DEĞİŞİK ÖZELLİKLERE SAHİP İÇ VE DIŞ ORTAM HAVASINDA PCB KONSANTRASYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Emre AVCI

T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DEĞİŞİK ÖZELLİKLERE SAHİP İÇ VE DIŞ ORTAM HAVASINDA PCB KONSANTRASYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Emre AVCI
0000-0002-0547-2408

Prof. Dr. Fatma ESEN
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2023
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans

DEĞİŞİK ÖZELLİKLERE SAHİP İÇ VE DIŞ ORTAM HAVASINDA PCB KONSANTRASYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Emre AVCI

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Fatma ESEN

Bu çalışmada, Bursa'da değişik özelliklere sahip iç ve dış ortam havasından pasif hava örnekleyiciler (PHÖ'ler) yardımıyla toplanan örneklerdeki poliklorlu bifenillerin (PCB'lerin) konsantrasyon seviyeleri, muhtemel kaynakları, birbirleri arasındaki ilişkileri ve kanser riski indeksleri değerlendirilmiştir. PHÖ'lerinin örnekleme süresi 30 gün (1 ay) olacak şekilde planlanmış ve örnekleme Aralık 2019, Ocak 2020 ve Şubat 2020 aylarında gerçekleştirilmiştir. Örnekleme periyodu boyunca iç ortam havasında 15 farklı örnekleme noktasında ortalama toplam 39 PCB ($\sum_{39}$PCB) konsantrasyon değerleri 754,62±77,00-1146,52±271,72 pg/m^3 aralığında, dış ortam havasında ise 6 farklı örnekleme noktasında ortalama $\sum_{39}$PCB konsantrasyon değerleri 779,76±79,84-1225,74±397,37 pg/m^3 aralığında; değişim göstermiştir. İç/dış ortam örnekleme noktalarındaki konsantrasyon dağılımlarında benzerlik ve farklılık olup olmadığı Pearson korelasyon katsayısı (PCC) istatistiksel yaklaşım metodu kullanılarak belirlenmiştir. Hem iç hem de dış ortam örnekleme noktalarının benzer kirletici kaynaklarından etkilendiği tespit edilmiştir. İç ve dış ortam havasında 6 farklı örnekleme noktasında eş zamanlı olarak örnekleme yapılmış ve PCB konsantrasyonları arasındaki ilişki belirlenmeye çalışılmıştır. İç ve dış ortam örnekleme noktalarından elde edilen PCB konsantrasyon değerlerinin birbirlerine oranı (İ/D oranı) 0,78-1,17 aralığında değişim göstermiştir. İç ve dış ortam örnekleme noktalarından elde edilen PCB'lerin solunması sonucunda yetişkinlerde (70 yaş) ve gelişme çağında olan çocuklarda (9 yaş) meydana gelebilecek kanser riski değerlendirilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen kanser riski indeksi değerlerine göre PCB'lerin iç ve dış ortam örnekleme noktalarında solunması sonucunda yetişkinlerde ve gelişme çağında olan çocuklarda kanser riski taşımadığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Poliklorlu bifenil, Pasif hava örnekleyiciler, İç ve dış ortam, Bursa

2023, vii + 66 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

EVALUATION OF PCB CONCENTRATIONS IN INDOOR AND OUTDOOR ENVIRONMENTS WITH DIFFERENT PROPERTIES

Emre AVCI

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Fatma ESEN

In this study, the concentration levels, possible sources, interrelationships and cancer risk indexes of polychlorinated biphenyls (PCBs) samples collected with the passive air samplers (PASs) in indoor and outdoor air with different properties in Bursa were evaluated. The sampling period of PASs was planned to be 30 days (1 month) and sampling was carried out in December 2019, January 2020 and February 2020. During the sampling period, the average total of 39 PCB ($\sum_{39}$PCB) concentration values in the indoor air at 15 different sampling points were in the range of 754.62±77.00 pg/m^3 to 1146.52±271.72 pg/m^3; In outdoor air, mean $\sum_{39}$PCB concentration values at 6 different sampling points varied in the ranged from 779.76±79.84 pg/m^3 to 1225.74±397.37 pg/m^3. The similarities and differences in the concentration distributions at the indoor/outdoor sampling points were determined using the Pearson correlation coefficient (PCC) statistical approach method. It has been determined that both indoor and outdoor sampling points are affected by similar pollutant sources. Simultaneous sampling was made at 6 different sampling points in indoor and outdoor air and the relationship between PCB concentrations was tried to be determined. The ratio of PCB concentration values obtained at indoor and outdoor sampling points to each other (I/D ratio) varied between 0.78-1.17. The risk of cancer that may occur in adults (70 years old) and children in the developmental age (9 years) as a result of inhalation of PCBs obtained at indoor and outdoor sampling points was evaluated. According to the cancer risk index values obtained as a result of the calculations, it has been determined that there is no cancer risk in adults and children in the developmental age as a result of inhalation of PCBs at indoor and outdoor sampling points.

Key words: Polychlorinated biphenyls, Passive air samplers, Indoor and outdoor environment, Bursa

2023, vii + 66 pages.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamı planlayan, yürütülmesi ve sonuçlandırılması süresince bilgi ve deneyimlerini paylaşan ve bana yön gösteren, tecrübe ve hoşgörüsüyle yeni bakış açıları edinmeme katkıda bulunan, öğrencisi olmaktan her zaman gurur duyacağım hocam sayın Prof. Dr. Fatma ESEN'e, PCB analizlerininin okunmasında katkı sağlatan hocam Prof.Dr. Yücel Taşdemir ve hava grubundaki hocalarıma,

Tez çalışması süresince ihtiyaç duyduğum her an teknik bilgisinden ve tecrübesinden yararlandığım sevgili arkadaşım Mehmet Ferhat SARİ'ye,

Laboratuvar çalışmalarımda bana eşlik eden Kübra ALTUN'a, Sündüs MAKANSİ'ye ve adını hatırlayamadığım diğer arkadaşlarıma,

Desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyerek bugünlere gelmemi sağlayan canım annem Aynur AVCI'ya, babam Yakup AVCI'ya, kardeşlerim Emircan AVCI ve Engin AVCI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Emre AVCI
…/…/…….

