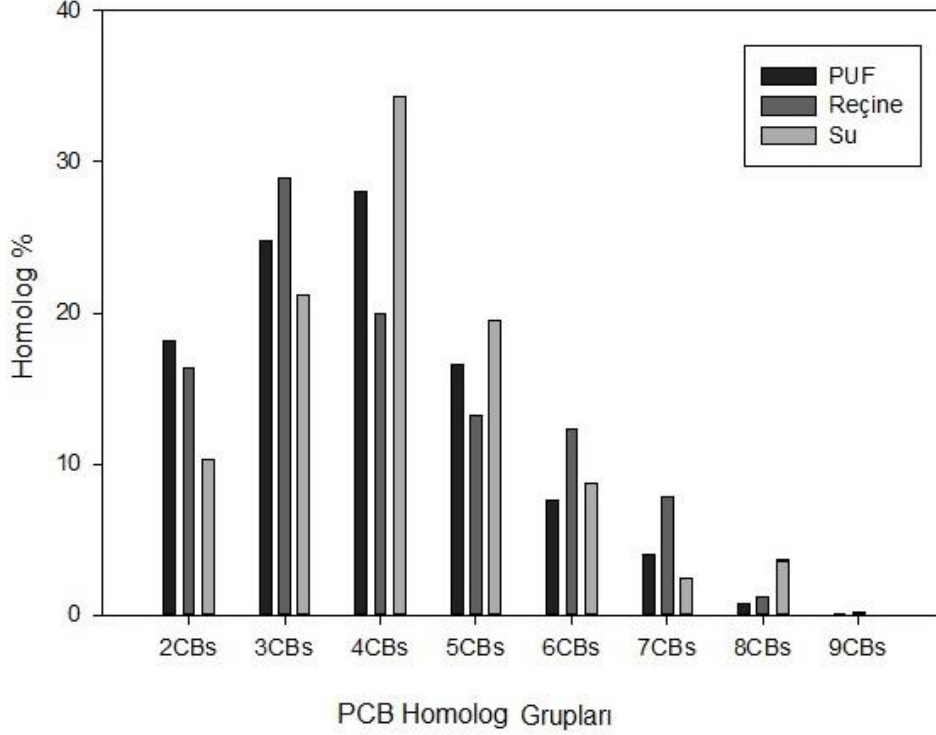
Hogarh ve diğ. (2013) 2013'te Japonya'da atmosferik PCB ve poliklorlu naftalin (PCN) konsantrasyonlarının mevsimsel olarak değişimini irdelenmişlerdir. Bunun için 2008-2009 yılları arasında 55 farklı bölgeye eş zamanlı olarak PUF disk yerleştirmişlerdir. Toplam PCB konsantrasyonlarını en yüksek yazın, en düşük ise ilkbahar mevsiminde raporlamışlardır.

Bozlaker ve diğ. (2008) 2004-2005 yılları arasında bir sanayi bölgesi olan İzmir Aliağa'da yüksek hacimli hava örnekleyci (YHHÖ) kullanarak PCB konsantrasyonlarını belirlemeye çalışmışlardır. Yaz ve kış mevsimi olmak üzere 2 farklı örnekleme periyodu belirlemişlerdir. \sum_{41} PCB konsantrasyonunu yaz ve kış mevsimlerinde sırasıyla 3370±1619 ve 1164±618 pg/m³ olarak ölçmüşlerdir.

Tombesi ve diğ. (2014) 2006-2007 yılları arasında Arjantin'de PUF disk kullanarak kentsel ve tarımsal alanlarda PCB konsantrasyonlarını belirlemeye yönelik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Yaz ve kış mevsimi olmak üzere 2 farklı örnekleme periyodunda gerçekleştirilen bu çalışmada, sıcaklığın artmasıyla toplam PCB konsantrasyonlarında bir artış

söz konusu olduğu belirtilmiştir. Elde edilen literatür sonuçlarının PUF disk ve reçine medyalarında elde edilen sonuçlarla benzerlik gösterdiği görülmektedir.

Toplam PCB konsantrasyonlarının homolog dağılımları Şekil 5’de gösterilmiştir. Homolog grupların dağılımlarını izlediğimizde PUF disk medyasında %24 ve %28 ile 3- ve 4- klorlu bifeniller, Reçine medyasında %29 ve %20 ile 3- ve 4- klorlu bifeniller ve son olarak Su medyasında %21, %34 ile 3- ve 4- klorlu bifenillerin baskın olduğu görülmektedir.



