

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

**İSTANBUL METROPOLÜNDEKİ ATMOSFERİK POLİBROMLU DİFENİL  
ETER (PBDE) DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ**

**Halil ÇELİK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**2015**



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

**İSTANBUL METROPOLÜNDEKİ ATMOSFERİK POLİBROMLU DİFENİL  
ETER (PBDE) DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ**

**Halil ÇELİK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Bu tez Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından  
112Y315 nolu proje ile desteklenmiştir.**

**2015**



T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTANBUL METROPOLÜNDEKİ ATMOSFERİK POLİBROMLU DİFENİL ETER  
(PBDE) DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ

Halil ÇELİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 10/12/2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oycokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Kadir GEDİK  
Prof. Dr. Bülent TOPKAYA  
Yrd. Doç. Dr. Fatma ÖZTÜRK

  
.....  
.....  
.....



## ÖZET

### İSTANBUL METROPOLÜNDEKİ ATMOSFERİK POLİBROMLU DİFENİL ETER (PBDE) DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ

Halil ÇELİK

Yüksek Lisans Tezi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Doç. Dr. Kadir GEDİK

Yardımcı Danışman: Doç. Dr. Perihan Binnur KURT-KARAKUŞ  
Aralık 2015, 60 sayfa

Kalıcı organik kirleticiler (KOK) doğada uzun süre bozunmadan kalabilen veya çok yavaş bozunan ve canlılar üzerinde toksik etkileri olan kimyasal maddelerdir. Polibromlu difenil eterler (PBDE); tüketici ürünlerinin yangına/tutuşmaya dayanıklılığını arttırmak amacı ile alev geciktirici olarak kullanılan kimyasallardır. Bu çalışma kapsamında ticari karışımlarının kullanımı ve üretimi 2009 yılında Stockholm Sözleşmesi kapsamında yasaklanan PBDE bileşiklerinin İstanbul dış ortam havasındaki seviyeleri araştırılmıştır. Bu amaçla, yüksek hacimli aktif hava örnekleme cihazı ile İstanbul'da yer alan kentsel (Beşiktaş) ve kırsal (Beykoz) bir alınan gaz faz ve partikül faz hava örnekleri laboratuvar şartlarında ekstraksiyon deriştirme işlemi ve temizleme işlemlerinden geçirildikten sonra GC-MS ile toplam 14 PBDE kongeneri analiz edilmiştir. Analizler sonucunda kentsel alanda gaz ve partikül fazdaki  $\sum_{14}$  PBDE bileşiğinin konsantrasyon değerleri tayin sınırı ile  $59,8 \text{ pg/m}^3$  aralığında iken bu değerler kırsal alan için  $2,55-70,4 \text{ pg/m}^3$  aralığında değişmektedir. Gaz fazda partikül faza oranla PBDE bileşiklerinin daha baskın olmakla birlikte her iki alanın da muhtemel kirletici kaynaklardan benzer şekilde etkilendiği gözlenmiştir. Çalışma sonuçları, İstanbul ilinde "kırsal" alan olarak nitelendirilen bir bölgede dahi kentsel bir alanda gözlenen PBDE kimyasallarına benzer profil ve seviyelerde rastlanabildiğini, bu da ateşe mukavemeti artırmak amacı ile tüketici ürünleri bünyesine eklenen bu kimyasalların tüketiciler tarafından kullanıldıkları her alanda belirlenebilir düzeylere erişebildiğini göstermektedir. İstanbul'da belirlenen PBDE seviyeleri dünyanın farklı metropollerinde yapılan çalışmalarda belirlenen kirletici seviyelerine göre daha düşüktür. Çalışma, İstanbul ilinde PBDE'ler üzerine yapılan ilk çalışma olup, bundan sonra İstanbul ilinde veya ülkemizin diğer bölgelerinde kentsel ve kırsal alanlarda yapılacak olan çalışmalar için öncü nitelikte olması ve bir altlık oluşturması bakımından önemlidir.

**ANAHTAR KELİMELEER:** PBDE, alev geciktirici, aktif örnekleme, hava, Stockholm Sözleşmesi

**JÜRİ:** Doç. Dr. Kadir GEDİK (Danışman)  
Prof. Dr. Bülent TOPKAYA  
Yrd. Doç. Dr. Fatma ÖZTÜRK

## ABSTRACT

### INVESTIGATION OF ATMOSPHERIC POLYBROMINATED DIPHENYL ETHER (PBDE) LEVELS IN THE METROPOLIS OF İSTANBUL

Halil ÇELİK

MSc Thesis in Environmental Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr.Kadir GEDİK

Co-Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Perihan Binnur KURT-KARAKUŞ

December 2015, 60 pages

Persistent organic pollutants (POPs) are a group of chemicals that resist to degradation or degraded slowly in the environment. Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) are brominated chemicals used as a flame reterdant to increase the durability of consumer products to ignition. In this study, ambient air concentrations of PBDEs , that the usage and production banned in 2009 under Stockholm Convention. For this purpose active air samples were collected in an urban (Besiktas) and background (Beykoz) location in Istanbul and PBDEs were investigated in gas and particulate phase. Samples were soxhlet extracted concentrated cleaned up and  $\sum_{14}$  PBDE congeners were anlyzed using GC-MS. The total of gas and particulate phase concentrations at urban siteand rural ranged from tsa-59.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  and 2.55-70.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectively. Gas phase concentrations are higher than particulate phase concentrations, however congener patterns indicate that both locations are affected by the similar sources. Results of the study showed that, concentrations and congener profiles in backgournd area is even similar to these in urban area which means that such flame retardant chemicals in consumer products are at detectable levels wherever consumers use them. Levels detected in Istanbul were lower compared to levels from other cities in the world. Current study is a pioneering study for the similar studies to be conducted in Istanbul in the future or studies to be conducted in other cities of Turkey.

**KEYWORDS:** PBDE, flame retardant, active sampling, air, Stockholm Convention

**COMMITTEE:** Assoc. Prof. Dr. Kadir GEDİK (Supervisor)

Prof. Dr. Bülent TOPKAYA

Assist. Prof. Dr. Fatma ÖZTÜRK



## ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca bana yol gösteren, bilimsel bakış açısı kazandıran danışmanım Doç. Dr. Kadir GEDİK, yardımcı danışmanım Doç. Dr. Perihan Binnur Kurt-Karakuş ve eğitimim süresince manevi desteği ve bilgisini benimle paylaşan Yrd. Doç. Dr. Aşkın BİRGÜL, Arş. Gör. Emine CAN GÜVEN, Arş. Gör. Fatih GÜVEN, Arş. Gör. Mehmet YURDAKUL, Dilek BOLAT, Çevre Yüksek Mühendisleri Merve ÖZKALELİ ve Burak AK'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışma, TÜBİTAK 112Y315 nolu proje kapsamında Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, NanoKok laboratuvarı ve Bursa Teknik Üniversitesi Doğa Bilimleri, Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Projeyi maddi olarak destekleyen TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemde bana her türlü desteklerini esirgemeyen aileme teşekkürlerimi sunarım.

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Alüminyum Oksit
Br	Brom
eV	Elektron Volt
km <sup>2</sup>	Kilometrekare
m	Metre
ml	Mililitre
ml/dk	Mililitre/Dakika
mm	Milimetre
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sodyum Sülfat
ng/g	Nanogram/Gram
ng/m <sup>2</sup>	Nanogram/Metrekare
ng/m <sup>3</sup>	Nanogram/Metreküp
NO <sub>3</sub>	Nitrat
O <sub>3</sub>	Ozon
OH	Hidroksil Grubu
PCDD	Polychlorinated dibenzo-p-dioxin
PCDF	Polychlorinated dibenzofuran
pg/m <sup>3</sup>	Pikogram/Metreküp
pg/μl	Pikogram/Mikrolitre
r <sup>2</sup>	Regresyon Sabiti
μg/kg	Mikrogram/Kilogram
μl	Mikrolitre
°C	Santigrad Derece

## **Kısaltmalar**

BDE	Bromlu Difenil Eter
CV	Varyasyon Katsayısı
GC	Gaz Kromatografi
IDL	Instrument Detection Limit (Cihaz Tayin Sınırı)
IOMC	Örgüt İçi Kimyasalların Yönetimi Programı (The Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals)
KOK	Kalıcı Organik Kirletici
MA	Molekül Ağırlığı
MAX	Maksimum
MEDYAN	Ortanca Değer
MDL	Metot Tayin Sınırı (Method Detection Limit)
MIN	Minimum
MS	Kütle Spektrometresi
NCI	Negatif Kimyasal İyonlaşma
OCP	Organoklorlu Pestisit
ORT	Ortalama
PAH	Poliaromatik Hidrokarbon
PBDE	Polibromludifenil Eter
PCB	Poliklorlu Bifenil
PM <sub>10</sub>	10 Mikrometreden Küçük Çaptaki Partikül Madde
PÜK	Poliüretan Köpük
RT	Geliş Zamanı
SIM	Seçilmiş İyon Görüntüleme
STD	Standart Sapma
TSA	Tayin Sınırının Altında
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı
USEPA	Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı (US Environmental Protection Agency)

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
ÖNSÖZ .....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	iv
İÇİNDEKİLER .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	ix
1. GİRİŞ .....	1
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMASI .....	3
2.1. Polibromlu Difenil Eterler (PBDE) ve Kaynakları .....	3
2.2. PBDE'lerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri .....	6
2.3. PBDE'lerin Çevre ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri .....	6
2.4. PBDE'lerin Atmosferik Reaksiyonları ve Taşınım Mekanizması .....	9
2.5. PBDE Kullanımına Gelen Kısıtlamalar .....	10
2.6. Türkiye'de PBDE çalışmaları .....	10
2.7. Çalışmanın Önemi ve Özgünlüğü .....	14
3. MATERYAL VE METOT .....	15
3.1. Örnekleme Bölgesi Karakteristiği .....	15
3.1.1. Poliüretan Köpük Tıkaç (PÜK) Örnekleyci ve Kuvars Filtrenin Hazırlanması .....	16
3.1.2. Yüksek Hacimli Hava Örnekleme Cihazı ve Kurulumu .....	16
3.1.3. Örnekleme programı .....	17
3.2. Meteorolojik Veriler .....	17
3.3. Analitik Süreç ve Enstrümental Analiz .....	18
3.3.1. Sokslet ile ekstraksiyon işlemi .....	18
3.3.2. Döner buharlaştırıcı ile deriştirme işlemi .....	19
3.3.3. Azot gazı ile ileri deriştirme işlemi .....	19
3.3.4. Temizleme işlemi .....	20
3.3.5. PBDE'lerin Enstrümental Analizi .....	21
3.4. Analizlerde Kalite Güvencesi ve Kontrolü .....	23
3.4.1. Deneylerde PBDE Analitlerinin Geri Kazanım Verimleri .....	23
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	26
4.1. Toplam Atmosferik PBDE Konsantrasyonları .....	26
4.2. Kentsel Alan PBDE Seviyeleri .....	26
4.3. Kırsal Alan PBDE Seviyeleri .....	32
4.4. Kentse ve Kırsal Alan PBDE Bileşiklerinin Homolog Dağılımı .....	33
4.5. Atmosferik PBDE Seviyelerinin Kıyaslanması .....	33
5. SONUÇ .....	37
6. KAYNAKLAR .....	38
Ek-1: Atmosferik PBDE Konsantrasyonları .....	43

Ek-2: Meteorolojik Veriler .....	50
ÖZGEÇMİŞ	



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Kalıcı organik kirleticilerin gruplandırılması .....	3
Şekil 2.2. PBDE'lerin genel yapısı (m, n: Brom sayısı) .....	4
Şekil 2.3. PBDE bileşiğinden dioksin ve furan oluşumu .....	9
Şekil 3.1. Örnekleme bölgelerinin harita üzerinde gösterimi .....	15
Şekil 3.2. PÜK süngerlerin temizlik aşamaları A) PÜK tıkaçların ılık suda bekletilmesi, B) PÜK tıkaçların hekzan ve aseton ile ekstrakte edilmesi, C) PÜK tıkaçların vakumlanarak kurutulması .....	16
Şekil 3.3. Yüksek hacimli hava örnekleme cihazı ve örnekleme aparatları .....	17
Şekil 3.4. Sokslet ile ekstraksiyon işlemi .....	18
Şekil 3.5. Döner buharlaştırıcı ile deriştirme işlemi .....	19
Şekil 3.6. Azot gazı ile deriştirme işlemi .....	19
Şekil 3.7. Alümina kolonu ile temizleme işlemi .....	20
Şekil 3.8. PBDE'lere ait kromatogram görüntüsü .....	21
Şekil 4.1. Kentsel (sağ) ve kırsal (sol) alan gaz ve partikül faz PBDE konsantrasyonları .....	29
Şekil 4.2. İstanbul kentsel (sağ) ve kırsal (sol) alan gaz ve partikül faz PBDE konsantrasyonlarının % katkı değerleri.....	30
Şekil 4.3. Kentsel alan partikül fazdaki PBDE bileşiklerinin dağılımı.....	31
Şekil 4.4. Kentsel alan gaz fazdaki PBDE bileşiklerinin dağılımı.....	31
Şekil 4.5. Kırsal alan partikül fazdaki PBDE bileşiklerinin dağılımı .....	32
Şekil 4.6. Kırsal alan gaz fazdaki PBDE bileşiklerinin dağılımı .....	33
Şekil 4.7. Kentsel alandaki gaz ve partikül faz formundaki toplam PBDE bileşiklerinin % homolog dağılımları.....	34
Şekil 4.10. Kırsal alandaki gaz ve partikül faz formundaki toplam PBDE bileşiklerinin % homolog dağılımları.....	35

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. PBDE'lerin ticari karışım oranları ve kullanım alanları .....	4
Çizelge 2.2. Bazı PBDE bileşiklerinin homolog gruplar içerisindeki dağılımı .....	5
Çizelge 2.3. 2001 yılında dünyanın farklı bölgelerindeki PBDE'lerin tahmini piyasa talebi (ton) .....	5
Çizelge 2.4. Bazı PBDE bileşiklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	7
Çizelge 2.5. Türkiye'de PBDE'lerle ilgili yapılan çalışmalar .....	11
Çizelge 2.6. Ulusal uygulama planında yer alan ulaşım sektöründeki mevcut c-pentaBDE miktarının özetlenmesi.....	13
Çizelge 2.7. Faydalı ömür modeli uygulamasına göre katot ışın tüplü ekipmanlardan kaynaklanan EEE, WEEE ve polimerlerde bulunan hekzaBDE ve heptaBDE (kg) miktarları.....	13
Çizelge 3.1. Göztepe istasyonundan alınan meteorolojik veriler.....	18
Çizelge 3.2. PBDE bileşiklerinin metot ölçüm sınırları.....	22
Çizelge 3.3. Analitlerin geliş zamanları, hedef kütleleri, kalibrasyon grafiği $r^2$ değerleri, kalibrasyon grafiğinde yer alan en düşük belirlenebilir konsantrasyon, iyonlaşma türü .....	22
Çizelge 3.4. Kontrol numunelerinin analiz sonuçları.....	23
Çizelge 3.5. Kontrol numunelerinin geri kazanım verimleri (%) .....	24
Çizelge 3.6. Alümina ile temizleme ve zenginleştirme işlemi esnasında geri kazanım verimi (%).....	24
Çizelge 3.7. Döner buharlaştırıcı ile deriştirme işlemi sırasındaki geri kazanım verimi (%) .....	24
Çizelge 3.8. Azot ile deriştirme işlemi sırasındaki geri kazanım verimi (%) .....	25
Çizelge 4.1. Kentsel alan gaz ve partikül faz PBDE değerleri.....	27
Çizelge 4.2. Kırsal alan gaz ve partikül faz PBDE değerleri .....	28
Çizelge 4.3. Dünyanın çeşitli metropollerinde PBDE bileşikleri için hava ortamında aktif örnekleyiciler ile yapılmış çalışmalar .....	36

Çizelge 6.1. Kentsel alan gaz faz PBDE konsantrasyonları .....	43
Çizelge 6.2. Kentsel alan partikül faz PBDE konsantrasyonları.....	46
Çizelge 6.3. Kırsal alan gaz faz PBDE konsantrasyonları .....	48
Çizelge 6.4. Kırsal alan partikül faz PBDE konsantrasyonları .....	49
Çizelge 6.5. Göztepe istasyonundan alınan meteorolojik veriler.....	50
Çizelge 6.6. Kentsel alan PBDE homolog % grup dağılımları.....	52
Çizelge 6.7. Kırsal alan PBDE homolog % grup dağılımları .....	53





## 1. GİRİŞ

Kalıcı organik kirleticiler (KOK) fotolitik, kimyasal ve biyolojik bozunmaya karşı yüksek mukavemete sahip bileşiklerdir. KOK'lar doğaya salındığı noktadan daha uzak bölgelere uzun zamanda değişime uğramadan taşınabilen, doğal veya antropojenik orijinli bileşiklerden oluşmaktadır (Buccini 2001). KOK'ların;

- biyolojik birikim,
- toksisite,
- çevrede kolayca yok olmama,
- hava, su, toprakla kaynaklarından çok daha uzak mesafelere kolayca yayılabilir ve taşınabilir

olması en önemli özellikleridir (İstanbuluoğlu ve Tekbaş 2013).

KOK'lar temelde iki ana gruba ayrılmaktadır. Bunlar, polisiklik aromatik hidrokarbonlar ve halojenli hidrokarbonlardır. Halojenli hidrokarbonlar grubundaki bileşiklerde flor, brom, klor gibi halojen grubu (7A) elementler bulunmaktadır. Bu gruptaki bileşikler biyolojik olarak bozunmaya karşı yüksek dirence sahip ve KOK'ların en büyük grubunu oluşturmaktadır. Halojenli hidrokarbonlardaki halojen elementi sayısı ne kadar fazla olursa, o bileşiğin biyolojik olarak parçalanmaya karşı direnci de o kadar artmaktadır (WHO 1994). Atmosfer, KOK'lar için birincil izleme ortamı olmasına rağmen dünyanın pek çok bölgesinde KOK'lara yönelik atmosferik ortam verileri ya çok kısıtlı ya da mevcut değildir.

KOK grubu bileşiklerin halojenli hidrokarbon grubunda yer alan polibromludifenil eterler (PBDE'ler); polimer, boya, tekstil, plastik, ev eşyaları, televizyon, bilgisayar, otomobil parçaları ve kabloların ateşe karşı dirençlerini arttırmak amacıyla alev geciktirici olarak kullanılmaktadır (De Wit 2002, Hyotylainen ve Hartonen 2002, Strandberg vd. 2001). PBDE bileşikleri iki benzen halkasına farklı sayıda bağlanan brom (Br) atomları ile oluşmaktadır. Bağlanan brom atomlarının sayısı o bileşiğin taşınımına direkt olarak etki etmektedir. Başka bir deyişle, PBDE bileşiğinin molekül ağırlığı ne kadar artarsa taşınımı da o kadar zorlaşmaktadır. Brom atomlarının bağlanma açıları ise bileşiklerin kimyasal ve fiziksel özelliklerinin birbirinden farklı olmasını sağlar. PBDE bileşikleri, yanma işlemi sonucunda oluşan radikalleri yakalamaları için brom (Br) atomlarını serbest hale getirir. Bu nedenle yanmaya sebep olacak kimyasal tepkimeleri bitirerek, radikalik mekanizma üzerinden yanma işlemi sonlandırmış olurlar (Sinkkonen vd. 2004). Yarı uçucu özelliğe sahip olan bu kimyasallar üretilmedikleri hatta kullanılmadıkları bölgelere bile atmosferik olaylarla kolayca taşınabilir. Bu özelliklerinden dolayı da PBDE'ler her yerde bulunabilen çevresel kirleticilerdir. Bu KOK grubu kimyasala dair farkındalık, özellikle son 10 yılda yapılan araştırmalar neticesinde, sahip olduğu kalıcı özelliği ve insan sağlığı için oluşturduğu (kanserojen, toksik) tehlikelerden dolayı artmıştır. PBDE'ler sahip oldukları düşük su çözünürlüğü ve düşük buhar basıncı nedeniyle genellikle katı ortamlarda (toprak, sediman, atmosferik partikül) bulunma eğilimindedir ve çevresel ortamlara girdiklerinde kolayca biyolojik birikime uğrarlar (D'Silva 2004). PBDE'ler ile ilgili dünya genelinde birçok ortamda araştırma yapılmıştır. Bunlar hava, sediman, arıtma çamuru, yağmur suyu, balık dokusu, kuş yumurtası, fok, balina ve yunus yağı,

midye, insan kanı, sütü ve dokusu gibi birçok çevresel ve biyolojik ortamlardır (De Wit 2002, Hites 2004, Hyotylainen ve Hartonen 2002, Nylund vd. 1992, Sellstrom vd. 1998, Strandberg vd. 2001). KOK grubu bileşiklerin biyobirikimi, taşınımı ve kalıcılığı nedeniyle İsveç'te Stokckholm Sözleşmesi imzalanmıştır (İstanbuluoğlu ve Tekbaş 2013). Stockholm Sözleşmesi, insan sağlığı ve çevreyi oldukça tehlikeli olan KOK'ların olumsuz etkilerinden korumayı, sınırlama veya yasaklama gibi tedbirler olarak üretimlerini, kullanımlarını, ticaret ve salınımları ile elde kalan stokları ve atıklarını tamamen yok etmeyi hedefleyen uluslararası bir antlaşmadır (URL1 2014). Türkiye, Stockholm Sözleşmesi'ni 23 Mayıs 2001'de imzalamıştır. Fakat sözleşme 14 Nisan 2009 tarihinde 5871 sayılı Kanun olarak Türkiye Büyük Millet Meclisi'nin onayından geçmiş ve Bakanlar Kurulu tarafından kabul edilerek 30 Temmuz 2009'da yayımlanmıştır. Sözleşme resmi olarak 12 Ocak 2010 tarihinde yürürlüğe girmiştir (UUP 2014). Birçok KOK gurubu kimyasal bu sözleşmede yasaklı kimyasallar listesine girerek kullanımı ve üretimi yasaklanmıştır. PBDE bileşikleri gibi Stockholm Sözleşmesi'ne yeni eklenen kimyasalların sayısının her geçen yıl artması, bu kimyasalların çevrede oluşturacağı nihai potansiyel etki, yeni üretilen ürün ve e-atıkların içerebileceği KOK'lar için hemen ortaya çıkmayacaktır (Watanabe ve Sakai 2003). Türkiye'deki KOK kirliliğine yönelik mevcut bilgiler Stockholm Sözleşmesi'nin getirdiği yükümlülükler çerçevesinde hazırlanan Ulusal Uygulama Planı ve KOK'ları konu alan çeşitli yayınlarda derlenmiştir (Can-Güven vd. 2014, Ceylan 2009, Dağlı 2008). Söz konusu çalışmalarda yer alan PBDE bazlı araştırmalar dikkate alındığında PBDE'lerle ilgili ulusal veriye ihtiyaç olduğu açıktır.