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ v
ŞEKİLLER DİZİNİ vii
ÇİZELGELER DİZİNİ viii
1. GİRİŞ 1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI 3
2.1. PCB'lerin Yapısı ve Genel Özellikleri 3
2.2. PCB'lerin Kullanım Alanları ve Emisyon Kaynakları 5
2.3. PCB'lerin İnsanlar Üzerindeki Etkileri 6
2.4. PCB'lerin Hava, Su ve Toprak Ortamlarındaki Döngüleri 8
2.5. PCB'ler Hakkındaki Yasal Düzenlemeler 9
2.6. İç ve Dış Ortam Havasında PCB Konsantrasyonlarının Pasif Hava Örnekleyicileri İle Belirlenmesi 10
2.7. Literatürde PHÖ Kullanılarak PCB'ler Hakkında Yapılan Bazı Çalışmalar 12
3. MATERYAL ve YÖNTEM 17
3.1. Örnekleme Noktaları 17
3.2. Örnekleme Programı 23
3.3. Örnekleme Yöntemi 24
3.4. Deneysel Çalışmada Kullanılan Malzemeler ve Kimyasallar 24
3.5. Örneklerin Analiz İşlemleri 26
3.6. Kalite Kontrol ve Kalite Güvenilirliği 30
3.7. Analitik Standartlar 31
3.8. İç ve Dış Ortam PHÖ Değerlendirme Yöntemi 32
4. BULGULAR ve TARTIŞMA 33
4.1. İç ortam havasında ölçülen PCB konsantrasyonları 33
4.2. Dış ortam havasında ölçülen PCB konsantrasyonları 38
4.3. İç ve Dış Ortam Havasındaki PCB Konsantrasyonları Arasındaki İlişki 43
4.4. PCB'lerin Solunması Sonucu İnsanlarda Oluşabilecek Kanser Riski 45
5. SONUÇLAR 51
KAYNAKLAR 54
EKLER 64
ÖZGEÇMİŞ 66

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
Al_2O_3	Alüminyum oksit
cm	Santimetre
cm^2	Santimetrekare
cm^3	Santimetreküp
ºC	Santigrat derece
dk	Dakika
g	Gram
kg	Kilogram
km	Kilometre
km^2	Kilometrekare
m	Metre
m^3	Metreküp
mg	Miligram
mL	Mililitre
µL	Mikrolitre
Na_2SO_4	Sodyum Sülfat
ng	Nanogram
pg	Pikogram
$[SiO_x(OH)_{4-2x}]_n$	Silisik asit
∑	Toplam sembolü
±	Artı-eksi
%	Yüzde

Kısaltmalar	Açıklama
ACE	Aseton
AT	Ortalama gün
BW	Vüvut ağırlığı
CR	Kanserojonik risk indeksi
CSF	Kanser eğim faktörü
DCM	Diklorometan
ED	Maruz kalma zamanı
EF	Maruz kalma sıklığı
ET	Maruz kalma süresi
µECD	Mikro-elektron yakalama dedektörü
GC	Gaz kromatograf
HEX	Hekzan
KOK	Kalıcı organik kirletici
KOSAB	Kestel Organize Sanayi Bölgesi
LOD	Belirleme sınır değeri
PCB	Poliklorlu bifenil

PCC	Perarson korelasyon katsayısı
PE	Petrol eteri
PHÖ	Pasif hava örnekleyicisi
PÜK	Poliüretan köpük
USE-EPA	Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Kurumu
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı
IARC	Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı
NTP	Amerikan Ulusal Toksikoloji Programı
ACGIH	Amerikan Hükümet Endüstriyel Hijyenistler Konferansı

ŞEKİLLER DİZİNİ

		Sayfa
Şekil 2.1.	PCB'lerin yapısı ve klor iyonlarının bağlanma pozisyonları……	3
Şekil 2.2.	PCB kirleticilerin çevrede taşınım mekanizması (Dönmez 2012).	9
Şekil 2.3.	İç ortam pasif hava örnekleyicisi ve poliüretan köpük (PÜK) disk	11
Şekil 2.4.	Dış ortam pasif hava örnekleyicisi……	11
Şekil 3.1.	Kestel Örnekleme Bölgeleri……..	19
Şekil 3.2.	Mudanya Örnekleme Bölgesi……	20
Şekil 3.3.	Nilüfer Örnekleme Bölgeleri…….	21
Şekil 3.4.	Osmangazi Örnekleme Bölgesi…….	22
Şekil 3.5.	Yıldırım Örnekleme Bölgeleri……..	23
Şekil 3.6.	İç ve dış ortam PHÖ ve PÜK diskin şematik gösterimi……	24
Şekil 3.7.	Deneysel çalışmanın akış şeması……..	26
Şekil 3.8.	Sokslet düzeneği……...	27
Şekil 3.9.	Döner buharlaştırıcı……..	28
Şekil 3.10.	Fraksiyon kolonu……..	29
Şekil 4.1.	İç ortam örnekleme noktalarında elde edilen ortalama ∑39PCB konsantrasyon değerleri (pg/m^3)……...	34
Şekil 4.2.	İç ortam örnekleme noktalarında PCB homolog grup dağılımları (%)…….	36
Şekil 4.3.	İç ortam örnekleme noktalarındaki PCB konsantrasyon değerlerinin birbirleri ile ilişkisi……	37
Şekil 4.4.	Dış ortam örnekleme noktalarında elde edilen ortalama ∑39PCB konsantrasyon değerleri (pg/m^3)……..	39
Şekil 4.5.	Dış ortam örnekleme noktalarında PCB homolog grup dağılımları (%)……..	41
Şekil 4.6.	Dış ortam örnekleme noktalarındaki PCB konsantrasyonlarının birbirleri ile ilişkisi……	42
Şekil 4.7.	İç ve dış ortam örnekleme noktalarında elde edilen ortalama ∑39PCB konsantrasyon değerleri (pg/m^3)……	44
Şekil 4.8.	İç ortam örnekleme noktalarında hesaplanan, yetişkinlerde meydana gelebilecek kanser riski indeksi değerleri……..	46
Şekil 4.9.	İç ortam örnekleme noktalarında hesaplanan, gelişme çağında olan çocuklarda meydana gelebilecek kanser riski indeksi değerleri…….	47
Şekil 4.10.	Dış ortam örnekleme noktalarında hesaplanan, yetişkinlerde meydana gelebilecek kanser riski indeksi değerleri	48
Şekil 4.11.	Dış ortam örnekleme noktalarında hesaplanan, gelişme çağında olan çocuklarda meydana gelebilecek kanser riski indeksi değerleri…….	49