Şekil 5:

Toplam PCB konsantrasyonlarının homolog dağılımları

Hong ve diğ. (2015) 2009-2010 yılında yaptıkları çalışmada 3- ve 4- klorlu PCB homolog gruplarının endüstriyel faaliyetlerden ve yoğun trafikten kaynaklandığını belirtmişlerdir. Trafiğin çok yoğun olduğu BUTAL bölgesinde yaptığımız bu çalışmada her üç medyada da 3- ve 4- klorlu bifenillerin baskın olduğu görülüp yapılan çalışma ile benzerlik olduğu tespit edilmiştir.

Aşkın ve diğ. (2017) 2017’de yaptıkları çalışmada PUF disk kullanarak Bursa’da 8 farklı bölgede örnekleme yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada 4- klorlu bifenillerin tüm örnekleme bölgelerinde baskın tür olduğunu belirlemişlerdir. Belirtilen çalışmanın sonuçları da yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlarla paralellik göstermektedir.

4. TEŞEKKÜR

Bu çalışma Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) 2008/8 nolu proje tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Aota, A., Date, Y., Terakado, S., Ohmura, N. (2015) Screening of polychlorinated biphenyls in insulating oil using a microfluidic based pretreatment and immunoassay, *Analytical Chemistry Research*, 3, 13-19. doi: 10.1016/j.ancr.2014.11.002

2. Aşkın,B., Kurt-Karakuş, P.B., Alegria, H., Güngörmüş, E., Çelik, H., Çiçek, T., Güven, E.C. (2017) Polyurethane foam (PUF) disk passive air samplers derived polychlorinated biphenyls (PCBs) concentrations in the ambient air of Bursa-Turkey: Spatial and temporal variations and health risk assessment, *Chemosphere*, 168, 1345-1355. doi: 10.1016/j.chemosphere.2016.11.124
3. Batang, Z.B., Alikunhi, N., Gochfeld, M., Burger, J., Al-Jahdali, R., Al-Jahdali, H., Aziz, M.A.M., Al-Jebreen, D., Al-Suwailem, A. (2016) Congener-specific levels and patterns of polychlorinated biphenyls in edible fish tissue from the central Red Sea coast of Saudi Arabia, *Science of The Total Environment*, 572, 915-925. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.07.207
4. Bozlaker, A., Odabaşı, M., Müezzinoğlu, A. (2008) Dry deposition and soil-air gas exchange of polychlorinated biphenyls (PCBs) in an industrial area, *Environmental Pollution*, 156, 784-793. doi:10.1016/j.envpol.2008.06.008
5. Chalavi, V., Zareh, S. (2017) Genetic engineering of rose scented geranium with bacterial genes for phytoremediation of polychlorinated biphenyl, *Agricultural&Forestry*, 63(1), 35-40. doi: 10.17707/AgricultForest.63.1.04.
6. Chen, L., Yang, Y., Chen, J., Gao, S., Qi, S., Sun, C., Shen, Z. (2017) Spatial-temporal variability and transportation mechanism of polychlorinated biphenyls in the Yangtze River Estuary, *Science of the Total Environment*, 598(2017), 12-20. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.04.069
7. Çetin, B., Yatkin, S., Bayram, A., Odabaşı, M. (2007) Ambient concentrations and source apportionment of PCBs and trace elements around an industrial area in İzmir, Turkey, *Chemosphere*, 69, 1267-1277. doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.05.064
8. Estoppey, N., Schopfer, A., Omlin, J., Esseiva, P., Vermeirssen, E.L.M., Delemont, O., Alencastro, L.F. (2014) Effect of water velocity on the uptake of polychlorinated biphenyls (PCBs) by silicone rubber (SR) and low-density polyethylene (LDPE) passive samplers: An assessment of the efficiency of performance reference compounds (PRCs) in river-like flow conditions, *Science of the Total Environment*, 499(2014), 319-326. doi:10.1016/j.scitotenv.2014.08.047
9. Francisco, A.P., Nardocci, A.C., Tominaga, M.Y., Silva, C.R., Assunção, J.V. (2017) Spatial and seasonal trends of polychlorinated dioxins, furans and dioxin-like polychlorinated biphenyls in air using passive and active samplers and inhalation risk assessment, *Atmospheric Pollution Research*, 8(2017), 979-987. doi: 10.1016/j.apr.2017.03.007
10. Hogarth, J.N., Seike, N., Kobara, Y., Masunaga, S. (2013) Seasonal variation of atmospheric polychlorinated biphenyls and polychlorinated naphthalenes in Japan, *Atmospheric Environment*, 80, 275-280. doi: 10.1016/j.atmosenv.2013.07.076
11. Hong, Y., Chen, J., Zhang, F., Zhang, H., Xu, L., Yin, L., Chen, Y. (2015) Effects of urbanization on gaseous and particulate polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls in a coastal city, China: levels, sources, and health risks, *Environmental Science and Pollution Research International*, 2015(22), 14919-14931. doi:10.1007/s11356-015-4616-2
12. IARC (International Agency for Research on Cancer) (2015) Polychlorinated biphenyls and polybrominated biphenyls, <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol107>.
13. Kim, L., Jeon, J-W., Son, J.Y., Park, M-K., Kim, C-S., Jeon, H-J., Nam, T-H., Kim, K., Park, B-J., Choi, S-D., Lee, S-E. (2017) Monitoring and risk assessment of polychlorinated