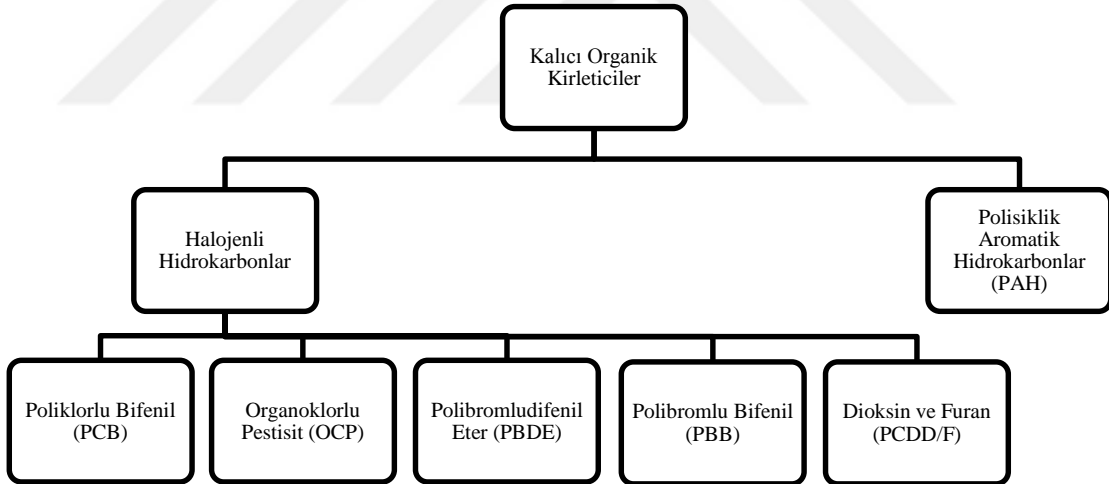
PBDE'ler tüketici ürünlerinde de kullanıldığı için günlük hayatın bir parçası halindedir. Bundan dolayı çevresel ortamlardaki akıbeti diğer KOK grubu bileşiklere oranla daha uzun sürmektedir. Bu çalışma ile;

- Dünyanın sayılı metropollerinden olan İstanbul'un kırsal ve kentsel alanına yönelik atmosferik PBDE kaynaklı kirlilik seviyelerinin belirlenmesi,
- Türkiye'nin de taraf olduğu Stockholm Sözleşmesi kapsamında yasaklanmış olan PBDE'ler için ulusal veritabanını güçlendirecek nicel verilerin sağlanması amaçlanmıştır.

## 2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMASI

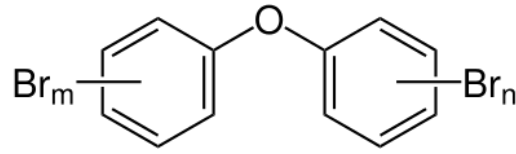
### 2.1. Polibromlu Difenil Eterler (PBDE) ve Kaynakları

KOK'lar temel olarak iki gruba ayrılmaktadır: polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar) ve halojenli hidrokarbonlar (Şekil 2.1). Halojenli hidrokarbonlar klor, brom, flor gibi bir halojen içermekte olup biyolojik bozunmaya karşı oldukça dirençli olmalarının yanı sıra üretim, kullanım ve salınım bakımından en büyük KOK kimyasal grubunu oluşturmaktadır. Artan halojen elementi sayısı ile biyolojik bozunmaya karşı olan direnç ve biyolojik birikim potansiyeli artmakta, metabolik parçalanabilme ve dışkı/ıdrar ile bünyeden uzaklaştırılabilme potansiyeli azalmaktadır (WHO 1994). KOK'lar, toksik, kanserojen ve mutajenik organik bileşiklerdir. KOK'lar günümüzde tüm çevresel alanlara bulaşmış durumdadır. Bu bileşikler; doğada hava ve su yolu ile taşınım göstererek hiç kullanılmadıkları ya da üretilmedikleri yerlerde tespit edilmektedir (Nieuwoudt vd. 2009). KOK'lar lipofilik özelliklerinden dolayı besin zincirinde biyolojik birikime neden olmaktadır. Bu birikim, özellikle de sucul ortamlarda daha üst seviyelerde olmakta ve sucul ortam canlıları için daha fazla tehdit oluşturmaktadır (Boon vd. 2002, Falandysz vd. 2002, Fisk vd. 2001). Poliklorlu bifenil (PCB), organoklorlu pestisit (OCP) ve PBDE gibi kimyasallar insanlar ve diğer canlılarda kanserojen etki göstermekle birlikte sinir sistemi, üreme sistemi ve salgı bezlerine de zarar verebilmektedir (Brouwer vd. 1999, Cogliano 1998, Darnerud 2003, Langer vd. 2003).



Şekil 2.1. Kalıcı organik kirleticilerin gruplandırılması

PBDE'ler iki aromatik (benzen) halkanın bir araya gelmesi ve karbon atomlarına farklı sayı ve noktada brom iyonunun bağlanması ile oluşmaktadır (Şekil 2.2). PBDE-mono (Bromodiphenyl Ether), PBDE-1 (2-Bromodiphenyl Ether), PBDE-2 (3-Bromodiphenyl Ether) ve PBDE-3 (4-Bromodiphenyl Ether) ortak kimyasal formüle ( $C_{12}H_9OBr$ , MA=249 g) sahip olup brom iyonlarının bağlanma noktalarından dolayı farklılık gösteren ve en düşük moleküler ağırlığa sahip PBDE türleridir. Yarı uçucu özelliğe sahip olmalarından dolayı kullanılmadıkları alanlara dahi hava koşulları ile taşınabilmektedir.



Şekil 2.2. PBDE'lerin genel yapısı (m, n: Brom sayısı)

KOK'ların halojenli hidrokarbon grubunda yer alan PBDE'ler; polimer, boya, tekstil, plastik, ev eşyaları, televizyon, bilgisayar, otomobil parçaları ve kabloların ateşe karşı dirençlerini arttırmak amacıyla alev geciktirici olarak kullanılmaktadır (Strandberg vd 2001, De Wit 2002, Hyotylainen ve Hartonen 2002). PBDE bileşikleri fizikokimyasal özelliklerine göre homolog gruplara ayrılmaktadır. Gruplandırma sırasında brom sayıları göz önünde bulundurulmaktadır. PBDE'ler ticari olarak; pentabromo difenil eter, oktabromo difenil eter ve dekabromo difenil eter olmak üzere üç farklı teknik karışım halinde satılmaktadır. Bu karışımların birbirlerinden farkı karbon atomlarına bağlı bulunan brom iyonu sayısı ve brom iyonlarının karbon atomlarına bağlanma noktalarından ileri gelmektedir. Bu karışımlar kullanım alanlarına göre farklılık göstermektedir. PBDE'lerin ticari karışım oranları ve kullanım alanları Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. PBDE'lerin ticari karışım oranları ve kullanım alanları

Homolog Grup	Karışımlar ve Oranları	Kullanım Alanları
Penta-BDE	% 50-62 Penta	Mobilya ve Yatak süngerleri
	% 24-38 Tetra	Baskı devre levhaları
	% 4-8 Hekza	Endüstriyel ve Teniz boyaları
Okta-BDE	% 31-35 Okta	
	% 43-44 Hepta	Elektriksel bağlantı elemanları
	% 10-12 Hekza	Otomobillerin plastik iç parçaları
	% 9-11 Nona	
Deka-BDE	< % 1 Deka	
	% 97 Deka	TV ve Bilgisayar kasaları
	< % 3 Nona	Halı tabanları ve Tekstil ürünleri
	Az miktarda, Okta	İzolasyon malzemeleri, Yapı işleri ve Bina uygulamaları

Dünya genelinde 1970'lerde PBDE bileşiklerinin kullanımında artış görülmüştür. 1992'de dünya genelindeki PBDE üretimi yaklaşık olarak 40000 tondur. O tarihten itibaren ateşe mukavemeti artırma özelliklerinden dolayı yasal çerçevede belirli oranlarda üreticiler tarafından bilinçli olarak eklenmiş olup 2001 yılında küresel bazda PBDE talebi 67000 ton olarak açıklanmıştır (BSEF 2006). Mevcut durum Çizelge 2.2'de gösterilmektedir.

Çizelge 2.2. Bazı PBDE bileşiklerinin homolog gruplar içerisindeki dağılımı

tri %	tetra %	penta %	hexa %	hepta %	deka %
PBDE 17	PBDE 71	PBDE 100	PBDE 154	PBDE 183	PBDE209
PBDE 28	PBDE 47	PBDE 99	PBDE 153	PBDE 190	
	PBDE 66	PBDE 85	PBDE 138		

PBDE'ler birçok farklı polimerde alev geciktirici olarak kullanılmakta ve kullanılan bu polimerler ile PBDE'ler arasında herhangi bir kimyasal bağ olmadığı için tüketici ürünlerinde bulunan PBDE'ler bu sayede taşınım göstermektedir. Bu taşınım şekli ise dünya genelinde, PBDE'lerin en çok görülen noktasal olmayan kaynak tipidir (Strandberg vd. 2001). PBDE'ler çevresel ortama; üretimleri sırasında oluşan atmosferik emisyonlar, PBDE içeren atıkların geri dönüşümü, tüketici ürünlerinden meydana gelen buharlaşma ve katı atık depolama sahalarında meydana gelen sızıntılar gibi birçok değişik yolla dahil olurlar (Watanabe ve Sakai 2003). Atık imha işlemi sırasında yapısında PBDE bulunan ürünler evsel atık adı altında katı atık sahalarına ya da atık yakma ünitelerine bırakılırlar. Katı atık alanlarında ve yakma ünitelerinde bulunan atıklarda katkı malzemesi olarak kullanılmış PBDE bileşikleri hava ortamına geçerek çevre kirliliğine neden olmaktadır. Doğada kaybolmaları yarılanma ömürlerinin uzunluğundan dolayı çok zordur. PBDE'ler, diğer KOK grubu bileşikler gibi kalıcılıkları, biyolojik birikime neden olmaları ve vahşi yaşam ve insan hayatı için potansiyel tehdit oluşturdukları için dikkat çekmiş ve bu özelliklerinden dolayı odak noktası haline gelmiştir (Hites 2004, Rahman vd. 2001). Bu bileşiklerin olumsuz etkilerini azaltmak için üç ticari teknik karışım içinden daha tehlikeli olan Penta BDE ve Okta BDE, 2002 yılında dünyanın birçok bölgesinde yasaklanmıştır (Stapleton vd. 2009). Deca-BDE üretimi ve kullanımı dünya genelinde devam etmesine rağmen Avrupa Birliği tarafından Deca-BDE'nin elektrikli ve elektronik eşyalarda kullanımı yasaklanmıştır (BSEF 2010). Bu olumsuz etkilerinden dolayı PBDE'ler, ülkemizin de taraf olduğu Stockholm Sözleşmesi kapsamına alınarak 2009 yılında üretimi ve kullanımı yasaklanmıştır. Yasaklanma öncesi dünyanın farklı bölgelerinde PBDE'lerin tahmini piyasa talebi Çizelge 2.3'te verilmektedir.

Çizelge 2.3. 2001 yılında dünyanın farklı bölgelerindeki PBDE'lerin tahmini piyasa talebi (ton)

	Amerika	Avrupa	Asya	Diğer	Toplam
<b>Penta-BDE</b>	24500	7600	23000	1050	56100
<b>Okta-BDE</b>	1500	610	1500	180	3790
<b>Deka-BDE</b>	7100	150	150	150	7550
<b>Toplam</b>	33100	8360	24650	1380	67440

## 2.2. PBDE'lerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Yirminci yüzyıldan bu yana, ahşap, metal ve pamuk gibi geleneksel materyalleri üreten üreticiler artık bunları plastik ve poliüretan köpük (PÜK) gibi petrol orijinli işlenmiş ürünler ile değiştirmişlerdir. Bu yeni işlenmiş malzemeler alevlenmeye karşı oldukça dirençli özelliktedir. Bir maddeye alevlenmeyi geciktirme özelliği kazandırmak ona yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin eklenmesiyle sağlanmaktadır. PBDE'ler alevlenmeyi geciktirici özelliğe sahip olmasından dolayı kullanılan bromlu kimyasallar olup elektrikli aletlerde bulunan plastiklerde, yapı işleri ve bina uygulamalarında, yapay tekstil ürünleri ve birtakım uygulamalarda kullanılan poliüretan köpük (PÜK) gibi alev alma olasılığı yüksek malzemelerde yaygın olarak kullanılmıştır (UUP 2014). Brom ile birleşmiş alev geciktiricilerin en yaygın işlev mekanizması gaz fazda reaksiyona giren ve zincirleme reaksiyonu engellemeyen ısıl sürüklenmedir ve bu sayede yanmayı yayan yanıcı madde ürünlerinin bozulmaları sağlanır (URL2 2015).

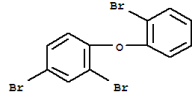
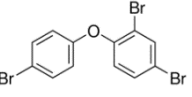
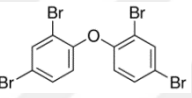
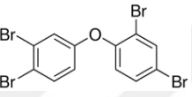
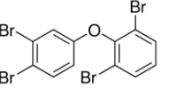
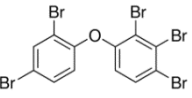
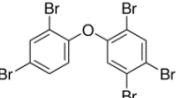
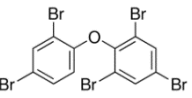
PBDE'lerin molekül ağırlıklarına göre fiziksel ve kimyasal özellikleri farklılık göstermektedir. Örnek olarak PBDE'lerin buharlaşmaya karşı olan dirençleri molekül ağırlığıyla orantılı olarak artmaktadır (Sverdrup vd. 2003). Bazı PBDE türlerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2.4'te verilmektedir. PBDE'ler saf bileşik halinde genellikle açık sarı sıvı ya da beyaz toz hale sahiptir (ATSDR 2001). PBDE'lerin kaynama noktaları  $>300 - 400^{\circ}\text{C}$  iken erime noktaları  $85 - 306^{\circ}\text{C}$  aralığında değişmektedir. Dolayısı ile oda sıcaklığında ( $25^{\circ}\text{C}$ ) katı halde bulunmaktadır.

## 2.3. PBDE'lerin Çevre ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

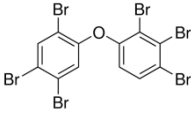
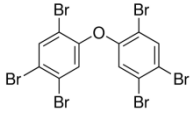
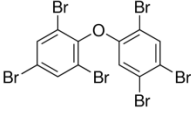
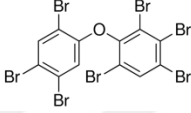
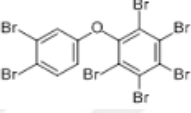
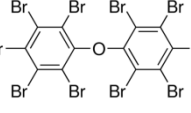
PBDE'ler diğer KOK grubu kimyasallar gibi çevrede kalıcı ve biyolojik birikim özelliğine sahip çevresel kirleticilerdir. PBDE'lerin sudaki çözünürlükleri ve buhar basınçları oldukça düşüktür ve bundan dolayı çevresel ortama girdiklerinde çoğunlukla katı partiküllere tutunurlar (sediman, toprak, atmosferik partiküller). PBDE'ler yüksek lipofilik özellikleri ve bozunmaya karşı olan yüksek dirençlerinden dolayı kolayca biyolojik birikime uğrarlar (D'Silva 2004). Biyolojik birikime uğramalarının yanı sıra PBDE'ler organik kirletici olup kanserojen etkiye sahiptir ve sinir sistemi, üreme sistemi ve salgı bezlerine zarar verebilmektedir (Brouwer vd. 1999, Cogliano 1998, Darnerud 2003, Langer vd. 2003). Toksikolojik etki, PBDE'lere maruz kalınan süre sonucu ortaya çıkmaktadır. PBDE'ler soluma, deriyle temas gibi yollarla insan vücuduna giriş yapıp biyolojik olarak birikim sağlar (Armstrong vd. 2004). Hayvanlar üzerinde yapılan testlerde PBDE'lerin kanser veya doğum kusurları üzerine olumsuz etkilerinin olduğu saptanmıştır (ATSDR 2001). Bunun ile ilgili Türkiye'de yapılmış kısıtlı sayıda çalışma vardır. Bunlardan birisi; Erdoğan vd. 2004 tarafından Kahramanmaraş'ta anne sütü üzerinde yapılmış bir araştırmadır. Yapılan bu çalışma ile Türkiye'de ilk defa insanlarda PBDE kirlilik seviyesi tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda toplam 7 PBDE bileşiğine bakılmış ve değerleri  $0.005-0.014 \text{ ng/g}$  aralığında bulunmuştur.

İnsanlarda birikime uğrayan PBDE'ler toprak, hava ve biyolojik ortamlarda da yarılanma ömürlerinin uzun olması nedeniyle birikime uğrarlar. Atmosferik PBDE'ler genellikle gaz ve partikül olarak atmosferde dağılım gösterirler. PBDE'lerin akıbeti, taşınımı ve hareket halinde olması, atmosferdeki kuru ve yaş birikim ve gaz-partikül

Çizelge 2.4. Bazı PBDE bileşiklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri

PBDE	Moleküler Ağırlık (Gram)	Yapı	Log K <sub>OA</sub> <sup>a</sup> (25°C)	Log K <sub>OW</sub> <sup>b</sup> (25°C)
PBDE-17	406,90		9,5	5,7
PBDE-28	406,90		9,5	5,9
PBDE-47	485,79		10,5	6,8
PBDE-66	485,79		10,8	6,7
PBDE-71	485,79		10,9	
PBDE-85	564,69		11,1	7,4
PBDE-99	564,69		11,3	7,3
PBDE-100	564,69		11,7	7,2

Çizelge 2.4. Devam

PBDE	Moleküler Ağırlık (Gram)	Yapı	Log K <sub>OA</sub> <sup>a</sup> (25°C)	Log K <sub>ow</sub> <sup>b</sup> (25°C)
PBDE-138	643,58		11,9	7,9
PBDE-153	643,58		11,9	7,9
PBDE-154	643,58		11,8	7,8
PBDE-183	722,48		11,9	8,3
PBDE-190	722,48		11,9	8,4
PBDE-209	960		15,3	10,3

a: (Harner ve Shoeib 2002) b: (Aydın 2014)

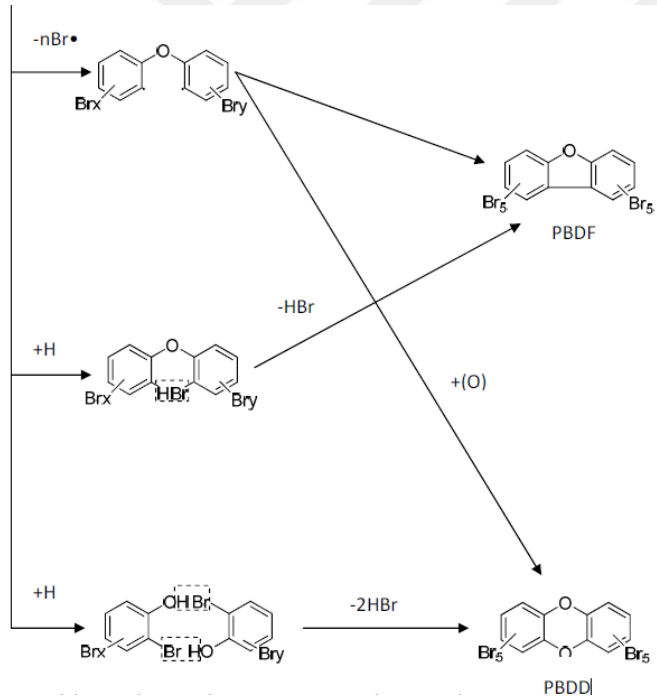
oranıyla çok yakından ilgilidir. Atmosferik birikim, topraktaki PBDE'ler için en büyük ve önemli kaynaktır (Odabasi vd. 1999). PBDE'lerin toprak ortamında uzun süreli kalma eğilimleri, bozunma hızları, taşınım süreçleri, fiziksel-kimyasal özellikleri ve mikrobiyolojik bozunmalarına bağlıdır (Park vd. 2001). KOK'lar lipofilik özelliklerinden dolayı besin zincirinde biyolojik birikime neden olmaktadır. Bu birikim özellikle de sucul ortamlarda daha üst seviyelerde olmakta ve sucul ortam canlıları için daha fazla tehdit oluşturmaktadır (Boon vd. 2002, Falandysz vd. 2002, Fisk vd. 2001). Biyolojik sistemlerde PCB, OCP ve PBDE gibi kimyasallar kanserojen etkiye sahiptir ve sinir sistemi, üreme sistemi ve salgı bezlerine zarar verebilmektedir (Brouwer vd. 1999, Cogliano 1998, Darnerud 2003, Langer vd. 2003). Balıklar, sudan almış oldukları kirleticileri dokularında depoladıkları için çevresel kirlilik izlemelerine uygun indikatörlerdir. Veri olması ve balıklarda PBDE türünde kirleticilerin incelenmesi, özellikle de yenilebilir balıklarda bu kirleticilere bakılması hem ekolojik açıdan hem de insan sağlığı açısından önem taşımaktadır. İnsanlar KOK'lara kasıtlı olmayan birçok yolla maruz kalabilmektedir. KOK'lar tarafından kirliliğe uğramış balık tüketimi de bu maruziyet yollarından en önemlisidir (Fürost 1993).