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1.	PCB homolog grupları……	4
Çizelge 2.2.	Aroclor türleri ve ortalama ağırlıkça % içerikleri (Erickson 1997)……...	4
Çizelge 2.3.	PCB içerme ihtimali bulunan kaynaklar ve muhtemel ekipmanlar (Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2009)…….	6
Çizelge 3.1.	Örneklemenin yapıldığı ortam ve örnekleme bölgelerinin tanımlanması……...	18

1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesi ve üretimde çeşitliliğin artması ile birlikte önemli çevre problemleri meydana gelmektedir. Önemli çevre problemlerinden olan hava kirliliği hem iç ortam hem de dış ortam hava kalitesine etki etmektedir. İç ortamdaki (örneğin; ev, okul, ofis, kamu binası, vb.) hava kalitesi, bina içindeki kaynaklardan ve dış ortam havasından kaynaklanan kirleticiler de dahil olmak üzere çok çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Gün içerisinde geçirilen zamanın büyük bir kısmı (%80-90) iç ortamlarda geçirilmekte ve iç ortam havasının solunması, insanların bu kirleticilere maruz kalmasına neden olmaktadır. Dış ortamdaki hava kalitesi de, çoğunlukla meteorolojik faktörlere bağlı olarak bölgesel ve zamansal olarak değişiklik göstermektedir (Melymuk ve ark. 2016, Cindoruk 2007).

Poliklorlu bifeniller (PCB'ler), neredeyse dünyanın her yerindeki iç ve dış ortam havasında tespit edilebilen en yaygın çevre kirleticileri arasında yer almaktadır (UNEP 1999). Kalıcı organik kirleticiler (KOK'lar) grubunda yer alan PCB'ler, doğal kaynakları mevcut olmayan ve bifenillerin klorlanması sonucunda ticari amaçlı kullanılmak üzere ilk kez üretilen kirleticilerden birisidir (Çelikten 2013, Başaran 2018). PCB'lerin ticari olarak üretilip kullanılmaya başlanması 1929 yılından itibaren gerçekleşmiş ve 1950'li yıllarda PCB'lerin üretiminde önemli ölçüde artış meydana gelmiş olsa da 1970'li yıllara gelindiğinde çevresel etkilerinin keşfedilmesinden dolayı üretiminde azalma söz konusu olmuştur (Andersen 2019). PCB'ler ve diğer KOK'ların üretimini, kullanımını azaltmak ve nihayetinde ortadan kaldırmak amacıyla; Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından, Türkiye'nin de içerisinde bulunduğu 125 ülke arasında 22-23 Mayıs 2001'de Stockholm Sözleşmesi imzalanmış ve bu sözleşme 17 Mayıs 2004 tarihinde 50 ülke tarafından onaylanmasının ardından yürürlüğe girmiştir (Acara 2008).

PCB'ler çeşitli aktivitelerin gerçekleşmesinin sonucunda kaynağından atmosfere salınırlar ve atmosferde kalma sürelerinin tamamlanması ya da meteorolojik olayların gerçekleşmesiyle yeryüzüne çökelirler. Çökeldikleri ortamlarda insan sağlığı ve çevre üzerinde negatif etkilerinin olmasından dolayı iç ortam havasında ve dış ortam havasında

PCB kirleticilerini belirlemek amacıyla yapılan çalışmalara literatürde gün geçtikçe daha fazla rastlanmaktadır (Paloluoğlu 2019).

Bu tez çalışmasının amacı:

1. Bursa'da değişik özelliklere sahip iç ve dış ortam havasından pasif hava örnekleyiciler yardımıyla toplanan hava örneklerindeki PCB konsantrasyonlarını belirlemek,

2. PCB'lerin muhtemel kaynaklarını belirleyip bölgeler arasındaki farklılıkların ortaya koyulması,

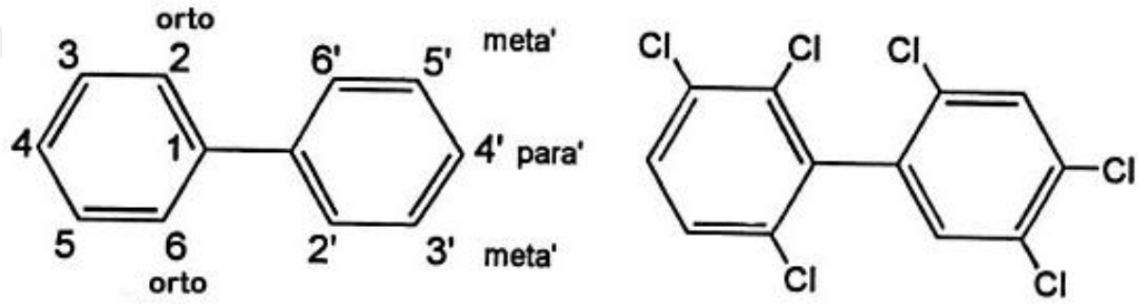
3. İç ve dış ortam havasındaki PCB konsantrasyonları arasındaki ilişkiyi belirlemek,

4. PCB'lerin solunumu sonucunda yetişkinlerde ve gelişme çağında olan çocuklarda meydana gelebilecek kanser riskini hesaplamaktır.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. PCB'lerin Yapısı ve Genel Özellikleri

Poliklorlu bifeniller (PCB'ler), bifenil halkasının klorlanması yani değişik sayıdaki (1 ile 10 arasında) klor iyonlarının farklı konfigürasyonlarda (orto, meta ve para) bağlanması sonucunda meydana gelen aromatik kimyasallardır (Berberler 2013). PCB'lerin genel yapısı ve klor iyonlarının bağlanma pozisyonları Şekil 2.1'de gösterilmektedir (Hansen 1999).