- biphenyls (pcbs) in agricultural soil from two industrialized areas, *Environ Geochem Health*, 39(2), 279-291. doi: 10.1007/s10653-017-9920-y
14. Kuzu, S.L., Saral, A., Güneş, G., Karadeniz, A. (2016) Evaluation of background soil and air polychlorinated biphenyl (PCB) concentrations on a hill at the outskirts of a metropolitan city, *Chemosphere*, 154, 79-89. doi:10.1016/j.chemosphere.2016.03.095
 15. Odabaşı, M., Çetin, B., Demircioğlu, E., Sofuoğlu, A. (2008) Air-water exchange of polychlorinated biphenyls (PCBs) and organochlorine pesticides (OCPs) at a coastal site in İzmir Bay, Turkey, *Marine Chemistry*, 109(1-2), 115-129. doi: 10.1016/j.marchem.2008.01.001
 16. Raffetti, E., Speziani, F., Donato, F., Leonardi, L., Orizio, G., Scarcella, C., Apostoli, P., Magoni, M. (2017) Temporal trends of polychlorinated biphenyls serum levels in subjects living in a highly polluted area from 2003 to 2015: a follow-up study, *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 220(2017), 461-467. doi:10.1016/j.ijheh.2017.01.002
 17. Sakın, A.E. (2015) Bursa'da yarıkırşal bir bölgede poliklorlu bifenillerin (PCB'ler) farklı örnekleyiciler kullanılarak örnekleme, Yüksek Lisans Tezi, U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
 18. Sakın, A.E., Esen, F., Taşdemir, Y. (2017) Effects of sampling interval on the passive air sampling of atmospheric PCBs levels, *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 52(7), 673-679. doi:10.1080/10934529.2017.1297148
 19. Scinicariello, E., Buser, M.C. (2015) Polychlorinated biphenyls and leukocyte telomere length: an analysis of NHANES 1999–2002, *EbioMedicine*, 2, 1974-1979. doi:10.1016/j.ebiom.2015.11.028
 20. Shaban, Y.A., Sayed, M.E., Maradny, A.A.E., Farawati, R.K., Zobidi, M.I.A., Khan, S.U.M. (2016) Laboratory and pilot-plant scale photocatalytic degradation of polychlorinated biphenyls in seawater using cm-n-tio_2 nanoparticles, *International Journal of Photoenergy*, 2016, 1-7. doi:10.1155/2016/8471960
 21. Taşdemir, Y., Esen, P. (2007) Urban air PAHs: concentrations, temporal changes and gas/particle partitioning at a trafficked site in Turkey, *Atmospheric Research*, 84, 1-12. doi:10.1016/j.atmosres.2006.04.003
 22. Tombesi, N., Pozo, K., Harner, T. (2014) Persistent organic pollutants (pops) in the atmosphere of agricultural and urban areas in the province of buenos aires in argentina using puf disk passive air samplers, *Atmospheric Pollution Research*, 5(2), 170-178. doi:10.5094/APR.2014.021
 23. Zhang, L., Dong, L., Yang, W., Zhou, L., Shi, S., Zhang, X., Niu, S., Li, L., Wu, Z., Huang, Y. (2013) Passive air sampling of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in the Yangtze River Delta, China: concentrations, distributions, and cancer risk assessment, *Environmental Pollution*, 181, 159-166. doi:10.1016/j.envpol.2013.06.033
 24. Ziegler, S., Schettgen, T., Beier, F., Wilop, S., Quinete, N., Esser, A., Masouleh, B.K., Ferreira, M.S.V., Vankann, L., Uciechowski, P., Rink, L., Kraus, T., Brümmendorf, T.H., Ziegler, P. (2017) Accelerated telomere shortening in peripheral blood lymphocytes after occupational polychlorinated biphenyls exposure, *Archives of Toxicology*, 91(1), 289-300. doi:10.1007/s00204-016-1725-8