## 2.4. PBDE'lerin Atmosferik Reaksiyonları ve Taşınım Mekanizması

PBDE bileşiklerinin gaz ve partikül halde hidroksil grupları (OH), O<sub>3</sub> ve nitrat (NO<sub>3</sub>) gruplarıyla fotoliz reaksiyonları geçirmesi beklenmektedir (Calvert vd. 2002). Gerçekleşebilecek bu reaksiyonlar, PBDE'lerin yarılanma sürelerinde değişimlerin olmasına neden olmaktadır (Raff ve Hites 2006). PBDE'lerin kimyasal ve fotokimyasal reaksiyonları sonucunda oluşabilecek dekompozisyon ürünleri nedeniyle insan sağlığı bakımından PBDE bileşiklerinin kendisinden daha tehlikeli formlara dönüşebilmesi nedeniyle oldukça önemlidir (Hansen ve Eatough 1991). İçerisinde PBDE bileşiği bulunan katı atıkların bertarafı sırasında tam yanmanın gerçekleşmemesi sonucu kendisinden daha tehlikeli olan dioksin (PBDD) ve furanlara (PBDF) dönüşerek atmosfere salınmaktadır (Binici 2014).

PBDE'ler fotoliz reaksiyonları sonucu form değiştirebilir. Yapılan bazı çalışmalarda Şekil 2.3'te de görüldüğü üzere ısı etkisiyle bileşiklerin dioksin (PBDD) ve furan (PBDF) bileşiklerine dönüştükleri saptanmıştır (De Boer vd. 1998). Fotokimyasal reaksiyonlar atmosferik bozunma açısından büyük bir öneme sahip olsa da bazı PBDE bileşikleri fotokimyasal olaylarla değil, buharlaşma ya da oksidatif gibi reaksiyonlarla bozunabilmektedir (Baek vd. 1991).



Şekil 2.3. PBDE bileşiğinden dioksin ve furan oluşumu

Reaksiyonlar sonucu bozunan veya reaksiyona girmeyen PBDE bileşikleri yarı uçucu özelliğe sahip olan PBDE'ler atmosferik olaylarla buldukları bölgelerden hiç kullanılmadıkları kutup bölgelerine bile taşınabilmektedir. Bu taşınma olayları PBDE bileşiğinde bulunan brom atomu sayısı ile ters orantılı olarak ilişkilendirilmektedir. Örneğin; brom atomu sayısı 3 olan PBDE-17 bileşiği brom atomu sayısı 10 olan PBDE-

209 bileşiğine göre daha uzun mesafeler taşınabilmektedir. Bunun nedeni ise yapıda bulunan brom atomu sayısının artmasıyla molekül ağırlığında artış meydana gelmektedir. Bu artış nedeniyle bileşiğin taşınımını daha zor hale gelmesi kaynağının yerel olabileceği konusunda bilgi vermektedir. Ayrıca, molekül ağırlığı fazla olan KOKlar düşük buhar basınçlarından dolayı gaz fazolmayı değil değil partiküllere bağlı olarak kalmayı tercih etmektedir. Bir başka deyişle, yerel bir kirlilik kaynağı nedeniyle o bölgede olduğu saptanabilmektedir.

## 2.5. PBDE Kullanımına Gelen Kısıtlamalar

PBDE'ler, polimer, boya, tekstil, plastik ev eşyaları, televizyon, bilgisayar, otomobil parçaları ve kabloların yanmaz özelliklerini korumak amacıyla alev geciktirici olarak kullanılmaktadır (De Wit 2002, Hyotylainen ve Hartonen 2002, Strandberg vd. 2001). 2004 yılının Aralık ayına kadar üç ticari karışım halinde kullanımına devam edilmiştir. Bu tarihten itibaren penta-BDE ve okta-BDE'nin üretimi, kullanımı, ithalatı ve ihracatı Çevre Koruma Ajansı Örgütü (Environmental Protection Agency (EPA)) tarafından yasaklanmış olup dekaBDE'nin kullanımına kısıtlı olarak izin verilmiştir (Binici 2014).

PBDE'lerin kullanımına yasak getiren en önemli anlaşmalardan bir diğeri ise Stockholm Sözleşmesidir. Stockholm Sözleşmesi, insan ve çevre sağlığına olumsuz etkiler yapan KOK'ların kullanımına, üretimine, ithalat ve ihracatına yasaklamak veya kısıtlamalar getirmek amacıyla imzalanmış uluslararası bir antlaşmadır. Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) Yönetim Konseyi'nin 1995 yılında aldığı kararlar, Uluslararası Kimyasallar Yönetimi Kuruluşu (IOMC) bünyesinde öncelikli olarak kirli düzine olarak adlandırılan ilk 12 kalıcı organik kirleticinin değerlendirilmesini talep etmiştir. Bu çalışma neticesinde, UNEP ilk olarak bu 12 KOK kimyasalı için uluslararası bağlayıcılığı olan bir antlaşma hazırlanması kararlaştırılmış ve hazırlanan bu antlaşma aralarında Türkiye'nin de olduğu 125 ülke tarafından 23 Mayıs 2001 tarihinde imzalanmıştır. Fakat bu anlaşma 50 ülkenin yükümlülüklerini yerine getirmesiyle 17 Mayıs 2004 tarihinde 179 ülke tarafından imzalanarak yürürlüğe girmiştir. Türkiye bu antlaşmayı 23 Mayıs 2001 yılında imzalamış olmasına rağmen bu sözleşme kanun olarak 14 Nisan 2009 tarihinde kanun olarak Türkiye Büyük Millet Meclisi'nin onayından geçmiş ve 30 Temmuz 2009 tarihinde yayımlanmıştır. Bunun sonucunda 12 Ocak 2010 tarihinde Stockholm Sözleşmesi Türkiye'de resmen yürürlüğe girmiştir (UUP 2014).

## 2.6. Türkiye'de PBDE çalışmaları

PBDE'ler diğer KOK grubu bileşikler gibi suda çözünürlükleri düşük olmasına rağmen yağlar içerisinde yüksek çözünürlüğe sahiptir. Dolayısıyla da tüm canlı organizmaların yağ içeren dokularında biyolojik birikime uğrarlar ve besin zincirinin üst kısımlarında daha büyük yoğunluklarda bulunurlar. Bu yüzden, insan ve diğer canlı organizmalar KOK'lara hemen hemen her durumda nesiller boyu devam edebilen uzun zaman boyunca maruz kalmakta, sonuç olarak hem akut hem de kronik toksik etkiler meydana gelmektedir (UUP 2014). PBDE'lerin bu özelliği bilim insanlarını bu kirletici üzerine çalışmalar yapmaya teşvik etmiştir. Dünya literatüründe PBDE'ler ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmışken Türkiye'de bu konu ile ilgili sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar Çizelge 2.5'te özetlenmiştir.

Çizelge 2.5. Türkiye’de PBDE’lerle ilgili yapılan çalışmalar

Örnekleme Bölgesi	Örnekleme Yılı	Örnek Sayısı	Örnekleme Tipi	$\Sigma$ PBDE (ort.)	Kaynakça
Kahramanmaraş	2003	37	Anne Sütü	$\Sigma_7$ 0,005-0,014 <sup>a</sup>	Erdoğan vd. 2004
	2003	4	Balık	$\Sigma_5$ 67,3 <sup>a</sup>	Erdoğan vd. 2004
	2004	9	Bal	$\Sigma_8$ tsa	Erdoğan 2007
	2005	7	Pekmez	$\Sigma_8$ tsa	Erdoğan 2008
Konya	2010	45	Anne Sütü	$\Sigma_5$ 42,9 <sup>a</sup>	Özcan vd. 2011
Kocaeli	2014	49	Toprak	$\Sigma_7$ 26,3 <sup>d</sup>	Çetin 2014
İzmir	2015	2	Hava	$\Sigma_5$ 8,5 <sup>b</sup>	Lammel vd. 2015
	2009	16	Hava	$\Sigma_7$ 33 <sup>c</sup>	Odabaşı vd. 2009
İzmir	2011	38	Pencere Filmi Toz	$\Sigma_7$ 43,5 <sup>e</sup> (yarı kentsel)	Çetin ve Odabaşı 2011
				45,5 <sup>e</sup> (kentsel)	
				206 <sup>e</sup> (endüstriyel)	

Çizelge 2.5. Devam

Örnekleme Bölgesi	Örnekleme Yılı	Örnek Sayısı	Örnekleme Tipi	$\Sigma$ PBDE (ort)	Kaynakça
				$\Sigma_7$	
				189 <sup>b</sup> (yaz mevsimi) (gaz)	
				76 <sup>b</sup> (kış mevsimi) (gaz)	
İzmir	2005	15	Hava	83 <sup>b</sup> (yaz mevsimi) (partikül)	Çetin ve Odabaşı 2007
				68 <sup>b</sup> (kış mevsimi) (partikül)	
				$\Sigma_7$	
				24 <sup>b</sup> (yarı kentsel alan)(yaz)	
				21 <sup>b</sup> (yarı kentsel alan)(kış)	
				32 <sup>b</sup> (kentsel alan-1)(yaz)	
				40 <sup>b</sup> (kentsel alan-1)(kış)	
İzmir	2004-2005	60	Hava	82 <sup>b</sup> (kentsel alan-2)(yaz)	Çetin ve Odabaşı 2008
				43 <sup>b</sup> (kentsel alan-2)(kış)	
				117 <sup>b</sup> (endüstriyel alan)(yaz)	
				53 <sup>b</sup> (endüstriyel alan)(kış)	

a: ng/g      b: pg/m<sup>3</sup>      c: ng/m<sup>3</sup>      d: µg/kg      e:ng/m<sup>2</sup>

PBDE'lerle ilgili yapılan ulusal çalışmalar, ülkemizde üretiminin olmadığı; PBDE'ye rastlanan materyallerin ithal edilen ürünler olduğunu göstermektedir. Bu materyallerin başında araçlar ve elektronik cihazlar gelmektedir. Araçların ve elektronik cihazların plastik aksamlarında diğer kısımlarına oranla daha yüksek seviyede PBDE bileşiklerinin olduğu tespit edilmiştir. Ülkemiz stoklarında bulunan PBDE bileşiği miktarları Çizelge 2.6 ve Çizelge 2.7'de verilmiştir (UUP 2014).

Çizelge 2.6. Ulusal uygulama planında yer alan ulaşım sektöründeki mevcut c-pentaBDE miktarının özetlenmesi

	c-penta BDE homolog dağılımı	Kullanımda olan araçlardan kaynaklanan PBDE (2012)(kg)	İthal edilen araçlardan kaynaklanan PBDE (2012) (kg)	Ömrünü tamamlamış araçlarda bulunan PBDE (2012) (kg)	Ulaşım sektöründen elde edilen süngerde bulunan PBDE (2012) (kg)	Ulaşım sektöründen geçmişte çevreye karışan PBDE (1990-2012) (kg)
Envanteri yapılmış c-pentaBDE		59012	40956	303118	21897	199636
tetraBDE	32%	18884	13106	96998	7007	63884
pentaBDE	56%	33047	22935	169746	12262	111796
hekzaBDE	9%	5311	3686	27281	1971	17967
heptaBDE	0,50%	295	205	1516	110	998

Çizelge 2.7. Faydalı ömür modeli uygulamasına göre katot ışın tüplü ekipmanlardan kaynaklanan EEE, WEEE ve polimerlerde bulunan hekzaBDE ve heptaBDE (kg) miktarları

Homolog	Homolog dağılımı c-oktaBDE	2013 yılı itibari ile ithal edilen katot ışın tüplü ekipmanlarda bulunan PBDE	2013 yılı itibari ile stokta bulunan PBDE	2013 yılı itibari ile atık akışına karışan PBDE	2013 yılı itibari ile geri dönüşüme tabi olan polimerlerde bulunan PBDE
Envanteri çıkarılan c-oktaBDE		$\Sigma$ c-oktaBDE 390733	$\Sigma$ c-oktaBDE 168016	$\Sigma$ c-oktaBDE 42981	80378
hekzaBDE	11%	42981	18482	4728	8842
heptaBDE	43%	168015	72247	18482	34563
oktaBDE	35%	136757	58806	15043	28132

## 2.7. Çalışmanın Önemi ve Özgünlüğü

KOK'lar dünya genelinde üretilip kullanıldıkları alanların yanısıra hiç kullanılmadıkları kuzey ve güney kutbu gibi uzak mesafelerde dahi çevresel ortamlarda belirlenebilir düzeylere ulaşmıştır (AMAP, 2002; SCAR, 2009). Atmosfer, kullanımı yasaklı olmasına rağmen doğada halen mevcut olan KOK'ların yanısıra yeni nesil KOK'ların taşınımında da kilit rol oynamakta, bu nedenle KOK'ların hava ortamında belirlenmesine yönelik çalışmalara olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır (Birgül ve Taşdemir, 2011; Shen vd., 2004). Ayrıca, atmosfer-bitki-hayvan dizilimi, besin zincirindeki KOK varlığının esasını teşkil etmektedir (McLachlan, 1996).

Atmosfer, KOK'lar için birincil izleme ortamı olmasına rağmen dünyanın pek çok bölgesinde KOK'lara yönelik atmosferik ortam verileri ya çok kısıtlı ya da mevcut değildir. PBDE'ler dünya genelinde hava, sediman, arıtma çamuru, yağmur suyu, balık dokusu, kuş yumurtası, fok, balina ve yunus yağı, midye, insan kanı, sütü ve dokusu gibi birçok çevresel ve biyolojik ortamlarda araştırılmıştır (Nylund vd. 1992; Sellstrom vd. 1998; Strandberg vd. 2001; De Wit 2002; Hyotylainen ve Hartonen 2002; Hites 2004). PBDE gibi Stockholm Sözleşmesine yeni eklenen kimyasal sayısının her geçen yıl artması, bu kimyasalların çevrede oluşturacağı nihai potansiyel etki, yeni üretilen ürün ve e-atıkların içerebileceği KOK'lar için hemen ortaya çıkmayacaktır (Watanabe ve Sakai 2003). Bu durum dikkate alındığında, çevresel kirlilik izleme çalışmalarının yetersiz olduğu açıkça görülmektedir. Türkiye'deki KOK kirliliğine yönelik mevcut bilgiler Stockholm Sözleşmesi'nin getirdiği yükümlülükler çerçevesinde hazırlanan Ulusal Uygulama Planı (Acara, 2006) ve KOK'ları konu alan çeşitli yayınlarda derlenmiştir (Dağlı, 2008; Ceylan, 2009; Can-Güven vd. 2014). Söz konusu çalışmalarda yer alan PBDE bazlı araştırmalar dikkate alındığında PBDE'lerle ilgili ulusal veriye ihtiyaç olduğu açıktır.

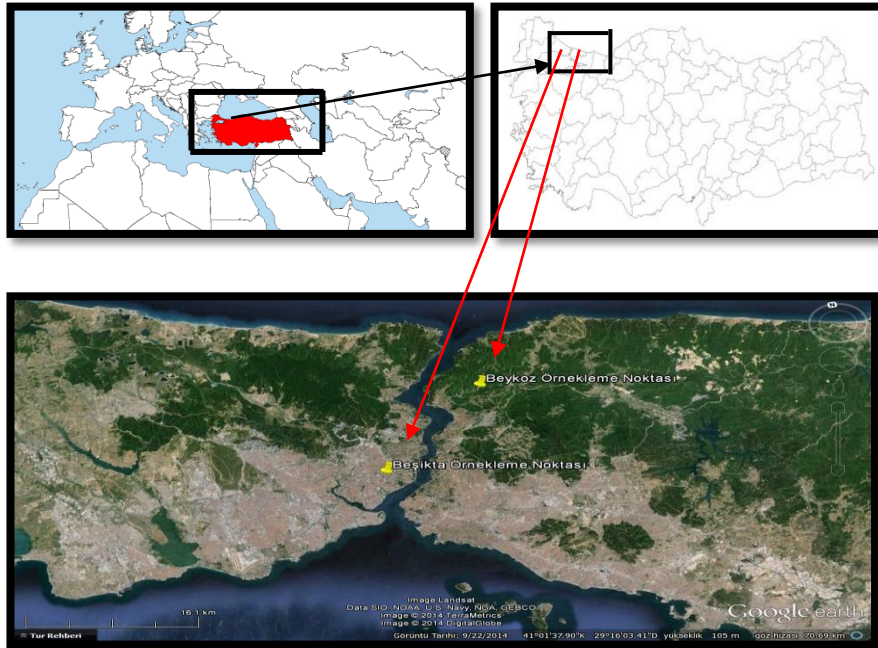
### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Örnekleme Bölgesi Karakteristiği

Dünyanın sayılı metropollerinden olan İstanbul  $41^{\circ} 01'$  kuzey ve  $28^{\circ} 58'$  doğu enlemleri arasında bulunur. İstanbul il toprakları toplam  $5.512 \text{ km}^2$ 'lik bir alanı kaplamaktadır ve 14 milyonluk nüfusu ile Türkiye'nin nüfus yoğunluğu en fazla olan şehridir. Avrupa ile Asya kıtaları arasında köprü görevi gören bu şehir, bunların birbirine en çok yaklaştığı iki uç üzerinde kurulmuş bir şehirdir (URL3 2015). İstanbul jeopolitik konumundan dolayı hava, kara ve deniz yolları üzerinde yer almaktadır.

Dış ortam hava örnekleri kentsel ve geri plan alan olmak üzere iki noktadan alınmıştır. Kentsel alan olarak İstanbul'un  $41^{\circ} 3'33.89''$  kuzey ve  $28^{\circ} 59'55.31''$  doğu enleminde yer alan Beşiktaş ilçesi, geri plan alan olarak ise  $41^{\circ} 9'6.06''$  kuzey ve  $29^{\circ} 7'58.08''$  doğu enleminde yer alan Beykoz ilçesi seçilmiştir. Örnekleme bölgeleri harita üzerinde Şekil 3.1'de gösterilmiştir.

Beşiktaş'ın kentsel niteliği nüfus ve alan olarak çok büyük olmamasına rağmen İstanbul'un iki yakasını birbirine bağlayan köprülerin bağlantı yollarını içinde barındırması ve günde milyonlarca kişinin kullandığı bir alan olmasıdır. Geri plan alanı olarak seçilen Beykoz ise Boğaziçi'nin kuzey kesiminde yani Anadolu yakasında yer alan; ilçe merkeziyle olduğu kadar çevre köyleri, ormanları ve korularıyla da ünlü bir yerleşim yeridir. Coğrafi konumunun İstanbul şehir merkezine de uzak olması ve nüfus olarak da çok büyük olmaması nedeniyle kırsal bölge olarak seçilmiştir. Fakat seçilen örnekleme noktaları tüm İstanbul'u temsil edecek kadar yeterli değildir. Bütçe ve altyapı dikkate alınarak, örnekleme sürecinin de sağlıklı yürütülebilmesi için ilgili noktalarda saha çalışması gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1. Örnekleme bölgelerinin harita üzerindeki gösterimi

### 3.1.1. Poliüretan Köpük Tıkaç (PÜK) Örnekleyci ve Kuvars Filtrenin Hazırlanması

Örnekleme ve analiz sürecinde kullanılacak laboratuvar malzemeleri Amerika Çevre Ajansı (USEPA) "Chapter Four: Organic Analytes" başlıklı metodu temel alınarak temizlenmiştir. Böylece, deneylerde kullanılacak veya kullanılan malzemelerin sonraki deneyler öncesinde kontaminasyondan tamamen arındırılarak analiz süreci boyunca laboratuvar malzemelerinden kaynaklanabilecek hata payının en aza indirilmesi amaçlanmıştır.