Şekil 2.1. PCB'lerin yapısı ve klor iyonlarının bağlanma pozisyonları

PCB'ler $C_{12}H_{10-n}Cl_n$ (n=1-10) genel kimyasal formülü ile gösterilir ve teorik olarak klor iyonlarının bağlanma yeri ve sayıları nedeniyle 209 farklı türden oluşmaktadır (Egsmose ve ark. 2015, Çağdaş 2012). Yapılarında bulunan klor atomu sayısına göre homolog adı verilerek gruplandırılan PCB'ler Çizelge 2.1'de gösterilmiştir (U.S. EPA 2005).

Çizelge 2.1. PCB homolog grupları

Klor Sayısı	Bileşik	Kimyasal Formülü	Molekül Ağırlığı	Tür Sayısı
1	Monoklorobifenil	$C_{12}H_9CI$	189,0	3
2	Diklorobifenil	$C_{12}H_8CI_2$	223,1	12
3	Triklorobifenil	$C_{12}H_7CI_3$	257,5	24
4	Tetraklorobifenil	$C_{12}H_6CI_4$	292,0	42
5	Pentaklorobifenil	$C_{12}H_5CI_5$	326,0	46
6	Hekzaklorobifenil	$C_{12}H_4CI_6$	361,0	42
7	Heptaklorobifenil	$C_{12}H_3CI_7$	395,3	24
8	Oktaklorobifenil	$C_{12}H_2CI_8$	430,0	12
9	Nonaklorobifenil	$C_{12}H_1CI_9$	464,2	3
10	Dekaklorobifenil	$C_{12}CI_{10}$	498,6	1

KOK'lar grubuna giren PCB'ler doğal olarak yeryüzünde bulunmamakla birlikte, tamamı ticari amaçlı kullanılmak üzere sentetik olarak üretilmektedir (Çalışkan 2017, Sari 2019). Üretildikleri ülkelere göre ticari isimleri farklılık gösteren PCB'lerin içerikleri ve özellikleri genel olarak benzerlik göstermektedir. PCB bileşikleri Amerika'da "Aroclor", Almanya'da "Clophen", Fransa'da "Pyralene", İtalya'da "Fenclor" ve Japonya'da "Santotherm" gibi ticari isimlerle tanınmaktadır. Aroclor bileşikleri dünya genelinde en yaygın kullanıma sahip bu ticari bileşiklerden birisidir (Erkul 2019). Çizelge 2.2'de Aroclor türleri ve ortalama ağırlıkça yüzde içerikleri gösterilmektedir.

Çizelge 2.2. Aroclor türleri ve ortalama ağırlıkça % içerikleri (Erickson 1997)

Homolog (Klor Sayısı)	Aroclor						
	1221	1232	1016	1242	1248	1254	1260
0	10						
1	50	26	2	1			
2	35	29	19	13	1		
3	4	24	57	45	22	1	
4	1	15	22	31	49	15	
5				10	27	53	12
6					2	26	42
7						4	38
8							7
9							1

PCB'ler genel olarak toksik, kanserojenik ve mutajenik bileşiklerdir (Paloluoğlu 2019). Ayrıca uçuculuk özelliğine sahip bileşikler olarak sınıflandırılırlar ve bileşiklerinin uçuculuğu klorinasyon derecesine göre değişiklik gösterir. Saf PCB'ler renksizdir, ancak ticari karışımları açık sarıdan koyuya doğru değişim gösterebilir. Kütlece %16-68 klor içeren PCB'lerin yoğunluğu klor içeriğine bağlı olarak 1,15-1,6 gr/cm^3 arasında değişir ve klor içeriği arttıkça daha akışmaz bir hal alır. Buhar halinde havadan ağır olmalarına rağmen hava ile karıştıklarında patlama tehlikesi oluşturmazlar ve sıcaklık çok düşük olsa bile kristalleşmezler (Akgün 2016). Normal koşullar altında kimyasal olarak stabil olan PCB'ler çok sayıda oksidan ve kimyasallara karşı dirençlidirler. Çok yüksek sıcaklıklarda (170°C sıcaklığa kadar) oksijenin veya bazı aktif metallerin varlığında uzun periyodlar boyunca kimyasal olarak yapılarını değiştirmeden kalabildikleri ve pratikte suda çözünemeyen bir yapı göstermekle beraber hidrokarbonlar, yağlar gibi organik bileşenlerde kolaylıkla çözünebildikleri PCB'lerin bilinen başlıca genel özelliklerindendir (Çelik Çakıroğulları ve Seçer 2011).

2.2. PCB'lerin Kullanım Alanları ve Emisyon Kaynakları

1930'lu yıllardan itibaren PCB bileşikleri dünya geleninde çeşitli endüstriyel alanlarda ve binalarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Yağcı 2018). PCB'lerin kullanımına günümüzde mekanik işlemlerde ısı iletim sıvıları, motor yağları, elektrikli ekipmanlardaki yalıtkan sıvılar, mürekkepler, dış yüzey kaplamaları gibi birçok uygulamada devam edilmektedir **(**Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2009**)**. PCB'ler, sanayide büyük ölçüde elektrik ekipmanı için dielektrik sıvısı talebini gidermeye yönelik olarak transformatör ve kapasitör gibi ekipmanların üretiminde kullanılmışlardır (Erkul 2019, Tue ve ark. 2012). Ayrıca kapasitör ve transformatörlere ek olarak, hidrolik akışkanlarında, mühürlerde üretim aşamasında, yağlayıcı maddelerde, boyalarda, ahşap korumada ve plastikleştiricilerde kullanılmışlardır (Heinzow 2007, Kandemir 2010). Bunlara ek olarak PCB içermesi muhtemel ekipmanlar ve kaynaklar Çizelge 2.3'de gösterilmektedir.