Şekil 3.2’de gösterilen PÜK süngerler ilk olarak sıcak su içerisinde 1 gün bekletilmiştir. Daha sonra 12 saat süre ile aseton, aseton-hekzan ve hekzan solventleri kullanılarak her biri ile 1 defa olmak üzere ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon işlemleri bittikten sonra desikatör içerisine alınan PÜK süngerler Şekil 3.2-C’de gösterildiği şekilde su banyosunun üzerinde vakum yardımıyla kurutulmuştur.



Şekil 3.2. PÜK süngerlerin temizlik aşamaları A) PÜK tıkaçların ılık suda bekletilmesi, B) PÜK tıkaçların hekzan ve aseton ile ekstrakte edilmesi, C) PÜK tıkaçların vakumlanarak kurutulması

PÜK sünger tıkaçı tutan cam kartuş 450°C’de 4 saat bekletilmiş, desikatör içerisinde soğuması beklendikten sonra aseton ve hekzan ile temizlenmiştir. Temiz olan PÜK sünger tıkaç cam kartuş içerisine yerleştirildikten sonra alüminyum folyo içerisine sarılarak yüksek hacimli hava örnekleme cihazına yerleştirilene dek dondurucuda -20°C’de saklanmıştır.

Kuvars mikrofiber filtreler ise 450°C’de 12 saat kül fırınında bekletildikten sonra desikatör içerisinde 2 saat alıkonmuş, ardından tek tek tartılarak ağırlıkları kaydedilmiş ve sonrasında alüminyum folyoya sarılıp kilitli poşetlere yerleştirilerek kullanılabilecek kadar dondurucuda -20°C’de saklanmıştır.

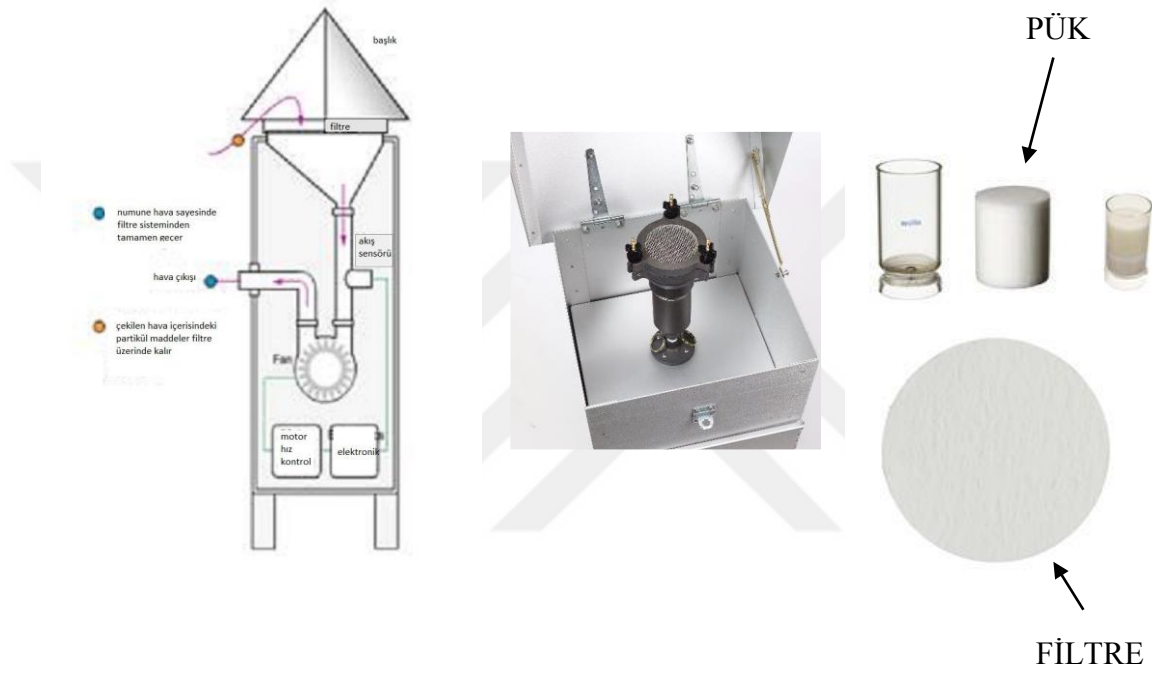
### 3.1.2. Yüksek Hacimli Hava Örnekleme Cihazı ve Kurulumu

Hava numuneleri aktif ya da pasif hava örnekleme sistemleri yardımıyla alınmaktadır. İstanbul metropolündeki geri plan ve kentsel alan niteliğine sahip olduğu düşünülen noktalarda yapılan örnekleme aktif kısmı kapsamaktadır. Pasif hava örnekleyciler, hedef kirleticiye ait kümülatif değer hakkında bilgi verirken aktif hava örnekleyciler anlık değerler hakkında bilgi vermektedir. Aktif hava örnekleyciler anlık durumu yansıtmaması, toplanan numunelerin analizi sonucunda elde edilecek verilerin güvenilirliğini daha çok artırmaktadır. Aktif hava örnekleycilerinin yoğun miktarda hava filtrasyonu, hava akışı sırasında kontrolünün rahat olması, çekilen hava hacminin



tam olarak bilinmesi gibi avantajlarının yanı sıra yüksek ses, elektrik gereksinimi, korumalı bir alan gereksinimi ve pahalılık gibi dezavantajlara sahiptir.

Bu çalışma kapsamında örnekleme sahalarında Tisch Environmental marka 1-TSP-AND-PM10 model gaz ve partikül madde (PM<sub>10</sub>) toplayan aktif hava örnekleme cihazı kullanılmıştır. Şekil 3.3'te gösterilen yüksek hacimli hava örnekleme cihazında PÜK sünger tıkaç ve quartz mikrofiber filtrenin yerleştirildiği kısımlar kullanımdan önce solvent ile temizlenmiştir. Bu cihaz ile kentsel alan için 24 saatte 287 m<sup>3</sup> hava örneklenmiş olup bu değer kırsal alan için 8 saatte 145 m<sup>3</sup>'tür. Toplanan gaz ve partikül faz örnekleri analiz edilene dek derin dondurucuda -20°C'de saklanmıştır.



Şekil 3.3. Yüksek hacimli hava örnekleme cihazı ve örnekleme aparatları

### 3.1.3. Örnekleme programı

Beşiktaş'ta 07.05.2014-28.05.2015 tarihleri arasında haftada 1 defa 24 saat süresince, Beykoz'da ise 12.12.2013-20.03.2014 tarihleri arasında haftada 1 defa 8 saatlik periyotlar halinde yüksek hacimli hava örnekleme cihazı ile hava numuneleri toplanmıştır. Kırsal alanda örnekleme işlemi ile uğraşacak personelin bulunmaması ve cihazın oluşturduğu gürültüden dolayı örnekleme bölgesinde yaşayanların tepkisini çekmemek için örnekleme sürelerinde farklı yaklaşım izlenmiştir. Öte yandan, kırsal alanda yapılan örneklemenin günlük faaliyetlerin yoğun olarak devam ettiği saat aralıklarında yapılması öngörülmüştür.

### 3.2. Meteorolojik Veriler

Örnekleme noktalarına ait meteorolojik veriler Antalya ili 4. Meteoroloji Bölge Müdürlüğü aracılığıyla temin edilmiştir. Kentsel alan verileri, istasyon bulunmadığı için o noktaya yakın olan Göztepe istasyonundan alınmıştır. Kırsal alanda ise örnekleme

noktası ve yakınlarında istasyon bulunmadığı için meteorolojik veri temin edilememiştir. (Çizelge 3.1 ).

Çizelge 3.1. Göztepe istasyonundan alınan meteorolojik veriler

	Sıcaklık (°C)	Nem (%)	Rüzgar Hızı (m/sn)	Yağış (mm)
Minimum	-2,6	55,9	1,5	0
Maksimum	28	94,4	8,3	36,2
Ortalama	16,2	76,2	3,3	3,5
Standart Sapma	7,77	10,25	1,43	7,21
Ortanca	17,4	77	2,9	0

### 3.3. Analitik Süreç ve Enstrümental Analiz

PÜK ortamından PBDE ekstraksiyonunda Soksalet cihazı kullanılmıştır. Referans olarak baz alınan EPA Metot 3540C belgesinde verilen bilgiler doğrultusunda süreç boyunca dikkat edilmesi gereken ve hedef kirleticilere göre farklılık gösterebilen bazı temel aşamaların deney başlangıcı öncesinde tamamlanmış olması gerekmektedir.

#### 3.3.1. Soksalet ile ekstraksiyon işlemi

Çalışma alanlarına yerleştirilen örnekleyicilerden alınan PÜK ve filtre içeriklerinin sıvı faza geçirilmesi işleminde Soksalet sistemi kullanılmıştır. Ekstraksiyonda solvent olarak PÜK'ler için 1:1 oranında yaklaşık 400 ml aseton-hekzan, filtreler için ise 1:1 oranda diklorometan-aseton karışımı kullanılmıştır. PÜK ve filtreler ekstraktöre yerleştirilerek üzerine  $^{13}\text{C}_{12}$  PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-138, PCB-153, PCB-180, PCB-209 (Cambridge Isotope Laboratories, Inc.) bileşiklerinin her birinden 5'er ng içeren geri kazanım performans testi çözeltisi enjekte edildikten sonra ekstraksiyon işlemine başlanmıştır. 18 saat süren ekstraksiyon sistemi Şekil 3.4'te görülmektedir. Her ekstraksiyon işlemi sırasında 1 adet şahit numune ekstraksiyonu yapılmıştır. Her 5 numune ile birlikte 1 adet laboratuvar şahit numunesi PÜK tıkaç ve filtre için ayrı ayrı hazırlanmıştır.



Şekil 3.4. Soksalet ile ekstraksiyon işlemi

### 3.3.2. Döner buharlaştırıcı ile deriştirme işlemi

Ekstraksiyon işlemi sonunda elde edilen ekstraktların hacim azaltma işlemi Şekil 3.5'te görüldüğü üzere döner buharlaştırma cihazı ile 5 ml'ye düşürülecek şekilde yapılmıştır.



Şekil 3.5. Döner buharlaştırıcı ile deriştirme işlemi

### 3.3.3. Azot gazı ile ileri deriştirme işlemi

Döner buharlaştırıcı cihazında 5 ml'ye düşürülen solvent karışımı Şekil 3.6'da gösterilen Teknosem TBT-24-2 marka uçurma düzeneği altında yüksek saflıkta azot kullanılarak 1 ml'ye konsantre edilmiştir.



Şekil 3.6. Azot gazı ile deriştirme işlemi

### 3.3.4. Temizleme işlemi

Kolon ile temizleme işlemi sırasında kullanılacak olan sodyum sülfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), alüminyum oksit (alümina) ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) ve cam yünü ısıya dayanıklı beherlere konularak ağzları alüminyum folyo ile kapatılıp  $450^\circ\text{C}$ 'de 1 gece boyunca kül fırınında bekletilmiştir. Soğuması için desikatöre konulduktan sonra kullanılmaya kadar desikatörde bekletilmiştir. Isı işlemi sonucunda aktif hale geçen alümina kullanılmadan önce ağırlıkça %6'sı oranında ultra saf su eklenerek pasif (deaktive) hale getirilerek kullanıma hazırlanmıştır.

Temizleme işlemi için hazırlanan kolon düzeneğinin kurulumu bitirdikten sonra bir miktar cam yünü alınarak kolon içerisine daha sonra ilave edilecek olan alümina ve sodyum sülfatın kolon düzeneğinin alt kısmından dışarıya çıkmaması ve kolonun musluğunun üzerindeki ağız boşluğunu da tıkamayacak şekilde yerleştirilmiştir. Örnekler için hassas terazide tartılan 3 gram %6'lık deaktive alümina kolon içerisine konulmuştur. Bir cetvel yardımıyla deaktive alüminanın üst sınırından 1 cm ölçülerek nemi tutması için sodyum sülfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) ilave edilmiştir. Bu işlemler bittikten sonra hazırlanmış olan %20'lik diklorometan içeren hekzan çözeltisinin ilk olarak 10 ml'si kolondan geçirilerek kolonun temizliği yapılmıştır. Daha sonra azot işlemiyle 1 ml'ye düşürülen örnek kolona enjekte edilmiştir. Süzülme işlemi tamamlandıktan sonra 35 ml %20'lik diklorometan içeren hekzan çözeltisi kolona uygulanarak süzülen örnek yuvarlak dipli balonda biriktirilmiştir. Düzenek Şekil 3.7'de gösterilmektedir. Bu işlemden sonra hacmi yaklaşık 35 ml olan örnek döner buharlaştırıcı ve azot gazı ile tekrardan 1ml' ye konsantre edilerek gaz kromatografi cihazına verilmek üzere vialer konulmuş ve üzerine 50 ng iç (internal) standart ( $^{13}\text{C}$  PCB-105) eklenerek analize hazır hale getirilmiştir.



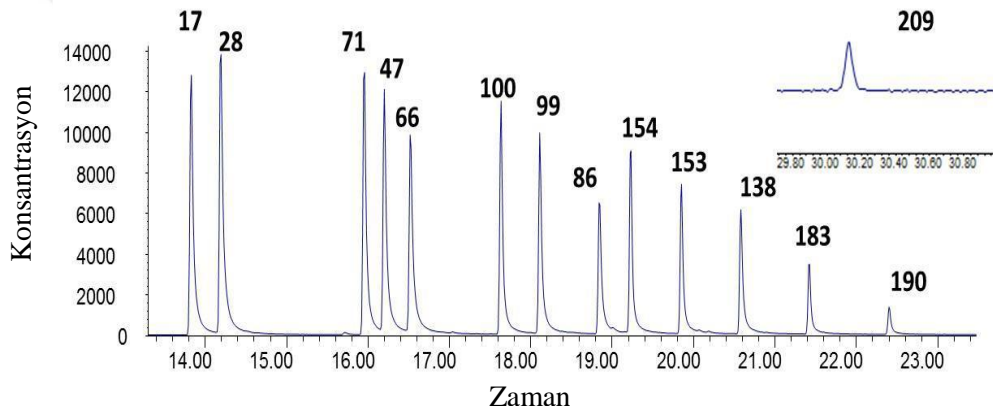
Şekil 3.7. Alümina kolonu ile temizleme işlemi



### 3.3.5. PBDE'lerin Enstrümental Analizi

PBDE analizleri Bursa Teknik Üniversitesi, Doğa Bilimleri, Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü araştırma laboratuvarında yer alan Gaz Kromatografi (GC)-Kütle Spektrometresi (MS) (Agilent 7890B GC / 5977A kütle spektrometresi detektörü (MSD)) cihazında gerçekleştirilmiştir.

Düşük çözünürlüklü GC-MS sisteminin kullanıldığı PBDE analizleri negatif kimyasal iyonlaşma (NCI)-seçilmiş iyon görüntüleme (SIM) modunda yapılmıştır. İyonlaşma gazı olarak metan kullanılmıştır. PBDE 209 kongeneri hariç diğer kongenerlerin analizi için 79 ve 81 iyonları izlenmiştir. PBDE 209 için ise 486.5 ve 488.5 iyonları izlenmiştir. 2 µL ekstraktın splitless olarak enjeksiyonu sonrası taşıyıcı gaz olan helyum (1.1 mL/dk) ile kolona (DB-5, 15 m, 0.25 mm i.d., 0.1 µm film kalınlığı) giren numunedeki PBDE içeriği için uygulanan sıcaklık programı: 80°C'de, 2 dakika; 10°C/dak→285 °C' de 5 dk bekleme; 25°C/dak→315°C'de 5 dakika bekleme olarak uygulanmıştır. Enjektör, iyon kaynağı (70 eV), kuadropol ve auxiliary sıcaklıkları sırasıyla 200°C, 150°C ve 150°C ve 310 °C olarak ayarlanmıştır. PBDE'lere ait kromatogram görüntüsü Şekil 3.8'de verilmiştir.



Şekil 3.8. PBDE'lere ait kromatogram görüntüsü

Örneklerde PBDE-17, PBDE-28, PBDE-47, PBDE-66, PBDE-71, PBDE-85, PBDE-99, PBDE-100, PBDE-138, PBDE-153, PBDE-154, PBDE-183, PBDE-190 ve PBDE-209'un içinde bulunduğu 14 adet PBDE bileşiği analiz edilmiştir. Kalibrasyon için Polybrominated Diphenyl Ether Predominant Congener Mixture Unlabeled (Cambridge Isotope Laboratories Inc., USA) standardından kullanılarak 100, 60, 40, 20, 10, 5, 2,5 ve 1 pg/µl olacak şekilde kalibrasyon serisi hazırlanmıştır. İç standart olarak 50 ng <sup>13</sup>C<sub>12</sub> PCB-105 (13C-2,3,3',4,4'- Pentachlorobiphenyl) (Wellington Laboratories Inc., Canada) kullanılmış ve GC/MS'e analitlerin geliş zamanları, hedef kütleleri, kalibrasyon grafiği r<sup>2</sup> değerleri, kalibrasyon grafiğinde yer alan en düşük belirlenebilir konsantrasyon, iyonlaşma türü Çizelge 3.2 ve 3.3'te gösterilmektedir.

İç (internal) standart kalibrasyonu yönteminde kullanılan konsantrasyonlar için cihaz ölçüm sınırı (IDL) belirlenmiştir. Cihaz ölçüm sınırı, sinyal/gürültü oranının 3 olacağı hedef analit konsantrasyonuna kadar inilerek, analiz edilen ekstrakt ve örneklenen hava hacmi dikkate alınarak tahmin edilmiştir. 8 noktalı kalibrasyon hemen hemen tüm bileşikler için en düşük konsantrasyonlu kalibrasyon noktası (hedef

kimyasal grubuna göre 0,33-1,87 pg/uL arasında değişmekte) belirlenebildiği için IDL değeri en düşük konsantrasyonlu kalibrasyon değerinin 2/3'ne eşdeğer olarak hesaplanmıştır (Hassan ve Shoeib 2014). Metot ölçüm sınırı (MDL) ise şahit (blank) numunelerde belirlenen ortalama analit konsantrasyonuna 3\*Standart sapma değerinin eklenmesi ile belirlenmiş, şahit numunelerde belirlenmeyen analitler için ise MDL=IDL olarak kabul edilmiştir. MDL değerleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. PBDE bileşiklerinin metot ölçüm sınırları

Analit	Gaz Faz (pg/m <sup>3</sup> )	Partikül Faz (pg/m <sup>3</sup> )
PBDE 17	2,22	2,22
PBDE 28	1,42	1,23
PBDE 71	2,22	3,27
PBDE 47	2,22	1,75
PBDE 66	2,5	2,83
PBDE 100	2,22	2,22
PBDE 99	1,32	3,51
PBDE 85	3,89	4,47
PBDE 154	2,67	4,09
PBDE 153	2,22	2,22
PBDE 138	3,33	1,78
PBDE 183	2,22	2,22
PBDE 190	8,83	3,49
PBDE 209	17,9	17,8

Çizelge 3.3. Analitlerin geliş zamanları, hedef kütleleri, kalibrasyon grafiği r<sup>2</sup> değerleri, kalibrasyon grafiğinde yer alan en düşük belirlenebilir konsantrasyon, iyonlaşma türü

Kongener / Bileşik	Geliş zamanı (retention time), RT	Hedef (target) iyon	Niteleyici (qualifier) iyon 1, Q1	Kalibrasyon değerleri r <sup>2</sup> değerleri	Kalibrasyon aralığında belirlenebilen en düşük konsantrasyon (pg/uL)
PBDE-17	13,833	79	81	0,999122	0,47
PBDE-28	14,2	79	81	0,999089	0,47
PBDE-71	15,957	79	81	0,998416	0,47
PBDE-47	16,209	79	81	0,997582	0,47
PBDE-66	16,517	79	81	0,998824	0,47
PBDE-100	17,638	79	81	0,999358	0,47
PBDE-99	18,111	79	81	0,998828	0,47
PBDE-85	18,845	79	81	0,998508	0,47
PBDE-154	19,221	79	81	0,999249	0,47
PBDE-153	19,849	79	81	0,998951	0,47
PBDE-138	20,583	79	81	0,998795	0,47
PBDE-183	21,413	79	81	0,998222	0,47
PBDE-190	22,394	79	81	0,997808	0,47
PBDE-209	30,114	79	489	0,998454	8

### 3.4. Analizlerde Kalite Güvencesi ve Kontrolü

Analitik yöntemlerin çeşitli aşamalarında yer alan numune, ekipman ve kimyasal gibi her türlü ekipman, deneylerin yapılması esnasında sıkı kalite kontrolü önlemleriyle denetlenmiştir. Deneylerde kullanılacak malzemeler mümkün olan her aşamada cam, metal, alüminyum veya teflon olarak tercih edilmiş, tüm kontrol numuneleri, saha örnekleri ile aynı işlemlere tabi tutulmuştur.

Önceden temizlenerek alüminyum folyo+metal kutu+kilitli plastik poşet içerisinde dondurucuda saklanan PÜK diskler ve tıkaçlar hava numuneleri için, fırınlanıp tartılarak alüminyum folyo+kilitli plastik poşet içerisinde dondurucuda saklanan kuvars mikrofiber filtreler partikül madde kontrol olarak kullanılmıştır. Hava ve filtre numuneleri, her 5 (6'lı Sokslet cihazının kullanılması durumunda) veya her 10 (12'li Sokslet cihazının kullanılması durumunda) numunede 1 laboratuvar kontrol numunesi olacak şekilde uygulanmıştır. Kontrol numunelerinin sonuçları Çizelge 3.3'te verilmiştir.

#### 3.4.1. Deneylerde PBDE Analitlerinin Geri Kazanım Verimleri

Tüm metot esnasında hedef analitlerin kaybedilme oranı, bilinen miktarda hedef analitin yaklaşık 250 ml aseton:hekzan karışına enjekte edilerek, elde edilen ekstraktın döner buharlaştırıcı, azotla hacim azaltma, alümina üzerinden temizleme ve nihai hacim azaltma ve izooktana transfer işlemlerinin tamamı uygulanarak numunelerin GC-MS'te okunması ile belirlenmiştir. Kontrol numunelerinin analiz sonuçları Çizelge 3.4, geri kazanım verimi Çizelge 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.4. Kontrol numunelerinin analiz sonuçları

PBDE Bileşikleri	PÜK (pg/µl) (n=8)		Filtre (pg/µl) (n=10)	
	ORT	STD	ORT	STD
PBDE-17	0,14	0,14	tsa	0
PBDE-28	0,17	0,08	0,08	0,06
PBDE-71	tsa	0	tsa	0
PBDE-47	0,07	0,07	tsa	0
PBDE-66	0,03	0,04	tsa	0
PBDE-100	0,18	0,03	tsa	0
PBDE-99	0,13	0,05	tsa	0
PBDE-85	0,37	0,2	tsa	0
PBDE-154	0,43	0,18	tsa	0
PBDE-153	0,17	0,14	tsa	0
PBDE-138	0,09	0,08	tsa	0
PBDE-183	tsa	0	tsa	0
PBDE-190	tsa	0	tsa	0
PBDE-209	tsa	0	tsa	0

Çizelge 3.5. Kontrol numunelerinin geri kazanım verimleri (%)

Analit(n=6)	Ort±Std	Min	Max	Analit(n=6)	Ort±Std	Min	Max
PBDE-17	76±6	70	87	PBDE-85	80±8	71	93
PBDE-28	69±5	62	73	PBDE-154	82±7	73	92
PBDE-71	77±6	68	82	PBDE-153	86±9	71	96
PBDE-47	74±5	69	82	PBDE-138	94±11	77	105
PBDE-66	75±5	68	80	PBDE-183	81±7	73	88
PBDE-100	70±5	62	75	PBDE-190	90±8	80	102
PBDE-99	80±6	71	87	PBDE-209	86±8	72	94

Alümina ile temizleme ve zenginleştirme işlemi esnasında hedef analitlerin kaybedilme oranı Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Döner buharlaştırıcıda oluşan kayıpların hesabı (Çizelge 3.7) ise analitlerin bilinen miktarının yaklaşık 250 ml aseton:hekzan karışımına eklenmesinden sonra hacmin yaklaşık 1 ml'ye düşürülerek izooktana transfer ve numunelerin GC-MS'te okunması ile belirlenmiştir.

Çizelge 3.6. Alümina ile temizleme ve zenginleştirme işlemi esnasında geri kazanım verimi (%)

Analit(n=3)	Ort±Std	Min	Max	Analit(n=3)	Ort±Std	Min	Max
PBDE-17	80±6	75	88	PBDE-85	84±1	84	86
PBDE-28	82±5	78	88	PBDE-154	82±5	75	87
PBDE-71	84±8	76	94	PBDE-153	70±8	64	82
PBDE-47	80±6	73	87	PBDE-138	84±10	74	98
PBDE-66	86±4	81	91	PBDE-183	71±6	65	79
PBDE-100	87±4	81	91	PBDE-190	78±4	74	82
PBDE-99	89±4	85	95	PBDE-209	86±11	73	99

Çizelge 3.7. Döner buharlaştırıcı ile deriştirme işlemi sırasındaki geri kazanım verimi (%)

Analit(N=3)	Ort±Std	Min	Max	Analit(N=3)	Ort±Std	Min	Max
PBDE-17	87±8	81	96	PBDE-85	90±9	80	98
PBDE-28	88±8	82	96	PBDE-154	89±13	74	96
PBDE-71	86±9	79	96	PBDE-153	78±5	72	81
PBDE-47	85±3	82	88	PBDE-138	82±3	79	85
PBDE-66	88±9	82	98	PBDE-183	88±12	75	96
PBDE-100	94±4	89	97	PBDE-190	79±6	73	85
PBDE-99	78±15	66	95	PBDE-209	81±12	70	95

Azotla deriştirme işlemi sırasında oluşan kayıplar (Çizelge 3.8) ise analitlerin bilinen miktarının yaklaşık 2 ml aseton:hekzan karışımına eklenmesinden sonra hacmin



yaklaşık 1 ml'ye düşürülerek izooktana transfer ve numunelerin GC-MS'te okunması ile belirlenmiştir.

Çizelge 3.8. Azot ile deriştirme işlemindeki geri kazanım verimi (%)

Analit(N=4)	Ort±Std	Min	Max	Analit(N=4)	Ort±Std	Min	Max
PBDE-17	101±1	100	100	PBDE-85	84±2	81	90
PBDE-28	88±10	80	88	PBDE-154	81±1	79	89
PBDE-71	83±0	82	86	PBDE-153	84±1	82	82
PBDE-47	84±1	83	85	PBDE-138	86±6	87	94
PBDE-66	86±1	85	88	PBDE-183	83±0	82	88
PBDE-100	81±2	80	94	PBDE-190	79±2	76	79
PBDE-99	80±4	80	80	PBDE-209	86±5	79	81

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Toplam Atmosferik PBDE Konsantrasyonları

Beşiktaş (kentsel alan) ve Beykoz (kırsal alan) örnekleme bölgelerinde hava ortamında  $\sum_{14}$  PBDE bileşiği incelenmiştir. Kentsel ve kırsal alan niteliğindeki iki örnekleme bölgesinde tespit edilen PBDE değerleri özet olarak Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de verilmektedir. Örnekleme bölgelerindeki  $\sum_{14}$  PBDE konsantrasyonları kentsel alan için  $59,8 \text{ pg/m}^3$  değerleri aralığında değişmekte iken kırsal alan da tayin sınırı ile  $70,4 \text{ pg/m}^3$  aralığında olduğu saptanmıştır. Kentsel ve kırsal alan PBDE bileşiklerinin konsantrasyonları Şekil 4.1’de yüzde katkı değerleri ise Şekil 4.2’de verilmiştir. PBDE bileşiklerinin partikül faza oranla gaz fazda daha yüksek konsantrasyonda olduğu saptanmıştır.

### 4.2. Kentsel Alan PBDE Seviyeleri

Beşiktaş örnekleme bölgesinde  $\sum_{14}$  PBDE seviyeleri gaz fazda tayin sınırı ile  $59,8 \text{ pg/}\mu\text{l}$  aralığında olduğu partikül fazda ise tayin sınırı ile  $41,8 \text{ pg/}\mu\text{l}$  olduğu saptanmıştır. Analizler sonucunda PBDE konsantrasyonlarının gaz faza oranla partikül fazda daha fazla olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon değerlerinin 18.12.2014 ve 23.10.2014 tarihlerinde olduğu gözlenmiştir. Bu durumun muhtemel sebebini ilgili tarihte örnekleme sırasında yaşanan ani bir kirlilik girdisi oluşması olarak yorumlanabilir. Homolog dağılımlara bakıldığında 3 ve 4 bromlu PBDE bileşiklerinin miktarlarının diğer PBDE bileşiklerine bakıldığında daha fazla olduğu gözlenmektedir. Bu değerlerin yüksek çıkma sebebi düşük brom sayısına sahip olmalarından dolayı yerel olabileceği gibi başka bölgelerden atmosferik taşınımın sonucu bu bölgeye taşınmış olabilir. Spesifik olarak bakıldığında partikül fazda PBDE 71, gaz fazda ise PBDE 209 bileşiğinin konsantrasyon değerlerinin diğer PBDE bileşiklerine oranla daha yüksek konsantrasyonda olduğu saptanmıştır (Şekil 4.3 ve Şekil 4.4).

Beşiktaş’ta yapılan PBDE ölçümlerini mevsimsel olarak değerlendirecek olursak sonbahar ve kış mevsimlerinde elde edilen ölçümlerin ilkbahar ve yaz mevsimlerine göre yakıt tüketimindeki artış, rüzgar ve yağmur gibi atmosferik olayların fazlalığından dolayı daha yüksek çıktığı gözlenmiştir (Şekil 4.4). Partikül faz için 18/12/2014 tarihinde maksimum değer elde edilmiştir. Elde edilen değer kış ayı olduğu için rüzgar ve yağmur gibi taşınımı artıracak sebeplerden kaynaklanmış olabilir.

Beşiktaş’ta (kentsel alan) yapılan PBDE bileşiklerinin konsantrasyon ölçümlerinde brom sayılarına göre elde edilen PBDE değerleri Çizelge 4.1’de yer almaktadır. Az bromlu PBDE’ler taşınımından dolayı yüzdesel olarak daha az çıkmıştır. Çok bromlu PBDE’ler taşınımına maruziyeti daha az olduğundan dolayı daha yüksek değerler elde edilmiştir. Çok bromlu PBDE’ler daha az taşınımına maruz kaldıklarından dolayı bölgesel kaynaklı olma ihtimalleri çok daha yüksektir.

Çizelge 4.1. Kentsel alan gaz ve partikül faz PBDE değerleri

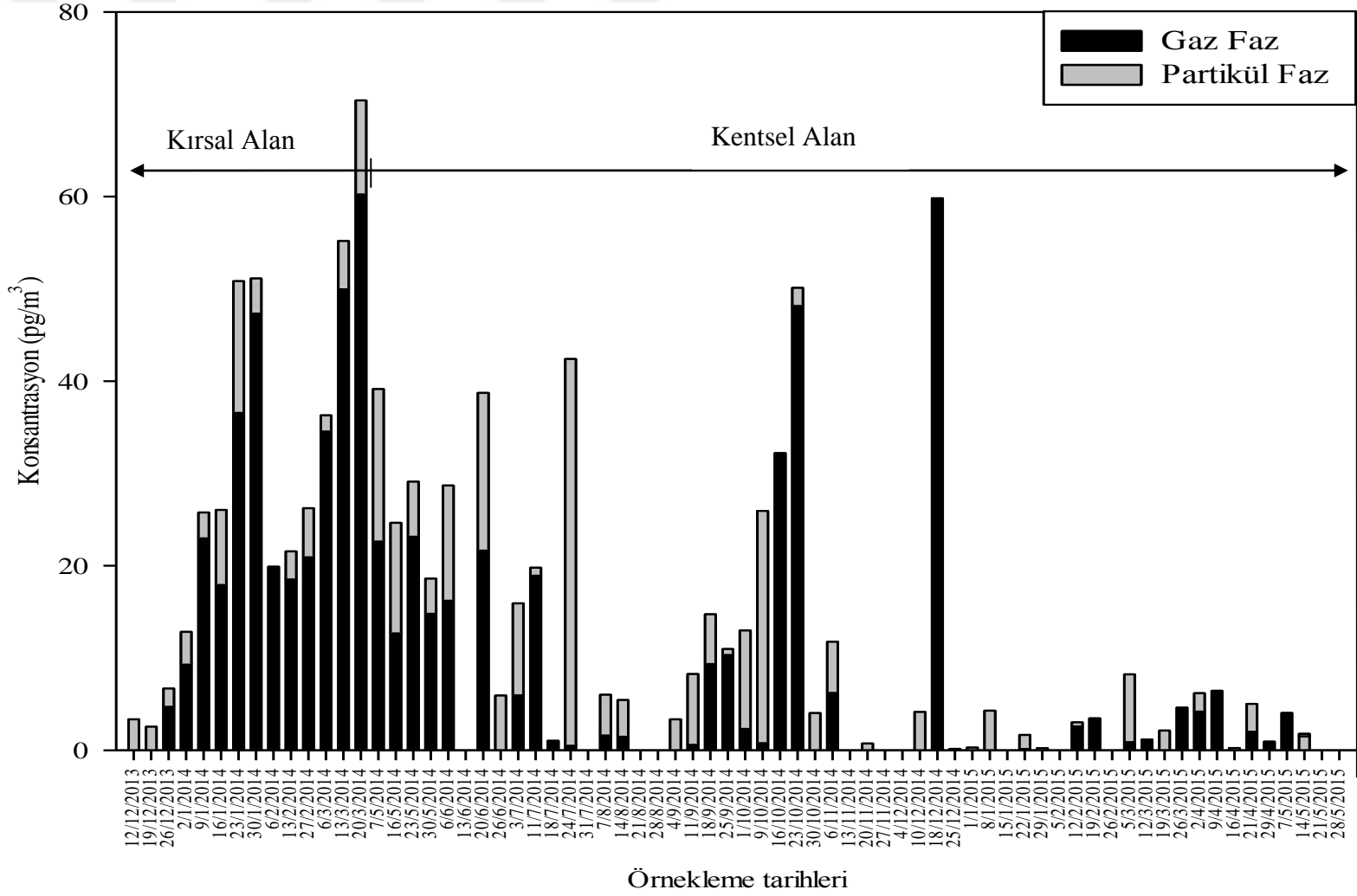
	Gaz Faz					Partikül Faz				
	Minimum	Maksimum	Ortalama±Std	Ortanca	CV*	Minimum	Maksimum	Ortalama±Std	Ortanca	CV*
PBDE 17	0	3,60	0,355±0,770	0	217	0	2,14	0,085±0,302	0	354
PBDE 28	0	19,7	1,16±3,01	0	259	0	3,39	0,152±0,664	0	437
PBDE 71	0	4,43	0,122±0,668	0	547	0	20,2	1,03±3,29	0	320
PBDE 47	0	6,39	0,45±1,30	0	290	0	11,7	0,736±2,06	0	280
PBDE 66	0	10,4	0,742±2,17	0	293	0	5,28	0,288±1,01	0	350
PBDE 100	0	6,96	0,682±1,80	0	264	0	3,48	0,245±0,724	0	295
PBDE 99	0	6,74	0,768±1,75	0	228	0	4,27	0,117±0,642	0	549
PBDE 85	0	20,7	0,37±2,77	0	748	0	4,04	0,072±0,540	0	748
PBDE 154	0	2,91	0,052±0,389	0	748	0	3,50	0,063±0,468	0	748
PBDE 153	0	1,50	0,068±0,297	0	439	0	6,17	0,14±0,832	0	594
PBDE 138	0	6,54	0,24±1,12	0	467	0	4,28	0,258±0,869	0	336
PBDE 183	0	3,20	0,113±0,512	0	453	0	0,801	0,039±0,143	0	366
PBDE 190	0	1,93	0,034±0,258	0	748	0	1,06	0,019±0,142	0	748
PBDE 209	0	48,6	0,996±6,55	0	657	0	9,90	0,745±2,14	0	287

\*CV: Varyasyon Katsayısı

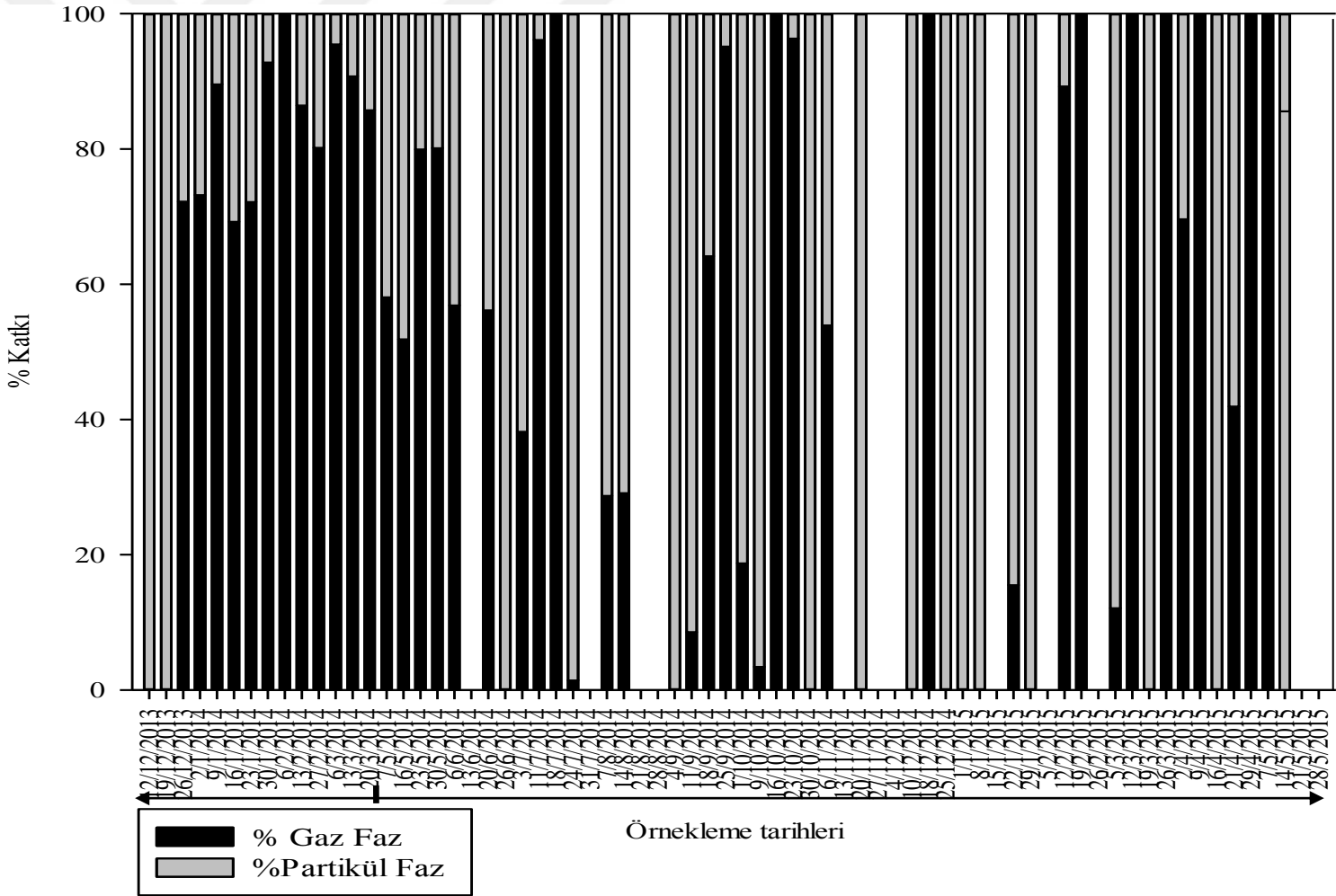
Çizelge 4.2. Kırsal alan gaz ve partikül faz PBDE değerleri

	Gaz Faz					Partikül Faz				
	Minimum	Maksimum	Ortalama±Std	Ortanca	CV*	Minimum	Maksimum	Ortalama±Std	Ortanca	CV*
PBDE 17	0	7,86	2,49±2,75	1,97	110	0	2,55	1,09±0,909	0,899	83,5
PBDE 28	0	16,2	4,55±5,35	2,95	118	0	1,15	0,22±0,440	0	200
PBDE 71	0	23,6	4,35±6,51	1,74	150	0	2,59	0,327±0,840	0	257
PBDE 47	0	12,9	4,7±4,90	4,21	104	0	5,13	1,34±1,82	0	136
PBDE 66	0	7,26	2,26±2,89	0	128	0	6,60	0,471±1,76	0	374
PBDE 100	0	0	0	0	0	0	1,91	0,477±0,68	0,174	142
PBDE 99	0	10,9	3,4±3,82	2,31	112	0	0	0	0	0
PBDE 85	0	8,23	2,05±3,21	0	157	0	0	0	0	0
PBDE 154	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PBDE 153	0	0	0	0	0	0	0,556	0,075±0,190	0	255
PBDE 138	0	0	0	0	0	0	2,30	0,624±0,711	0,487	114
PBDE 183	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PBDE 190	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PBDE 209	0	11,0	0,785±2,94	0	374	0	0	0	0	0