Çizelge 2.3. PCB içerme ihtimali bulunan kaynaklar ve muhtemel ekipmanlar (Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2009)

Kaynak	PCB İçermesi Muhtemel Ekipmanlar
Elektrik altyapı hizmetleri	Transformatörler, büyük ve küçük kondansatörler, şalterler, voltaj düzenleyiciler, sıvı dolgulu kablolar, devre kesici anahtarlar, aydınlatma balastları
Endüstriyel tesisler	Transformatörler, büyük ve küçük kondansatörler, güç faktörü düzeltme birimleri, ısı iletim sıvıları, hidrolik sıvılar, voltaj düzenleyiciler, sıvı dolgulu kablolar, devre kesici anahtarlar, aydınlatma balastları
Belediyeler	Vakumlu pompalar, dalgıç pompalar, küçük kondansatörler, güç faktörü düzeltme birimleri
Hayvan yetiştiriciliği	Büyük ve küçük kondansatörler, güç faktörü düzeltme birimleri, dalgıç pompalar
Demir yolu sistemleri	Transformatörler, büyük kondansatörler, voltaj düzenleyiciler, devre kesici anahtarlar
Yer altı madenciliği	Transformatörler, büyük kondansatörler, güç faktörü düzeltme birimleri, hidrolik sıvılar, voltaj düzenleyiciler, devre kesici anahtarlar
Askeri tesisler	Transformatörler, büyük ve küçük kondansatörler, voltaj düzenleyiciler, devre kesici anahtarlar, aydınlatma balastları, hidrolik sıvılar
Büyük binalar	Küçük kondansatörler, devre kesici anahtarlar, aydınlatma balastları
Araştırma laboratuvarları	Vakumlu pompalar, aydınlatma balastları, küçük kondansatörler, devre kesici anahtarlar
Elektronik ürün imalatı	Vakumlu pompalar, aydınlatma balastları, küçük kondansatörler, devre kesici anahtarlar

Yaşadığımız dönemde PCB'ler, PCB içeren tehlikeli atık sahalarından çevreye salınabilmektedir. PCB atıklarının yasadışı veya kurallara uygun olmayan bir yöntem ile boşaltılması, PCB içeren tüketici ürünlerinin uygun olmayan yerlere örneğin belediye depolama alanlarına atılması ya da belediye ve endüstriyel yakma tesislerinde PCB içeren bazı atıkların yakılmasıyla çevreye salınımları söz konusu olabilmektedir (Bayrak 2019).

2.3. PCB'lerin İnsanlar Üzerindeki Etkileri

PCB'ler doğada yok olmadıklarından dolayı günümüzde insan ve diğer canlıların sağlığı açısından tehdit oluşturmaya devam etmektedirler. İnsanlar ve diğer canlılar PCB'lere hava, bu kirleticiler ile kirletilmiş su ya da yiyeceklerin tüketilmesi yolu ile maruz

kalabilmektedirler. PCB'ler besin zincirinde birikerek tehlikeli boyutlara ulaşabilmektedirler (Kuusisto 2006, Seyran ve Erişir 2008, Çalışkan 2017, Avşar Tandoğan 2019). Yapılan çalışmalar sonucunda PCB'lerin besin yolu ile vücuda alınması kanserojenik, nörotoksik, teratojenik, endokrin bozucu etkilerinin ve davranış bozukluğuna sebep olduğuna ilişkin kanıtlar elde edilmiştir (Schettgen ark. 2011).

PCB'ler insanlar için Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USE-EPA) tarafından Grup B2 olası karsinojen olarak sınıflandırılmıştır. USE-EPA'nın yanı sıra, Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC), Amerikan Ulusal Toksikoloji Programı (NTP) ve Amerikan Hükümeti Endüstriyel Hijyenistler Konferansı (ACGIH) tarafından yapılan değerlendirmeler sonucunda da PCB'lerin insanlarda kanserojen olarak kabul edilmesi için yeterli kanıt olduğu kabul edilmiştir (Güvenç ve Aksoy 2007). EPA tarafından, yüksek klor içeriğine sahip olan dioksin benzeri planar PCB'lerin daha kanserojenik olduğu açıklanmıştır (Şişman 2007).

Ortam havasında soluma yolu ile yetişkinlerde (yaşlılarda) ve gelişme çağında olan çocuklarda kanser riski "2.1", "2.2" ve "2.3"no'lu denklemler kullanılarak hesaplanmaktadır (Sari ve ark. 2020b).

$$CDI = CA \times IF \tag{2.1}$$

CDI : Kronik Günlük Alım Miktarı (pg/kg/gün) Jafarabadi ve ark. 2020)

CA : PCB Kirletici Konsantrasyonu (pg/m^3) (Petrovic ve ark. 2018)

IF : Alım Faktörü (m^3/(kg×gün)) (Ghanavati ve ark. 2019)

$$IF = \frac{IR \times EF \times ED \times ET}{BW \times AT} \tag{2.2}$$

IR : Solunum Oranı (Yetişkinler için 20 m^3/saat, Çocuklar için 10 m^3/saat) (Cetin ve ark. 2018)

EF : Maruz Kalma Sıklığı (Yetişkinler ve Çocuklar için 350 gün/yıl) (Yang ve ark. 2019)

ED : Maruz Kalma Zamanı (Yetişkinler için 24 yıl, Çocuklar için 6 yıl) (Jafarabadi ve ark. 2019)

ET : Maruz Kalma Süresi (Yetişkinler ve Çocuklar için 24 saat/gün) (Sun ve ark. 2019)

BW : Vücut Ağırlığı (Yetişkinler için 61,5 kg ve Çocuklar için 15 kg) (Lin ve ark. 2020)

AT : Ortalama Maruz Kalma Süresi (Yetişkinler ve Çocuklar için 25,500 gün) (Kong ve ark. 2020)

$$Kanser\ Riski = CDI \times CSF \tag{2.3}$$

CSF : Kanser Eğim Faktörü (2 kg×(gün/mg)) (Liu ve ark. 2019)