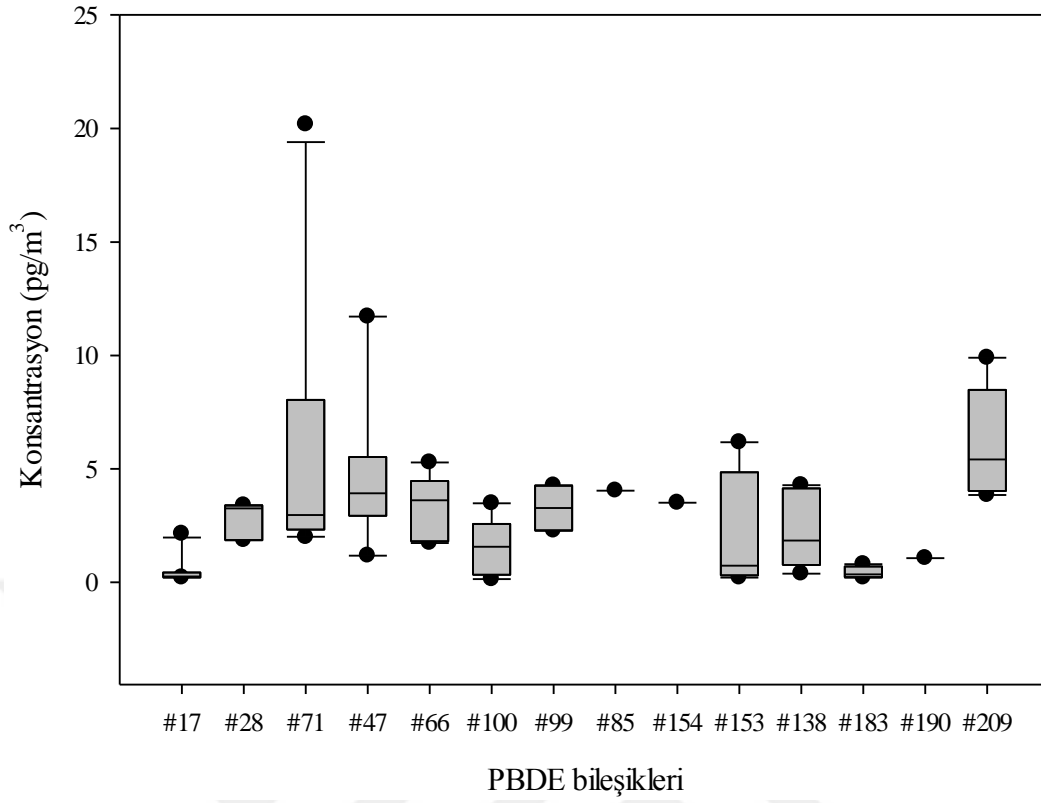
\*CV: Varyasyon Katsayısı



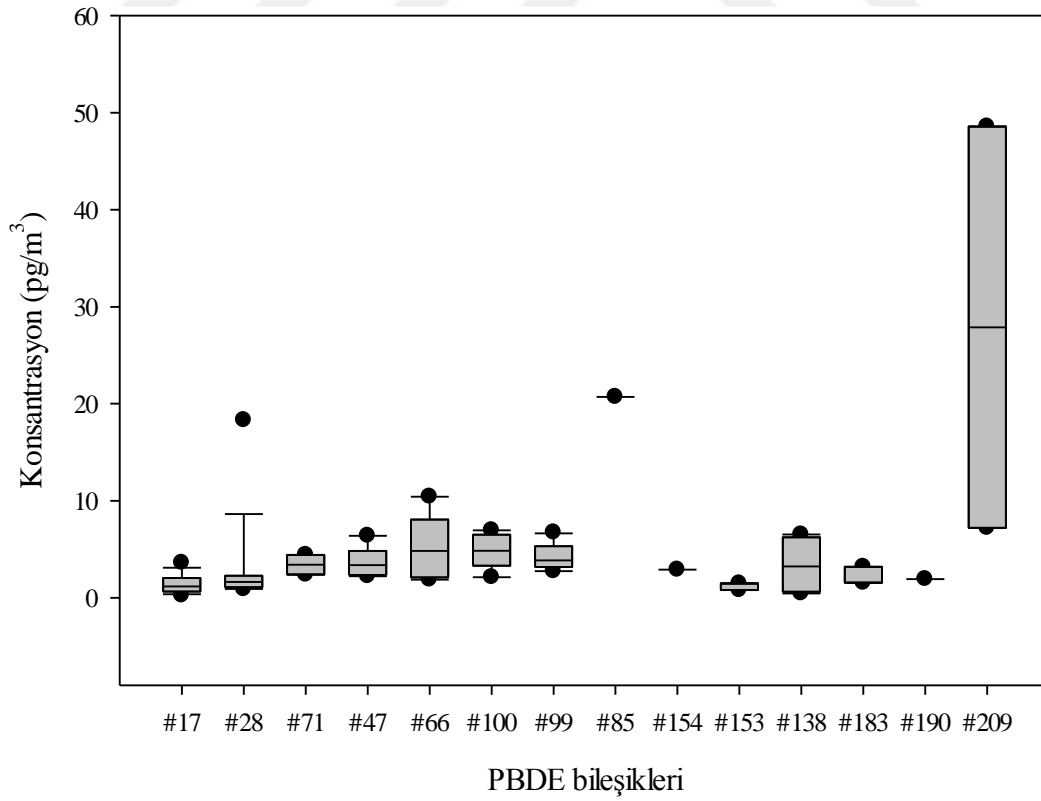
Şekil 4.1. Kentsel (sağ) ve kırsal (sol) alan gaz ve partikül faz PBDE konsantrasyonları



Şekil 4.2. İstanbul kentsel (sağ) ve kırsal (sol) alan gaz ve partikül faz PBDE konsantrasyonlarının % katkı değerleri



Şekil 4.3. Kentsel alan partikül fazdaki PBDE bileşiklerinin dağılımı

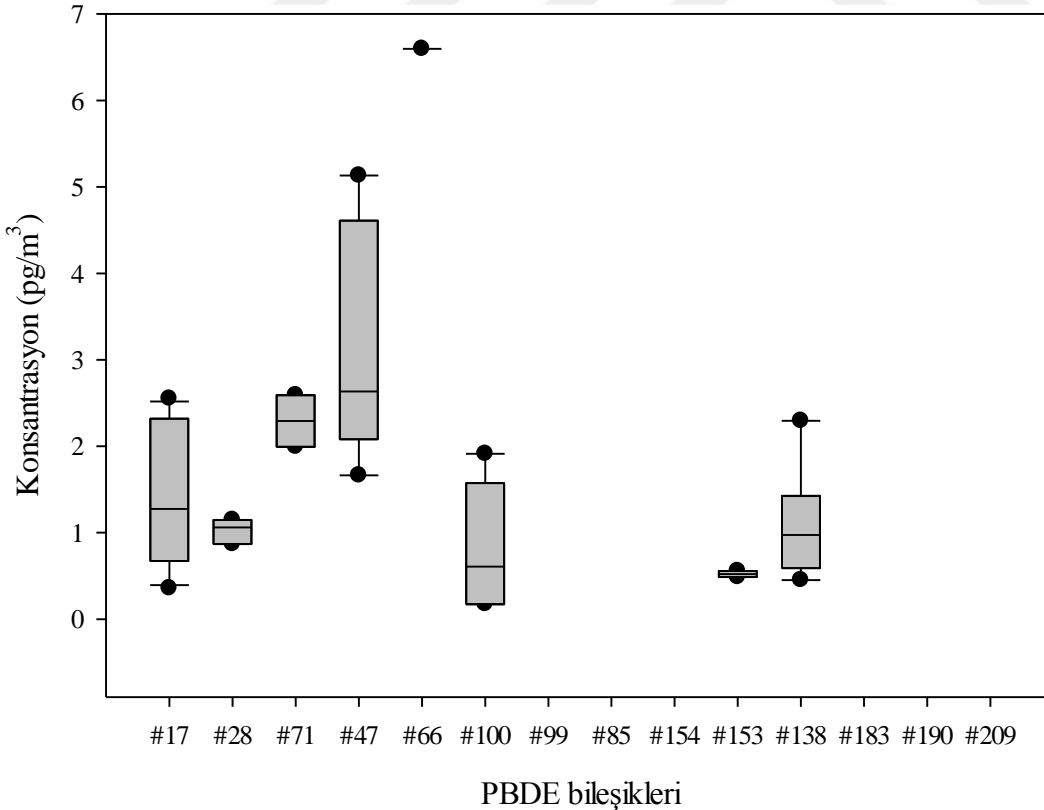


Şekil 4.4. Kentsel alan gaz fazdaki PBDE bileşiklerinin dağılımı

### 4.3. Kırsal Alan PBDE Seviyeleri

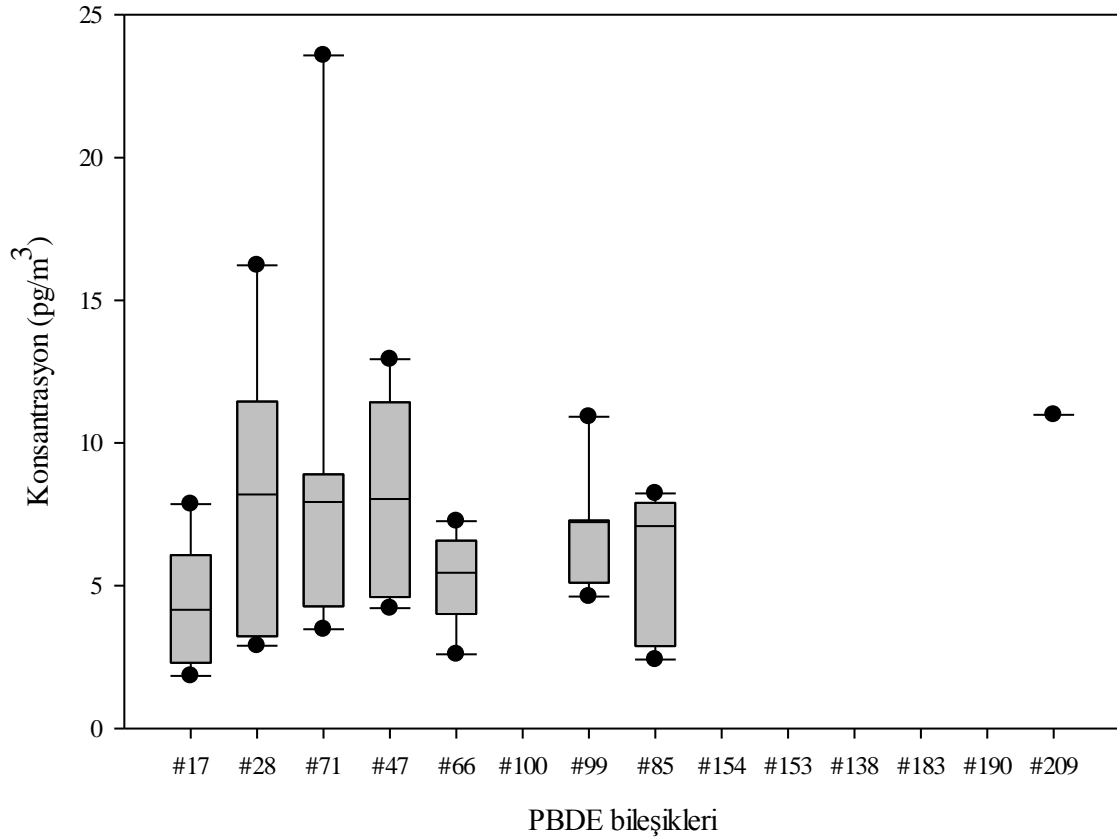
Beykoz örnekleme bölgesinde  $\sum_{14}$  PBDE düzeyleri gaz fazda tayin sınırı ile  $60,4 \text{ pg/m}^3$  aralığında iken partikül fazda tayin sınırı ile  $14,2 \text{ pg/m}^3$  değerleri arasında değişim gösterdiği bulunmuştur. Kırsal alanda gaz faz konsantrasyonlarının partikül faza oranla daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu durum hava ortamında bulunan PBDE bileşiklerinin gaz fazda bulunduğunu göstermektedir. Homolog dağılımlar göz önüne alındığında kırsal bölgede de kentsel örnekleme bölgesinde (Beşiktaş) olduğu gibi 3 ve 4 bromlu PBDE bileşiklerinin diğer PBDE bileşiklerine oranla daha yüksek miktarda olduğu saptanmıştır. PBDE bileşiklerinin kentsel alana göre yüksek çıkmasının nedeni örnekleme kış mevsiminde yapılmış olması nedeniyle o bölgede yaşayan halkın ısınma amaçlı kullandığı yakıt türlerinden kaynaklanabileceği gibi diğer bölgelerden atmosferik taşınım ile bu bölgeye ulaşarak konsantrasyonda artışa neden olmuş olabilir. Bileşik bazında bakıldığında partikül fazda PBDE 66 bileşiğinin konsantrasyonunun diğer bileşiklere oranla daha yoğun olduğu saptanmıştır. Gaz fazda ise PBDE 71 bileşiğinin diğer PBDE bileşiklerine göre daha fazla olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.5 ve Şekil 4.6).

Beykoz'da yapılan PBDE ölçümlerinde gaz fazındaki konsantrasyonun Ocak ve Mart ayları içerisindeki 3 haftada yapılan ölçümlerde PBDE gaz fazı konsantrasyonu en yüksek değerlerini almıştır. Bunun sebebi olarak kış ayı olmasından dolayı ısınma amaçlı kullanılan odun, kömür vb.'den kaynaklanan emisyonlar bu fazlalığın nedeni olabilir.



Şekil 4.5. Kırsal alan partikül fazdaki PBDE bileşiklerinin dağılımı





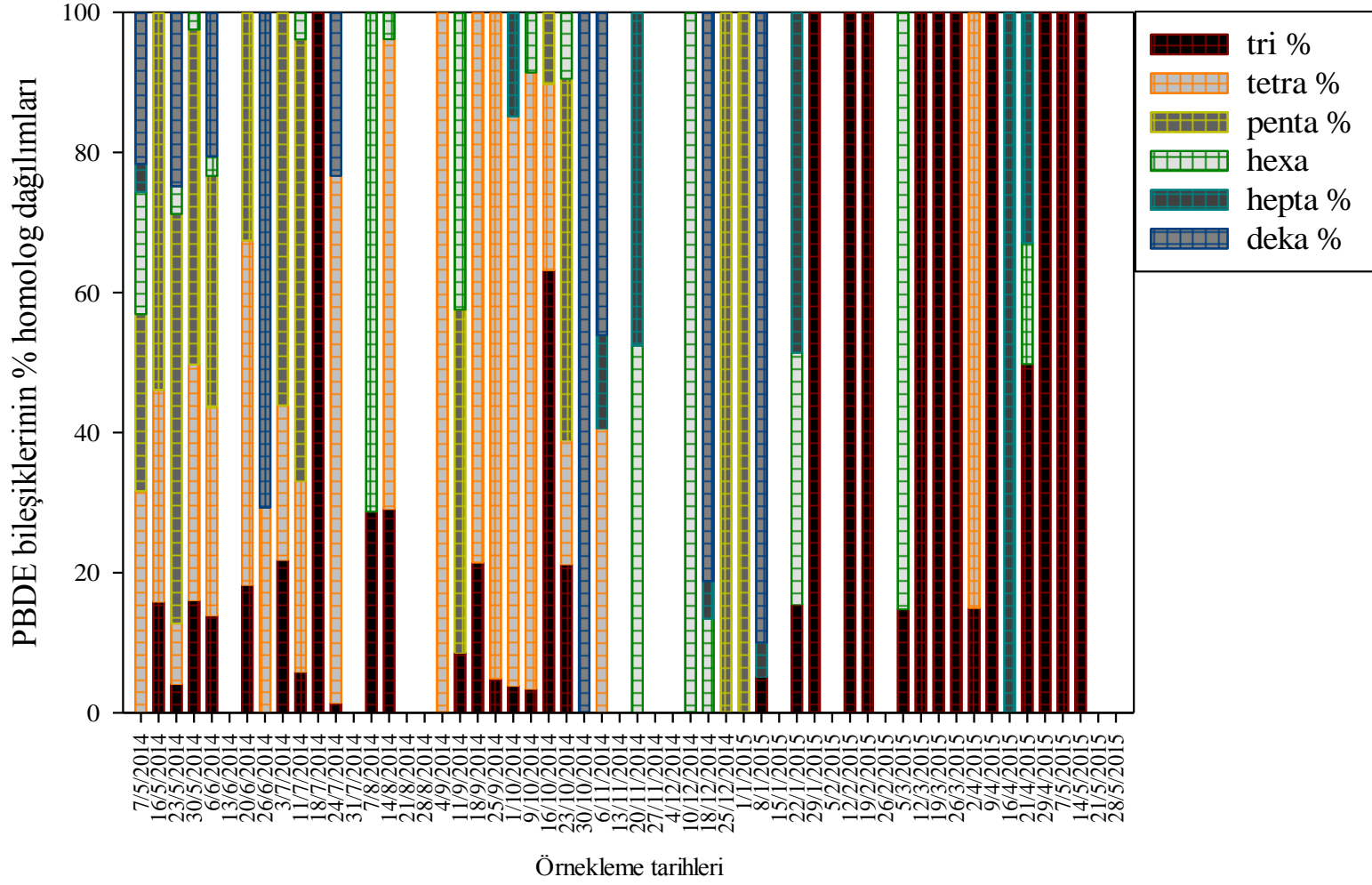
Şekil 4.6. Kırsal alan gaz fazdaki PBDE bileşiklerinin dağılımı

#### 4.4. Kentse ve Kırsal Alan PBDE Bileşiklerinin Homolog Dağılımı

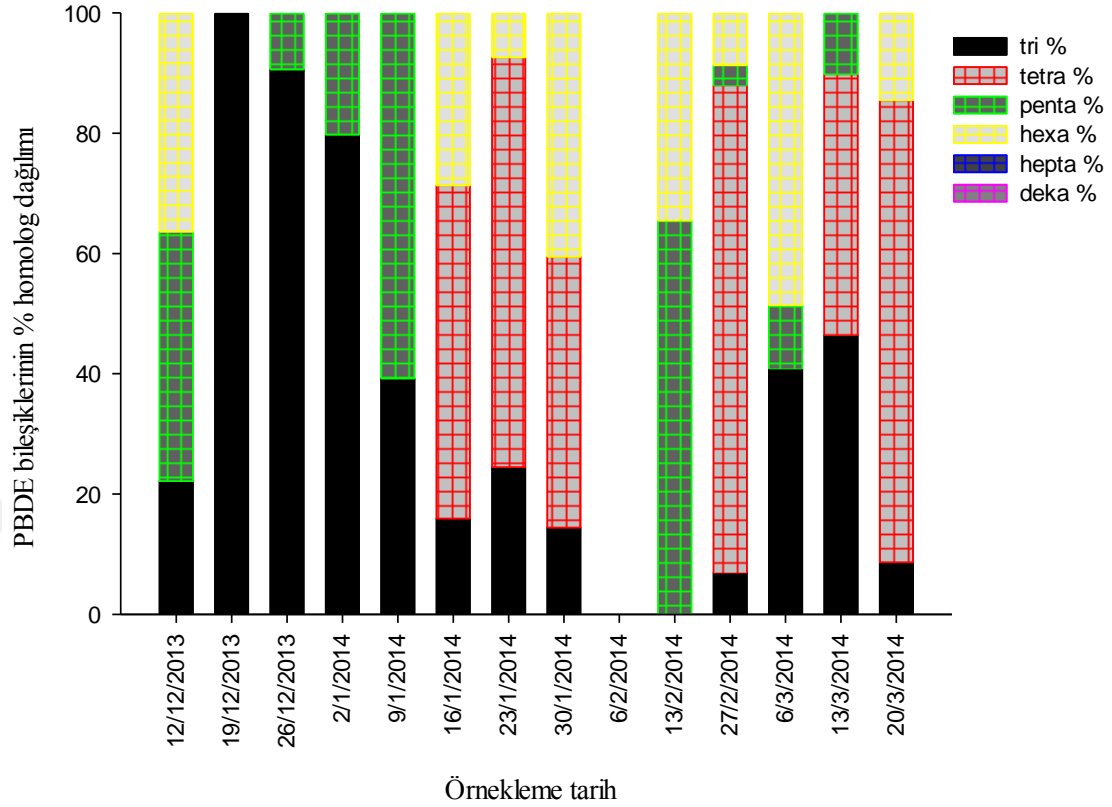
Kentsel ve kırsal alanlarda brom sayılarına göre elde edilen PBDE konsantrasyonlarının homolog dağılımları Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de yer almaktadır. Çizelgelerde yer alan değerlere göre kentsel ve kırsal alandaki PBDE miktarları yüzdesel olarak paralellik göstermektedir. Buna göre bölgelerin kentsel veya kırsal alan olması az ve çok bromlu PBDE miktarlarında bir değişime sebep olmamaktadır.

#### 4.5. Atmosferik PBDE Seviyelerinin Kıyaslanması

PBDE bileşikleri yarı uçucu özelliğe sahip olmalarından dolayı atmosferde bir bölgeden başka bir bölgeye rahatlıkla taşınımı söz konusudur. Hava ortamında bulunabilen PBDE bileşikleri atmosferde bulunan partikül maddelere tutunabildiği gibi gaz halde de bulunabilmektedir. Gaz ve partikül dağılımı PBDE’lerin, taşınımı, birikimini ve bozunmasını etkileyen önemli bir faktördür. PBDE’lerin gaz ve partikül dağılımı, atmosfer sıcaklığı ve buhar basıncı ile fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yardımıyla kontrol edilir. Bundan dolayı atmosferik PBDE seviyelerinin ölçülmesine yönelik çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Yang vd. 2013, Tlili vd 2102, Moeckel vd 2010, Çetin ve Odabaşı 2007). Çizelge 4.3’te çeşitli metropollerde yapılmış çalışmalar görülmektedir.



Şekil 4.7. Kentsel alandaki gaz ve partikül faz formundaki toplam PBDE bileşiklerinin % homolog dağılımları



Şekil 4.8. Kırsal alandaki gaz ve partikül faz formundaki toplam PBDE bileşiklerinin % homolog dağılımları

PBDE'lerin çevresel ortamda taşınımı, çözünme, uçuculuk, buharlaşma gibi proseslere bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu nedenle atmosferdeki davranışları gaz ve partikül dağılımıyla ilişkilendirilebilir (Pankow ve Bidleman 1992). Yang vd (2013) tarafından yapılmış olan çalışmada Çin'in 15 ayrı bölgesinde  $\sum_{12}$  PBDE bileşiği için ölçümler yapılmıştır. Ölçümler 1 yılı kapsayacak şekilde yapılmış olup en yüksek değer  $838 \pm 126 \text{ pg/m}^3$  ile Guangzhou kentsel bölgesinde en düşük değer  $11.0 \pm 0.49 \text{ pg/m}^3$  ile Waliguan kırsal bölgesinde elde edilmiştir. Çalışmada aktif hava örnekleme cihazı kullanılmıştır. Bu çalışmada ise  $\sum_{14}$  PBDE bileşiği için aktif hava örnekleme cihazı ile örnekleme işlemi kırsal ve kentsel alanda yapılmıştır.  $\sum_{14}$  PBDE için Beşiktaş kentsel alanında bulunan en yüksek sonuç  $59,8 \pm 14,3 \text{ pg/m}^3$  iken Beykoz kırsal alanında  $70,4 \pm 20,9 \text{ pg/m}^3$  bulunmuştur.

Kuveyt'in kentsel atmosferindeki toplam 7 PBDE konsantrasyonunun değerinin  $32 \text{ pg/m}^3$ 'ten fazla olduğu tespit edilmiştir (Gevao vd 2013). Türkiye'de İzmir'in Aliğa sanayi bölgesinde yapılan araştırmada toplam 7 PBDE bileşiği incelenmiştir. Bu bölgede tespit edilen atmosferdeki 7 PBDE bileşiğinin toplam konsantrasyonu  $1451 \text{ pg/m}^3$  olduğu saptanmıştır (Odabaşı vd 2009). Bu iki çalışma karşılaştırıldığında atmosfere sanayi bölgelerinden kaynaklı PBDE salınımı kentsel bölgelerde bulunan kaynaklardan çok daha fazla olduğu gözlenmektedir.

Çizelge 4.3. Dünyanın çeşitli metropollerinde PBDE bileşikleri için hava ortamında aktif örnekleyiciler ile yapılmış çalışmalar

Örnekleme bölgesi	Örnekleme yılı	Örnek sayısı	Kentsel alan	Kırsal alan	Kaynakça
Beijing/Çin	2008-2009	15	67-744 pg/m <sup>3</sup>	11-92 pg/m <sup>3</sup>	(Yang vd. 2013)
Manchester/ İngiltere	2000-2010	16	1,86-48,7 pg/m <sup>3</sup>	1,32-36,7 pg/m <sup>3</sup>	(Birgul vd. 2012)
London/ İngiltere	2000-2010	16	1,79-15,4 pg/m <sup>3</sup>	0,43-4,78 pg/m <sup>3</sup>	
Mexico City/ Meksika	Mart-Nisan 2006	5	31-64 pg/m <sup>3</sup>	15-30 pg/m <sup>3</sup>	(Bohlin vd. 2008)
Paris/ Fransa	2008-2009	24	12-185 pg/m <sup>3</sup>		(Tlili vd. 2011)
İstanbul/ Türkiye	Aralık 2013- Mayıs 2015	70	tsa-59,8 pg/m <sup>3</sup>	2,55-70,4 pg/m <sup>3</sup>	Bu Çalışma

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada, dünyanın sayılı metropollerinden olan İstanbul için kırsal (Beykoz) ve kentsel (Beşiktaş) nitelikteki örnekleme noktalarından hareketle atmosferik PBDE seviyelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma, İstanbul'da hava ortamında PBDE kimyasallarının aktif örnekleme tekniği ile belirlenmesine yönelik yapılan ülkemizde yapılan ilk çalışmadır. Çalışma kapsamında, aktif hava örnekleme yöntemi ile kırsal alandan 14 adet, kentsel alandan ise 56 adet örnek toplanarak analiz edilmesi sonucunda ;

- Çalışma alanlarında  $\sum_{14}$  PBDE bileşiği konsantrasyon (gaz + partikül) değerinin tsa-70,4  $\text{pg}/\text{m}^3$  aralığında değiştiği,
- Beşiktaş ve Beykoz ilçeleri için  $\sum_{14}$  PBDE bileşiği konsantrasyon (gaz faz + partikül faz) değerleri sırasıyla tsa-59,8  $\text{pg}/\text{m}^3$  ve 2,55-70,4  $\text{pg}/\text{m}^3$  aralığında değiştiği,
- Kırsal alandaki PBDE seviyelerinin kentsel alana kıyasla yüksek çıkmasına karşın her iki bölgenin de kirletici kaynaklarda benzer oranda etkilendiği,
- PBDE bileşiklerinin partikül faza oranla gaz fazda daha baskın olduğu bu durumda da doğrudan kaynaklardan ziyade PBDE kaynaklarının buharlaşma ile havaya karışma kaynaklı olduğu
- Dünyadaki diğer metropollere kıyasla daha düşük atmosferik PBDE seviyelerinin bulunduğu saptanmış ve
- İstanbul için ilk defa ortaya çıkarılan veri seti ile ileride yapılacak çalışmalara altlık oluşturulacağı düşünülmektedir.

Örnekleme bölgelerinin karakteristiği, bölgede kullanılan yakıt türü (linyit, kömür, 10 numara yağ vb.), coğrafi etkenler (yükselti, yağış durumu, hakim rüzgar yönü, sıcaklık vb.), örnekleyici türü (aktif veya pasif), örnekleme süresi (günlük, haftalık, aylık), trafik yükü ve meteorolojik faktörler (yağışların fazla olması, rüzgarın sürekliliği) gibi birçok değişik faktörün sonuçlara etki edebileceğinden hareketle daha kapsamlı bir izleme çalışması, özellikle partikül madde bazında farklı boyutlardaki partikül maddelerin incelenerek PBDE dağılım profillerinin ortaya çıkarılması ve kaynak belirlemeye yönelik modelleme çalışmalarının yapılması yerinde olacaktır.

**6. KAYNAKLAR**

- AMAP. 2002. Persistent Organic Pollutants in the Arctic, Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP): Oslo, Norway. p. xvi+310 pp.
- ARMSTRONG, B., HUTCHINSON, E., UNWIN, J. ve FLETCHER, T. 2004. Lung cancer risk after exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons: A review and meta-analysis, *Environmental Health Perspectives*, 112 (9), 970-978.
- ATSDR. 2001. Toxicological profile for polycyclic aromatic hydrocarbons. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.
- AYDIN, B. A. 2014. Su Çerçeve Direktifine Göre Sedimanın Kimyasal İzlenmesi ve Türkiye'deki Uygulamaların Değerlendirilmesi.
- BAEK, S. O., FIELD, R. A., GOLDSTONE, M. E., KIRK, P. W., LESTER, J. N. ve PERRY, R. 1991. A review of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: sources, fate and behavior, *Water, Air and Soil Pollution*, 60: 279-300.
- BINICI, B. 2014. Plastik Maddeler İçerisinde PBDE ve PBB Bileşiklerinin GC-IDMS Yöntemiyle Tayini, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- BIRGUL, A., KATSOYIANNIS, A., GIOIA, R., CROSSE, J., EARNSHAW, M., RATOLA, N., JONES, K. C. ve SWEETMAN, A. J. 2012. Atmospheric polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in the United Kingdom, *Environmental Pollution*, 169 105-111
- BIRGUL, A. ve TAŞDEMİR, Y. 2011. Seasonal atmospheric deposition variations of polychlorinated biphenyls (PCBs) and comparison of some deposition sampling techniques. *Environmental Science and Pollution Research*, 18, 3, 396-406.
- BOHLIN, P., JONES, K. C., TOVALIN, H. ve STRANDBERG, B. 2008. Observations on persistent organic pollutants in indoor and outdoor air using passive polyurethane foam samplers, 42 7234-7241
- BOON, J., LEWIS, W., TJOEN-A-CHOY, M., ALLCHIN, C., LAW, R. ve DE BOER, J. 2002. Levels of polybrominated diphenyl ether (PBDE) flame retardants in animals representing different trophic levels of the North Sea food web, *Environ Sci Technol* 36 4025-4032.
- BROUWER, A., LONGNECKER, M., BIRNBAUM, L., COGLIANO, J., KOSTYNIK, P. ve MOORE, J. 1999. Characterization of potential endocrine-related health effects at low-dose levels of exposure to PCBs, *Environ Health Perspect*, 107 639-649.
- BUCCINI, J. 2001. Implementing Global Action on POPs under the Stockholm Convention: Issues and Opportunities, Abstract Eco Information.

- CALVERT, J. G., ATKINSON, R., BECKER, K. H., KAMENS, R. M., SEINFELD, J. H., WALLINGTON, T. J. ve YARWOOD, G. 2002. The Mechanisms of Atmospheric Oxidation of Aromatic Hydrocarbons.
- CAN-GÜVEN, E., BOLAT, D., ÇELİK, H., KURT-KARAKUŞ, P. B. ve GEDİK, K. 2014. Semt Pazarlarında Satılan Zararlı Canlılarla Mücadele İlaçlarından Kaynaklanan Gizli Tehlike, *Toksikoloji Derneği, III. Bölgesel Toksikoloji Sempozyumu, İzmir*.
- CEYLAN, O. 2009. Monitoring and Measures on POPs in Turkey, in Role of Ecological Chemistry in Pollution Research and Sustainable Development.
- CHAO, H. R., LIN, D. Y., CHEN, K. Y., GOU, Y. Y., CHIOU, T. H., LEE, W. J., CHEN, S. J. ve WANG, L. C. 2014. Atmospheric concentrations of persistent organic pollutants over the Pacific Ocean near southern Taiwan and the northern Philippines, *Science of the Total Environment*, 491-492 51-59.
- COGLIANO, V. 1998. Assessing the cancer risk from environmental PCBs, *Environ Health Perspect*, 106 317-323.
- ÇETİN, B. ve ODABAŞI, M. 2007. Air-Water Exchange and Dry Deposition of Polybrominated Diphenyl Ethers at a Coastal Site in Izmir Bay, Turkey, *Environmental Science And Technology*, 41 785-791.
- D'SILVA, K. 2004. Brominated organic micropollutants-Igniting the flame retardant issue, *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.*, 34 141-207.
- D'SILVA, K. 2004. Brominated organic micropollutants-igniting the flame retardant issue., *CriticalReviews in Environmental Science and Technology* 34 141–207.
- DAĞLI, S. 2008. and current situation on POPs in Turkey in Fate of Persistent Organic Pollutants in the Environment.
- DARNERUD, P. 2003. Toxic effects of brominated flame retardants in man and in wildlife, *Environ Int*, 29 841-853.
- DE BOER, J., WESTER, P., KLAMER, H. J. C., LEWIS, W. E. and BOON, J. P. 1998. Do flame retardants threaten ocean life?, *Nature*, 394:28-29.
- DE WIT, C. A. 2002. An Overview of brominated flame retardants in the environment, *Chemosphere* 46 583–624.
- DRAHLER, R. R. and HESS, G. D. 2005. HYSPLIT 4 USER'S guide, technical memorandum, *NOAA Washington, DC*.
- ERDOGRUL, O., COVACI, A., KURTUL, N. and SCHEPENS, P. 2004. Levels of organohalogenated persistent pollutants in human milk from Kahramanmaraş region, Turkey, *Environment International*, 30 (5), 659-666.

- ERDOGRUL, O. 2007. Levels of selected pesticides in honey samples from Kahramanmaraş, Turkey, *Food Control*, 18 (7), 866-871.
- ERDOGRUL, O. 2008. Pesticide residues in liquid pekmez (grape molasses), *Environmental Monitoring and Assessment*, 144 (1-3), 323-328.
- FALANDYSZ, J., WYRZYKOWSKA, B., STRANDBERG, L., PUZYN, T., STRANDBERG, B. ve RAPPE, C. 2002. Multivariate analysis of the bioaccumulation of polychlorinated biphenyls (PCBs) in the marine pelagic food web from the southern part of the Baltic Sea, Poland, *J Environ Monit* 4929-941.
- FISK, A., HOBSON, K. ve NORSTROM, R. 2001. Influence of chemical and biological factors on trophic transfer of persistent organic pollutants in the Northwater Polynya marine food web, *Environ Sci Technol*, 35 732-738.
- FÜRST, P. 1993. Contribution of different pathways to human exposure to PCDDs/PCDFs, *Organohalogen Compd* 13 1-8.
- HANSEN, L. D. ve EATOUGH, D. J. 1991. Organic Chemistry of the Atmosphere, *CRC Press*, Boston, USA, pp. 233-284.
- HARNER, T. ve SHOEIB, M. 2002. Measurements of octanol-air partition coefficients (K-OA) for polybrominated diphenyl ethers (PBDEs): Predicting partitioning in the environment, *Journal of Chemical and Engineering Data*, 47 (2), 228-232.
- HITES, R. A. 2004. Polybrominated diphenyl ethers in the environment and in people: a meta-analysis of concentrations, *Environmental Science and Technology* 38 945-956.
- HITES, R. A. 2004. Polybrominated diphenyl ethers in the environment and in people: A meta-analysis of concentrations, *Environmental Science & Technology*, 38 (4), 945-956.
- HYOTYLAINEN, T. ve HARTONEN, K. 2002. Determination of brominated flame retardants in environmental samples, *Trends in Analytical Chemistry*, 21 13-29.
- İSTANBULLUOĞLU, H. ve TEKBAŞ, Ö. F. 2013. Kalıcı organik kirleticiler (KOK), *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji*, 70 163-174.
- LAMMEL, G., AUDY, O., BEŞİŞ, A., EFSTATHIOU, C., ELEFTHERİADİS, K., KOHOUTEK, J., KUKUČKA, P., MULDER, M. D., PŘIBYLOVÁ, P., PROKEŠ, R., RUSINA, T. P., SAMARA, C., SOFUOĞLU, A., SOFUOĞLU, S. C., TAŞDEMİR, Y., VASSİLATOY, V., VOUTSA, D., VRANA, B. 2015. Air and seawater pollution and air-sea gas exchange of persistent toxic substances in the Aegean Sea: spatial trends of PAHs, PCBs, OCPs and PBDEs, *Environmental Science and Pollution Research*, 22 11301-11313.



- LANGER, P., KOCAN, A., TAJTAKOVA, M., PETRIK, J., CHOVANCOVA, J. ve DROBNA, B. 2003. Possible effects of polychlorinated biphenyls and organochlorinated pesticides on the thyroid after long-term exposure to heavy environmental pollution, *J Occup Environ Med*, 45 526-532.
- MCLACHLAN, M. 1996. Bioaccumulation of hydrophobic chemicals in agricultural food chains. *Environmental Science & Technology*, 30, 252-259.
- NIEUWOUDT, C., QUINN, L. P., PIETERS, R., JORDAAN, I., VISSER, M., KYLIN, H., BORGAN, A. R., GIESY, J. P. ve BOUWMAN, H. 2009. Dioxin-like chemicals in soil and sediment from residential and industrial areas in central South Africa, *Chemosphere*, 76 774-783.
- NYLUND, K., ASPLUND, L., JANSSON, B., JONSSON, P., LITZEN, K. ve SELLSTROM, U. 1992. Analysis of some polyhalogenated organic pollutants in sediment and sewage sludge, *Chemosphere*, 24 1721-1730.
- ODABASI, M., SOFUOGLU, A., VARDAR, N., TASDEMİR, Y. ve HOLSEN, T. M. 1999. Measurement of dry deposition and air-water exchange of polycyclic aromatic hydrocarbons with the water surface sampler, *Environ. Sci. Technol.*, 33 426-434.
- PANKOW, J. F. ve BIDLİEMAN, T. F. 1992. Interdependence of the slopes and intercepts from log-log correlations of measured gas-particle partitioning and vapor pressure I. Theory and analysis of available data, *Atmos. Environ.*, 26A, 1071-1080.
- PARK, J. S., WADE, T. L. ve SWEET, S. T. 2001. Atmospheric distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons and deposition to Galveston Bay, Texas, USA, *Atmos. Environ.*, 35 3241-3249.
- RAFF, J. D. ve HİTES, R. A. 2006. Gas-phase reactions of brominated diphenyl ethers with OH radicals, *Journal of Physical Chemistry A*, 110 (37), 10783-10792.
- RAHMAN, F., LANGFORD, K. H., SCRIMSHAW, M. D. ve LESTER, J. N. 2001. Polybrominated diphenyl ether (PBDE) flame retardants, *Science of the Total Environment*, 275 (1-3), 1-17.
- SCAR. 2009. Persistent Organic Pollutants in the Antarctic, Scientific Committee on Antarctic Research: Baltimore, USA. p. 19.
- SELLSTROM, U., KIERKEGAARD, A., DE WİT, C. ve JANSSON, B. 1998. Polybrominated diphenyl ethers and hexabromocyclododecane in sediment and fish from a Swedish river, *Environmental Toxicology and Chemistry* 17 1065-1072.
- SİNKKONEN, S., PAASİVİRTA, J., LAHTİPERA, M. ve VATTULAINEN, A. 2004. Screening of halogenated aromatic compounds in some raw material lots for an aluminium recycling plant, *Environment International* 30:363-366.

- STAPLETON, H. M., KLOSTERHAUS, S., EAGLE, S., FUH, J., MEEKER, J. D., BLUM, A. ve WEBSTER, T. F. 2009. Detection of Organophosphate Flame Retardants in Furniture Foam and US House Dust, *Environmental Science & Technology*, 43 (19), 7490-7495.
- STRANDBERG, B., DODDER, N. G., BASU, I. ve HITES, R. A. 2001. Concentration and spatial variations of polybrominated diphenylethers and other organohalogen compounds in Great Lakes air, *Environmental Science and Technology* 35 1078–1083.
- SVERDRUP, L. E., KROGH, P. H., NIELSEN, T., KJAER, C. ve STENERSEN, J. 2003. Toxicity of eight polycyclic aromatic compounds to red clover (*Trifolium pratense*), ryegrass (*Lolium perenne*), and mustard (*Sinapsis alba*), *Chemosphere*, 53 (8), 993-1003.
- TLILI, K., LABADIE, P., ALLIOT, F., BOURGES, C., DESPORTES, A. ve CHEVREUIL, M. 2011. Polybrominated Diphenyl Ether Dynamics in Ambient Air and Atmospheric Bulk/Wet Deposition in Downtown Paris (France), *Water Air And Soil Pollution*, 223 1543-1553.
- URL1. Çevre ve Orman Bakanlığı Web Sitesi. [www.kimyasallar.cevreorman.gov.tr](http://www.kimyasallar.cevreorman.gov.tr), (Son erişim tarihi: 30 Temmuz 2014).
- URL2. Yangın ve Güvenlik. [www.yanginguvenlik.com.tr](http://www.yanginguvenlik.com.tr), (Son erişim tarihi: 18 Kasım 2015).
- URL3. İstanbul. [www.cografya.gen.tr/tr/istanbul/](http://www.cografya.gen.tr/tr/istanbul/), (Son erişim tarihi: 24 Ocak 2015).
- UUP 2014. Kalıcı Organik Kirleticilere İlişkin Stockholm Sözleşmesi, 2. Ulusal Uygulama Planı, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
- WATANABE, I. ve SAKAI, S. 2003. Environmental release and behavior of brominated flame retardants, *Environ. Int.* 29: 665–682.
- WATANABE, I. ve SAKAI, S. 2003. Environmental release and behavior of brominated flame retardants, *Environ. Int.*, 29 665–682.
- WHO. 1994. Brominated diphenyl ethers, *Environmental Health Criteria*, 62.
- YANG, M., QI, H., JIA, H. L., REN, N. Q., DING, Y. S., MA, W. L., LIU, L. Y., HUNG, H., SVERKO, E. ve LI, Y. F. 2013. Polybrominated Diphenyl Ethers in Air across China: Levels, Compositions, and Gas-Particle Partitioning, *Environmental Science & Technology*, 47 8978-8984.
- YANG, M., QI, H., JIA, H. L., REN, N. Q., DING, Y. S., MA, W. L., LIU, L. Y., HUNG, H., SVERKO, E. ve LI, Y. F. 2013. Polybrominated Diphenyl Ethers in Air across China: Levels, Compositions, and Gas-Particle Partitioning, *Environmental Science & Technology*, 47 (15), 8978-8984.