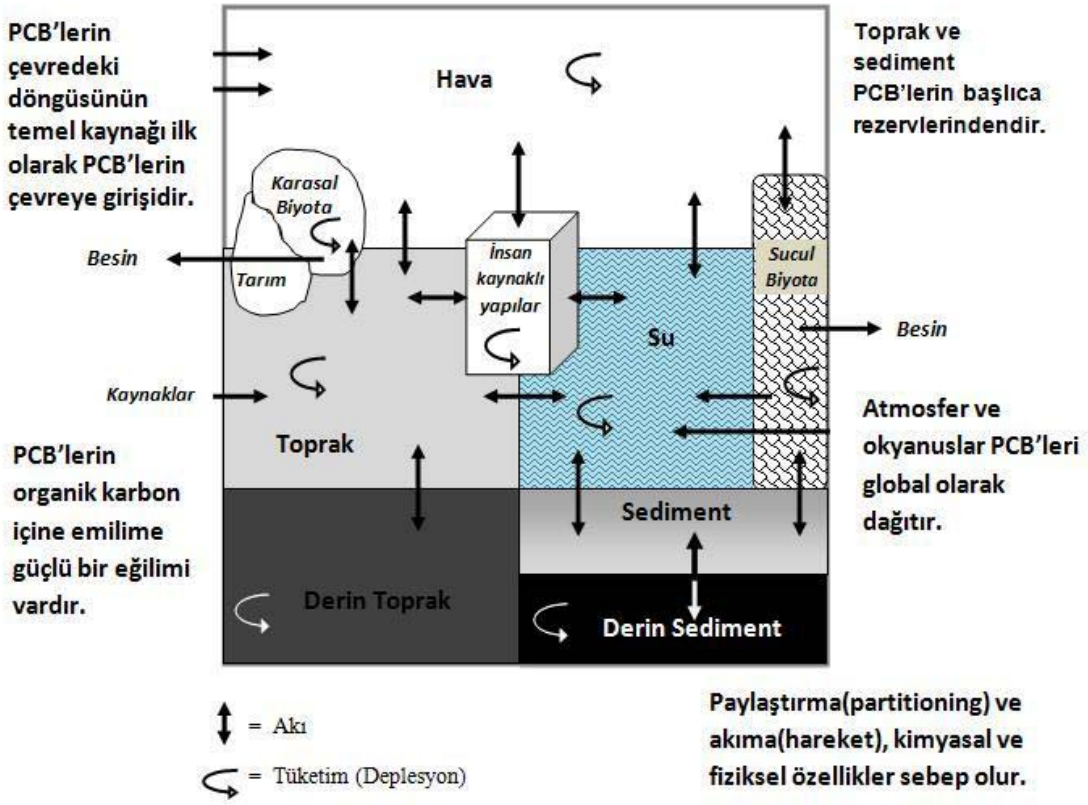
Yaşam boyu kanser riskleri, elde edilen değerlere göre; 10^{-6}'dan küçük olduğunda çok düşük kanser riski; 10^{-6} ila 10^{-4} aralığında olduğunda kabul edilebilir kanser riski; 10^{-4}'den büyük olduğunda ise yüksek kanser riski olduğu anlamına gelmektedir (Man ve ark. 2011).

2.4. PCB'lerin Hava, Su ve Toprak Ortamlarındaki Döngüleri

PCB'lerin çevreye bırakıldıklarında kolay parçalanamadıklarından ve doğada yok olmadıklarından dolayı hava, su ve toprak ortamlarındaki döngüsü uzun yıllar boyunca devam etmektedir. Doğada birçok farklı türde bulunabilen PCB'lerin atmosfer konsantrasyonu meteorolojik faktörlere, gaz/partikül faz dağılımına, rüzgar hızına ve yönüne bağlı olarak zamansal ve mekansal olarak farklılık göstermektedir. PCB'lerin hareketleri, taşınımları ve giderimleri türlerine bağlı olarak farklılık göstermektedir (Paloluoğlu 2016).

PCB'lerin rüzgar etkisi ile taşınarak toprağa çökeldikleri veya yağmur ile birlikte yer yüzeyine indikleri, buradan da yer altı sularına karıştıkları, ardından da ırmağa karışıp okyanuslara ve denizlere ulaştıkları belirtilmektedir. PCB'lerin atmosferden doğrudan denizlere ve okyanuslara taşınımları da söz konusu olabilmektedir (Urbaniak, 2014).

Ayrıca sulara karışan PCB'ler, nehir, göl ve denizlerde sedimentte kolayca birikebilirler ve burada gerçekleşebilecek dip akıntılar ile beraber uzak mesafelere kadar taşınabilirler. Buzul kütlelerinin erimesi ve ekvatora doğru hareket etmesiyle de PCB'lerin yeniden ortamlar arasındaki döngüye katılabildikleri bildirilmiştir (Malanichev ve ark. 2004, Avşar Tandoğan 2019). PCB kirleticilerin çevrede taşınım mekanizması Şekil 2.2'de gösterilmektedir.



Şekil 2.2. PCB kirleticilerin çevrede taşınım mekanizması (Dönmez 2012).

2.5. PCB'ler Hakkındaki Yasal Düzenlemeler

PCB'lerin insanlar, diğer canlılar ve çevre üzerine olan zararlı etkileri anlaşıldıktan sonra üretimi Amerika'da 1976 yılında durdurulmuş, 1988 yılından itibaren ise PCB içeren cihazların insanların olduğu yerlerde bulundurulması yasaklanmıştır. PCB içeren cihazların ülkeye girişi Danimarka'da 1986, Finlandiya'da 1985, İsveç'te 1978, İzlanda'da 1988, Norveç'te ise 1980 yılında tamamen yasaklanmıştır (Erkul 2019).

Avrupa Birliği'nde PCB'ler ile ilgili çeşitli düzenlemeler ve kısıtlamalar getirilmiştir. Avrupa Birliği'nin 29 Nisan 1996 tarihinde yayınlamış olduğu 96/23/EC direktifinde, birlik ülkeleri, aday ülkeler ve birlikle ticaret yapılan diğer ülkelerde gıdalarda kalıntı olarak bulunabilecek maddelerin belirli programlar kapsamında sürekli olarak taranması istenmiştir (Oğulmuş 2012). Ayrıca 22 Mayıs 2001 tarihinde Stockholm'de gerçekleştirilen KOK Sözleşmesi'ne ilişkin Tam Yetkililer Konferansı'nda imzaya açılan sözleşme 17 Mayıs 2004'de Fransa'nın ellinci ülke olarak onaylanmasıyla birlikte yasal olarak yürürlüğe girmiştir. Sözleşme 151 ülke tarafından imzalanmış ve 126 ülke tarafından onaylanmıştır (Yolsal 2011). Türkiye 2001 yılında Stockholm Sözleşmesini imzalamış ve 12 Ocak 2010 tarihinde ise Stockholm Sözleşmesi'ne resmi taraf olmuştur (Avşar Tandoğan 2019).