## Ek-1: Atmosferik PBDE Konsantrasyonları

Çizelge 6.1. Kentsel alan gaz faz PBDE konsantrasyonları

Örnekleme tarihleri	PBDE Bileşikleri													
	PBDE 17	PBDE 28	PBDE 71	PBDE 47	PBDE 66	PBDE 100	PBDE 99	PBDE 85	PBDE 154	PBDE 153	PBDE 138	PBDE 183	PBDE 190	PBDE 209
07.05.2014	<MDL	<MDL	<MDL	4,83	<MDL	5,88	3,64	<MDL	TSA	1,5	5,32	1,57	TSA	TSA
16.05.2014	TSA	1,79	<MDL	TSA	<MDL	5,88	5,1	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
23.05.2014	1,19	TSA	<MDL	<MDL	TSA	6,96	6,74	TSA	TSA	TSA	1,15	TSA	TSA	7,22
30.05.2014	1,06	1,93	<MDL	2,39	1,87	3,58	3,61	TSA	TSA	TSA	0,45	TSA	TSA	TSA
06.06.2014	<MDL	3,98	<MDL	3,61	<MDL	3,83	4,09	TSA	TSA	0,8	TSA	TSA	TSA	TSA
13.06.2014														
20.06.2014	<MDL	3,67	4,43	6,39	2,4	2,12	2,74	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
26.06.2014	TSA	TSA	TSA	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
03.07.2014	<MDL	<MDL	TSA	<MDL	<MDL	3,24	2,84	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
11.07.2014	1,16	<MDL	TSA	3,37	2,01	6,71	5,76	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
18.07.2014	TSA	1,03	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
24.07.2014	0,6	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	<MDL
31.07.2014	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
07.08.2014	TSA	1,72	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
14.08.2014	TSA	1,58	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
21.08.2014	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
28.08.2014	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
04.09.2014	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
11.09.2014	0,71	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	<MDL	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA

Çizelge 6.1. Devam

	PBDE Bileşikleri													
	PBDE 17	PBDE 28	PBDE 71	PBDE 47	PBDE 66	PBDE 100	PBDE 99	PBDE 85	PBDE 154	PBDE 153	PBDE 138	PBDE 183	PBDE 190	PBDE 209
18.09.2014	1,72	1,44	TSA	<MDL	6,29	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
25.09.2014	TSA	TSA	TSA	TSA	10,43	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
01.10.2014	0,50	<MDL	TSA	<MDL	<MDL	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	1,93	TSA
09.10.2014	TSA	0,89	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
16.10.2014	0,67	19,67	TSA	TSA	8,55	TSA	3,29	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
23.10.2014	TSA	10,63	<MDL	2,22	6,64	TSA	5,17	20,70	2,91	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
30.10.2014	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
06.11.2014	TSA	<MDL	2,41	2,36	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	1,57	TSA	TSA
13.11.2014	<MDL	<MDL	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
20.11.2014	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
27.11.2014														
04.12.2014	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
10.12.2014	<MDL	<MDL	TSA	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
18.12.2014	TSA	<MDL	TSA	<MDL	TSA	<MDL	<MDL	TSA	<MDL	1,50	6,54	3,20	TSA	48,58
25.12.2014	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
01.01.2015	TSA	<MDL	TSA	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
08.01.2015	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
15.01.2015	<MDL	TSA	TSA	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
22.01.2015	0,26	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
29.01.2015	<MDL	TSA	TSA	<MDL	TSA	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	<MDL	TSA
05.02.2015	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
12.02.2015	1,57	1,13	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
19.02.2015	1,97	1,49	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
26.02.2015	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA

Çizelge 6.1. Devam

	PBDE Bileşikleri													
	PBDE 17	PBDE 28	PBDE 71	PBDE 47	PBDE 66	PBDE 100	PBDE 99	PBDE 85	PBDE 154	PBDE 153	PBDE 138	PBDE 183	PBDE 190	PBDE 209
05.03.2015	<MDL	0,99	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
12.03.2015	<MDL	1,17	TSA	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
19.03.2015	TSA	<MDL	TSA	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
26.03.2015	2,59	2,04	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
02.04.2015	TSA	0,92	TSA	<MDL	3,37	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
09.04.2015	3,60	2,84	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
16.04.2015	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
21.04.2015	TSA	2,11	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
29.04.2015	TSA	0,92	TSA	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
07.05.2015	2,28	1,76	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
14.05.2015	<MDL	1,52	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
21.05.2015	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
28.05.2015	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA

Çizelge 6.2. Kentsel alan partikül faz PBDE konsantrasyonları

	PBDE Bileşikleri													
	PBDE 17	PBDE 28	PBDE 71	PBDE 47	PBDE 66	PBDE 100	PBDE 99	PBDE 85	PBDE 154	PBDE 153	PBDE 138	PBDE 183	PBDE 190	PBDE 209
07.05.2014	<MDL	<MDL	3,42	4,13	TSA	0,38	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	8,47
16.05.2014	0,26	1,86	3,49	3,96	<MDL	2,30	<MDL	<MDL	TSA	TSA	TSA	<MDL	TSA	TSA
23.05.2014	TSA	<MDL	2,51	<MDL	<MDL	1,04	2,28	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
30.05.2014	TSA	<MDL	1,99	<MDL	<MDL	1,70	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
06.06.2014	TSA	TSA	2,37	2,53	TSA	1,57	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	5,90
13.06.2014														
20.06.2014	<MDL	3,39	2,51	3,33	<MDL	3,48	4,27	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
26.06.2014	<MDL	<MDL	TSA	<MDL	1,73	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	4,19
03.07.2014	0,22	3,25	TSA	3,51	<MDL	2,85	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	<MDL
11.07.2014	TSA	TSA	TSA	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	0,77	TSA	TSA	TSA
18.07.2014	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
24.07.2014	TSA	<MDL	20,19	11,72	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	9,90
31.07.2014	<MDL	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
07.08.2014	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	4,28	TSA	TSA	TSA
14.08.2014	TSA	TSA	TSA	TSA	3,65	TSA	TSA	<MDL	TSA	0,21	TSA	TSA	TSA	<MDL
21.08.2014	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
28.08.2014	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
04.09.2014	TSA	TSA	2,17	1,18	<MDL	TSA	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
11.09.2014	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	4,04	3,50	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA
18.09.2014	TSA	TSA	TSA	TSA	5,28	TSA	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
25.09.2014	0,53	<MDL	TSA	<MDL	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
01.10.2014	TSA	TSA	6,62	3,92	TSA	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
09.10.2014	TSA	TSA	12,29	6,92	3,61	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	2,23	TSA	TSA	TSA
16.10.2014	<MDL	TSA	TSA	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	<MDL

Çizelge 6.2. Devam

PBDE Bileşikleri														
	PBDE 17	PBDE 28	PBDE 71	PBDE 47	PBDE 66	PBDE 100	PBDE 99	PBDE 85	PBDE 154	PBDE 153	PBDE 138	PBDE 183	PBDE 190	PBDE 209
23.10.2014	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	1,84	TSA	TSA	TSA
30.10.2014	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	4,02
06.11.2014	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TS'	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	5,41
13.11.2014	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
20.11.2014	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	0,38	0,35	TSA	TSA
27.11.2014														
04.12.2014	TSA	TSA	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
10.12.2014	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	4,14	TSA	TSA	TSA
18.12.2014	TSA	TSA	TSA	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
25.12.2014	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	0,14	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	<MDL	TSA	<MDL
01.01.2015	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	TSA	0,28	<MDL	TSA	TSA	<MDL	TSA	<MDL	TSA	<MDL
08.01.2015	0,22	<MDL	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	<MDL	TSA	<MDL	TSA	0,21	TSA	3,85
15.01.2015	<MDL	<MDL	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
22.01.2015	<MDL	<MDL	TSA	TSA	TSA	<MDL	TSA	TSA	<MDL	0,59	TSA	0,80	TSA	<MDL
29.01.2015	0,22	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
05.02.2015	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
12.02.2015	0,33	TSA	<MDL	<MDL	<MDL	TSA	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	<MDL	TSA	<MDL
19.02.2015	<MDL	<MDL	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
26.02.2015	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
05.03.2015	0,22	<MDL	TSA	TSA	TSA	<MDL	TSA	<MDL	TSA	6,17	0,84	<MDL	TSA	<MDL
12.03.2015	TSA	<MDL	<MDL	TSA	TSA	TSA	<MDL	TSA	TSA	<MDL	TSA	<MDL	TSA	<MDL
19.03.2015	2,14	TSA	TSA	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	<MDL	TSA	<MDL	TSA	<MDL
26.03.2015	<MDL	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
02.04.2015	<MDL	TSA	TSA	TSA	1,88	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	<MDL

Çizelge 6.2. Devam

PBDE Bileşikleri														
	PBDE 17	PBDE 28	PBDE 71	PBDE 47	PBDE 66	PBDE 100	PBDE 99	PBDE 85	PBDE 154	PBDE 153	PBDE 138	PBDE 183	PBDE 190	PBDE 209
09.04.2015	<MDL	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
16.04.2015	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	<MDL	TSA	TSA	0,24	TSA	<MDL
21.04.2015	0,39	TSA	TSA	TSA	TSA	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	0,87	TSA	0,59	1,06	<MDL
29.04.2015	<MDL	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	<MDL
07.05.2015	<MDL	<MDL	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
14.05.2015	0,26	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
21.05.2015	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
28.05.2015	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA

Çizelge 6.3. Kırsal alan gaz faz PBDE konsantrasyonları

PBDE Bileşikleri														
	PBDE 17	PBDE 28	PBDE 71	PBDE 47	PBDE 66	PBDE 100	PBDE 99	PBDE 85	PBDE 154	PBDE 153	PBDE 138	PBDE 183	PBDE 190	PBDE 209
12.12.2013	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
19.12.2013	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
26.12.2013	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	4,825	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
02.01.2014	<MDL	<MDL	<MDL	4,210	TSA	<MDL	5,176	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
09.01.2014	2,088	2,898	4,280	8,699	TSA	TSA	5,106	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
16.01.2014	1,844	TSA	<MDL	TSA	4,477	TSA	4,619	7,087	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
23.01.2014	2,923	3,907	4,489	4,210	6,356	TSA	7,229	7,574	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
30.01.2014	3,236	8,952	7,933	5,776	6,077	TSA	7,229	8,235	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	<MDL
06.02.2014	<MDL	3,002	<MDL	TSA	2,598	TSA	10,917	3,363	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	<MDL
13.02.2014	7,859	<MDL	3,478	<MDL	<MDL	TSA	7,285	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA



Çizelge 6.4. Kırsal alan partikül faz PBDE konsantrasyonları

	PBDE Bileşikleri													
	PBDE 17	PBDE 28	PBDE 71	PBDE 47	PBDE 66	PBDE 100	PBDE 99	PBDE 85	PBDE 154	PBDE 153	PBDE 138	PBDE 183	PBDE 190	PBDE 209
27.02.2014	5,703	7,949	<MDL	7,372	<MDL	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
06.03.2014	5,078	8,436	8,208	12,937	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	<MDL
13.03.2014	<MDL	16,225	8,902	11,545	TSA	TSA	TSA	2,411	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	10,989
20.03.2014	6,190	12,281	23,578	11,059	7,256	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
12.12.2013	0,742	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	1,392	<MDL	TSA	TSA	TSA	1,218	TSA	TSA	TSA
19.12.2013	2,552	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
26.12.2013	1,682	<MDL	<MDL	<MDL	TSA	0,174	<MDL	TSA	TSA	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA
02.01.2014	1,682	1,061	<MDL	<MDL	<MDL	0,696	<MDL	TSA	TSA	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA
09.01.2014	1,055	<MDL	TSA	<MDL	TSA	1,635	<MDL	TSA	TSA	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA
16.01.2014	1,275	<MDL	TSA	4,437	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	2,295	TSA	TSA	TSA
23.01.2014	2,318	1,148	<MDL	3,046	6,597	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	1,043	TSA	TSA	TSA
30.01.2014	0,534	<MDL	<MDL	1,663	TSA	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	1,496	TSA	TSA	TSA
06.02.2014	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA
13.02.2014	TSA	<MDL	<MDL	TSA	TSA	1,914	<MDL	TSA	TSA	0,487	0,522	TSA	TSA	TSA
27.02.2014	0,360	<MDL	1,992	2,220	TSA	0,174	TSA	TSA	TSA	TSA	0,452	TSA	TSA	TSA
06.03.2014	0,673	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	0,174	TSA	<MDL	TSA	TSA	0,800	TSA	TSA	TSA
13.03.2014	2,378	<MDL	<MDL	2,220	TSA	0,522	TSA	<MDL	TSA	<MDL	TSA	TSA	TSA	TSA
20.03.2014	TSA	0,869	2,591	5,133	TSA	TSA	TSA	TSA	TSA	0,556	0,904	TSA	TSA	TSA

**Ek-2: Meteorolojik Veriler**

Çizelge 6.5. Göztepe istasyonundan alınan meteorolojik veriler

Tarih	Örnek Numarası	Sıcaklık (°C)	Nem (%)	Rüzgar Hızı (m/sn)	Yağış (mm)
07.05.2014	1	13,9	75	4	0
16.05.2014	2	19,5	61	2	0
23.05.2014	3				0
30.05.2014	4	21,4	74	4	1,6
06.06.2014	5	18,4	94	2	2
13.06.2014	6	22	76,7	1,4	0
20.06.2014	7	21,2	78	4	15,8
26.06.2014	8	26,6	63	2	0
03.07.2014	9	23,3	71	4	0
11.07.2014	10	27,1	63	2	0
18.07.2014	11	25,1	72	2	0
24.07.2014	12	26,1	80	2	0
31.07.2014	13	27,3	71	3	0
07.08.2014	14	25,9	77	3	0
14.08.2014	15	28	74	3	0
21.08.2014	16	26	78	2	0
28.08.2014	17	25,9	77	4	0
04.09.2014	18	26,1	78	3	3,2
11.09.2014	19	24,1	68	3	0
18.09.2014	20	19,9	84	3	9,4
25.09.2014	21	18,8	62	2	0
01.10.2014	22	18,3	71	2	0
09.10.2014	23	18,5	79	6	0
16.10.2014	24	20,1	83	4	0
23.10.2014	25	22,1	56	3	0,4
30.10.2014	26	13,7	94	4	10,2
06.11.2014	27				
13.11.2014	28	15,2	87	2	0
20.11.2014	29	14,5	82	4	18,6
27.11.2014	30	6,9	81,5	4	3,4
04.12.2014	31	14	89	2	0,2
10.12.2014	32	9,1	94	4	0
18.12.2014	33	12,3	88	3	3,4
25.12.2014	34	12,3	74	2	0
01.01.2015	35	3,2	91	8	36,2
08.01.2015	36	-2,6	73,4	5,9	1,2
15.01.2015	37	7,2	91,9	4,3	0
22.01.2015	38	11,8	70,3	1,8	0

Çizelge 6.5. Devam

Tarih	Örnek Numarası	Sıcaklık (°C)	Nem (%)	Rüzgar Hızı (m/sn)	Yağış (mm)
29.01.2015	39	7,7	86,4	2,5	2,4
05.02.2015	40	13,6	68,7	2,8	0,8
12.02.2015	41	3,2	93,9	5,7	9,8
19.02.2015	42	1,2	86,5	4,7	13,6
26.02.2015	43	12,8	67	2,1	0
05.03.2015	44	8,3	57	2,9	0
12.03.2015	45	7,9	81,3	2,9	0
19.03.2015	46	5,9	59,7	2,6	0
26.03.2015	47	13	64	1,5	0
02.04.2015	48	9,4	83,1	5,1	9,8
09.04.2015	49	7,8	72,8	6,3	0
16.04.2015	50	12,4	82,8	1,8	0
21.04.2015	51	10,3	72	3,7	0
29.04.2015	52	17,5	65,7	2,3	0
07.05.2015	53				0
14.05.2015	54	17,3	68	1,7	0
21.05.2015	55	18	79,6		0
28.05.2015	56	17,5	77,2		0,4

Çizelge 6.6. Kentsel alan PBDE homolog % grup dağılımları

örnekleme tarihleri	tri %	tetra %	penta %	hexa %	hepta %	deka %
07.05.2014	0,0	31,6	25,3	17,4	4,00	21,6
16.05.2014	15,9	30,2	53,9	0,0	0,0	0,0
23.05.2014	4,10	8,64	58,5	3,95	0,0	24,8
30.05.2014	16,1	33,7	47,8	2,43	0,0	0,0
06.06.2014	13,9	29,7	33,1	2,79	0,0	20,6
13.06.2014	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20.06.2014	18,2	49,2	32,5	0,0	0,0	0,0
26.06.2014	0,0	29,3	0,0	0,0	0,0	70,7
03.07.2014	21,8	22,0	56,1	0,0	0,0	0,0
11.07.2014	5,86	27,2	63,1	3,9	0,0	0,0
18.07.2014	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24.07.2014	1,42	75,2	0,0	0,0	0,0	23,3
31.07.2014	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
07.08.2014	28,7	0,0	0,0	71,3	0,0	0,0
14.08.2014	29,1	67,1	0,0	3,84	0,0	0,0
21.08.2014	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28.08.2014	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
04.09.2014	0,0	100	0,0	0,0	0,0	0,0
11.09.2014	8,57	0,0	49,0	42,4	0,0	0,0
18.09.2014	21,4	78,6	0,0	0,0	0,0	0,0
25.09.2014	4,86	95,1	0,0	0,0	0,0	0,0
01.10.2014	3,84	81,3	0,0	0,0	14,9	0,0
09.10.2014	3,42	88,0	0,0	8,59	0,0	0,0
16.10.2014	63,2	26,6	10,2	0,0	0,0	0,0
23.10.2014	21,2	17,7	51,6	9,49	0,0	0,0
30.10.2014	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
06.11.2014	0,0	40,6	0,0	0,0	13,3	46,1
13.11.2014	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20.11.2014	0,0	0,0	0,0	52,4	47,6	0,0
27.11.2014	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
04.12.2014	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10.12.2014	0,0	0,0	0,0	100	0,0	0,0
18.12.2014	0,0	0,0	0,0	13,4	5,35	81,2
25.12.2014	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0
01.01.2015	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0
08.01.2015	5,16	0,0	0,0	0,0	4,88	90,0

Çizelge 6.6. Devam

örnekleme tarihleri	tri %	tetra %	penta %	hexa %	hepta %	deka %
15.01.2015	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22.01.2015	15,5	0,0	0,0	35,9	48,6	0,0
29.01.2015	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
05.02.2015	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12.02.2015	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19.02.2015	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26.02.2015	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
05.03.2015	14,8	0,0	0,0	85,2	0,0	0,0
12.03.2015	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19.03.2015	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26.03.2015	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
02.04.2015	15,0	85,0	0,0	0,0	0,0	0,0
09.04.2015	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16.04.2015	0,0	0,0	0,0	0,0	100	0,0
21.04.2015	49,8	0,0	0,0	17,3	32,9	0,0
29.04.2015	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
07.05.2015	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14.05.2015	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21.05.2015	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28.05.2015	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Çizelge 6.7. Kırsal alan PBDE homolog % grup dağılımları

örnekleme tarihleri	tri %	tetra %	penta %	hexa %	hepta %	deka %
12.12.2013	22,1	0	41,5	36,3	0	0
19.12.2013	100	0	0	0	0	0
26.12.2013	25,2	72,2	2,60	0	0	0
02.01.2014	21,4	32,8	45,8	0	0	0
09.01.2014	23,5	50,4	26,2	0	0	0
16.01.2014	12,0	34,2	45,0	8,82	0	0
23.01.2014	20,3	48,6	29,1	2,05	0	0
30.01.2014	24,9	42,0	30,2	2,93	0	0
06.02.2014	15,1	13,1	71,8	0	0	0
13.02.2014	36,5	16,1	42,7	4,68	0	0
27.02.2014	53,4	44,2	0,663	1,73	0	0
06.03.2014	39,1	58,2	0,479	2,20	0	0
13.03.2014	33,7	41,1	5,31	0	0	19,9
20.03.2014	27,5	70,5	0	2,07	0	0

## ÖZGEÇMİŞ



Halil ÇELİK, 1990 yılında İstanbul'da doğdu. Aslen Karaman'lıdır. İlk ve orta öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2008 yılında girdiği Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde bir yıl İngilizce hazırlık eğitimi ile birlikte 2013 yılında mezun oldu. 2012-2013 yılları arasında TÜBİTAK 2209 A numaralı "Otomotiv Yan Sanayi Sektöründeki İç Ortam Gürültü Düzeyleri ve Bunun İşçi Sağlığı Ve Üretim Verimliliği Üzerine Etkisinin Araştırılması" başlıklı projede araştırmacı olarak çalıştı. 2013 yılında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı. Araştırma faaliyetleri sırasında ulusal ve uluslararası kongrelerde görev almış ve çeşitli yayınlar yapmıştır. Çek Cumhuriyeti'nde düzenlenen olan '10<sup>th</sup> Summer School on Toxic Compound in the Environment 2014' isimli yaz okuluna katılmıştır.