Ülkemizde hiçbir zaman PCB üretilmemiştir. Ancak PCB içeren ekipmanlar ihraç edildiklerinden dolayı bazı yasal düzenlemeler gerçekleştirilmiştir (Erkul 2019). Türkiye'de PCB'lerin kullanımının sınırlandırılması ile alakalı ilk yasal düzenleme 1993 yılında yürürlüğe giren Tehlikeli Kimyasallar Yönetmeliği ile yapılmıştır. Bu yönetmelik ile birlikte PCB'lerin kullanımı transformatörler, kondansatörler, hidrolik sıvılar gibi özel uygulamalarla sınırlandırılmıştır. (Dönmez 2012). Daha sonra 27.12.2007 tarihinde Poliklorlu Bifenil ve Poliklorlu Terfenillerin Kontrolü Hakkında Yönetmelik 26739 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Son olarak 30.03.2010 tarihinde Poliklorlu Bifenil ve Poliklorlu Terfenillerin Kontrolü Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik 27537 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe girmiştir (Turhan 2010).

2.6. İç ve Dış Ortam Havasında PCB Konsantrasyonlarının Pasif Hava Örnekleyicileri İle Belirlenmesi

Günümüzde atmosfer izleme çalışmaları yaygın olarak kullanılan pasif hava örnekleme yöntemi ile gerçekleştirilmektedir. Bu örnekleme yöntemi kısaca absorbent materyalin üzerinde belirli bir sürenin sonunda kimyasal bileşiklerin birikmesi olayına dayanmaktadır. Pasif hava örnekleyiciler (PHÖ'ler), değişen hava hızının örnekleme üzerindeki etkisini azaltmak için genellikle iki kapaklı paslanmaz çelikten oluşan bir

yapıdan ibarettir (Şekil 2.3, Şekil 2.4). İç ve dış ortam PHÖ'lerin içerisine genellikle poliüretan köpük (PÜK) diskler yerleştirilmekte ve PÜK disklerden geçen hava yardımı ile atmosferik PCB konsantrasyonları belirlenebilmektedir (Çalışkan 2017).



Şekil 2.3. İç ortam pasif hava örnekleyicisi ve poliüretan köpük (PÜK) disk



Şekil 2.4. Dış ortam pasif hava örnekleyicisi

PHÖ'ler için herhangi bir mekanik alet kullanmaya ihtiyaç duyulmamaktadır. PHÖ'ler örneklenecek noktaya (iç veya dış ortam havasına) yerleştirilir sonra pasif öynekleyicinin örnekleme noktasındaki kirleticiler ile denge konumuna ulaşması için belirli bir süre beklenmesi gerekmektedir. Bundan dolayı PHÖ'ler ile anlık kirletici verileri elde edilememektedir. Yalnızca belirli zaman aralığındaki kirletici verilerini elde etmek mümkündür (Sari 2019).

PHÖ'ler, KOK konsantrasyonlarının ölçülmesinde aktif hava örnekleyicilerine alternatif olarak geliştirilmiş ve etkili bir alternatif yöntem olarak kullanılmaya devam edilmektedir (Esen ve ark. 2017, Okeme ve ark. 2016). PHÖ'lerin, maliyetinin ucuz olması, kullanımının kolay olması, güvenilir sonuç vermesi ve aynı zaman periyodunda farklı bölgelerden örnek toplanabilir olması gibi avantajlarından dolayı 2004 yılından itibaren iç ve dış ortam havasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Wang ve ark. 2019, Barro ve ark. 2008, Alçay ve ark. 2015).

2.7. Literatürde PHÖ Kullanılarak PCB'ler Hakkında Yapılan Bazı Çalışmalar

PHÖ kullanılarak PCB'lerin atmosferik dağılımlarının, taşınımlarının, seviyelerinin ve kaynaklarının belirlenmesi amacıyla hem ülkemizde hem de yurt dışında birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Literatürde yapılan bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir;

Ülkemizde gerçekleştirilen çalışmalar

Paloluoğlu (2016) tarafından Erzurum'da toplu yaşam alanlarından seçilmiş 6 noktada (ev, alışveriş merkezi, okul, motorlu araç servisi, halı yıkama servisi, hastane) eş zamanlı olarak iç ve dış ortam havasından PHÖ kullanılarak toplanan hava örneklerinin analizi sonucunda, iç ortam havasında toplam (yaz+kış) gaz faz konsantrasyonu 364,65±30,30 pg/m^3 olarak raporlanmıştır. Dış ortam havasında ise toplam (yaz+kış) gaz faz konsantrasyonu 200,60±10,44 pg/m^3 olarak raporlanmıştır. Bu veriler neticesinde iç ortamdaki PCB konsantrasyonunun dış ortamdakine göre yaklaşık 1,82 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir. PCB'lerin iç/dış gaz fazları oranları (0,89-6,04) literatürde yapılan diğer benzer çalışmalar ile karşılaştırılmış ve diğer çalışmalara göre daha düşük

değerler elde edildiği sonucu raporlanmıştır. Ayrıca her iki örneklemede de (iç ve dış ortam) PCB türlerinin kış örneklemesindeki gaz fazlarının yaz örneklemesindekine göre daha az olduğu tespit edilmiştir.

Cetin ve ark. (2018) tarafından Kocaeli'nde 23 farklı noktanın dış ortam havasından PHÖ kullanılarak toplanan hava örneklerinin analizi sonucunda, $\sum_{41}$PCB türü için ortalama konsantrasyon değeri 4152±6072 pg/m^3 olarak raporlanmıştır. Sıcaklığın artmasıyla muhtemel PCB kaynaklarında meydana gelen buharlaşma artışına bağlı olarak PCB konsantrasyonunun da arttığı tespit edilmiştir. PCB'lerin mekansal dağılımları kentsel/endüstriyel>kentsel>yarı-kentsel>kırsal olarak tespit edilmiştir. Özellikle kentsel/endüstriyel bölgelerde yaz aylarında yüksek PCB konsantrasyonu tespit edilmiştir. Düşük moleküler ağırlıklı türdeşlerin (PCB 28, 18, 31 ve 33) $\sum_{41}$PCB konsantrasyonuna daha fazla katkı sağladığı tespit edilmiştir. Son olarak PCB'lerin kaynaklarının; demir-çelik üretimi, kömür/biyokütle yakma ve endüstriyel emisyonlar olduğu raporlanmıştır.

Sari ve ark. (2020a) tarafından Bursa'da yaz ve sonbahar aylarında 8 farklı evin iç ortam havasından (salon ve mutfak) ve 3 evin de dış ortam havasından PHÖ kullanılarak toplanan hava örneklerinin (toplam 40 ($\sum_{40}$) PCB türü) analizi yapılmıştır. Çalışmada iç ortam havasında yaz aylarında salon ve mutfakta ortalama $\sum_{40}$PCB konsantrasyonu sırasıyla 604±210 pg/m^3 ve 639±2514 pg/m^3 olarak raporlanmıştır. Sonbahar aylarında ise konsantrasyonlar sırasıyla 362±167 pg/m^3 ve 309±93 pg/m^3 olarak raporlanmıştır. Dış ortam havasında ise yaz ve sonbahar aylarında ortalama $\sum_{40}$PCB konsantrasyonu sırasıyla 303±183 pg/m^3 ve 41±23 pg/m^3 olarak raporlanmıştır. İç ortam örneklerinde baskın PCB homologlarının pentaklorobifenil (40%), tetraklorobifenil (23%) ve triklorobifenil (17%) olduğu tespit edilmiştir. Dış ortam örneklerinde ise pentaklorobifenil (37%) ve tetraklorobifenil (22%) tespit edilmiştir. Ayrıca örnekleme noktalarının tamamında soluma yolu ile PCB'lere maruz kalınması durumunun kanser riski oluşturmadığı tespit edilmiştir.

Yurt dışında gerçekleştirilen çalışmalar

Audy ve ark. (2018) tarafından Kanada'nın Toronto kentinde ve Çek Cumhuriyeti'nin Brno kentinde bulunan evlerin (Toronto kentinde 23 evin, Brno kentinde 20 evin) iç ortam havasından PHÖ kullanılarak toplanan hava örneklerinin analizi sonucunda, Toronto kentinde toplanan örneklerde $\sum_7$PCB konsantrasyonu 109-5110 pg/m^3 arasında değişmiş ve ortalama PCB konsantrasyonu 734±162 pg/m^3 olarak raporlanmıştır. Brno kentinde ise $\sum_7$PCB konsantrasyonu 139-4230 pg/m^3 arasında değişmiş ve ortalama PCB konsantrasyonu 661±146 pg/m^3 olarak raporlanmıştır. Elde edilen bu değerler literatürde yapılan dış ortam havasındaki çalışmalar ile karşılaştırılmış ve iç ortam havasındaki PCB konsantrasyonunun dış ortam havasındaki PCB konsantrasyonuna göre 10 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Hogarh ve ark. (2011) tarafından Japonya'da 55 noktanın, Çin'de 20 noktanın, Kore'de 30 noktanın dış ortamlarında PHÖ kullanılarak toplanan hava örneklerinin analizi sonucunda, Japonya, Çin ve Kore için $\sum_{202}$PCB türünün ortalama konsantrasyon değerleri sırasıyla 184±24, 1100±118 ve 156±20 pg/m^3 olarak raporlanmıştır. 2004 yılında bildirilen verilere göre havadaki PCB konsantrasyon değerlerinin Japonya ve Kore'de fazla değişmediği, Çin'de ise arttığı tespit edilmiştir. Japonya, Çin ve Kore'de PCB'lerin güncel kaynak faktörlerinin, çoğunlukla yanma ve buharlaşmayla ilişkili olduğu tespit edilmiştir.

Melymuk ve ark. (2016) tarafından Çek Cumhuriyeti'nde 17-20 evin iç ve dış ortam havasından PHÖ kullanılarak toplanan hava örneklerinin analizi sonucunda, iç ortam havasında yazın $\sum_7$PCB (PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 ve 180) türü için ortalama konsantrasyon değeri 89 pg/m^3 olarak raporlanmıştır. Kışın ise $\sum_7$PCB konsantrasyonu ortalama 61 pg/m^3 olarak raporlanmıştır. Elde edilen bu değerlerin Kanada'da yapılan diğer çalışmalar (Zhang ve ark. 2011, Frederiksen ve ark. 2012, Alliot ve ark. 2014, Bohlin ve ark. 2008, Bohlin ve ark. 2014) sonucunda elde edilen değerlerden 4-10 kat daha düşük seviyede olduğu tespit edilmiştir. Dış ortam havasında ise yazın $\sum_7$PCB konsantrasyonu ortalama 38 pg/m^3 olarak raporlanmıştır. Kışın ise $\sum_7$PCB konsantrasyonu ortalama 17 pg/m^3 olarak raporlanmıştır. Hem iç ortam hem de dış ortam

hava konsantrasyonlarına mevsimsel şartların etki ettiği tespit edilmiştir. Yaz aylarında sıcaklıklar ile birlikte artan buharlaşma nedeniyle yaz konsantrasyonlarının daha yüksek çıktığı tespit edilmiştir.

Rudel ve ark. (2008) tarafından Güneydoğu Massachusetts'de Cape Cod Yarımadasında 2 evden hava örnekleri toplanmıştır. Yapılan çalışmada ilk örnekler 2004 yılı ile 2005 yılı arasında toplanmıştır. İkinci örnekler ise ilk örneklemeden 4-6 yıl sonra toplanmıştır. PHÖ kullanılarak toplanan hava örneklerinin analizi sonucunda, 2 evin yaşam alanlarındaki $\sum_3$PCB konsantrasyonu 8-35 ng/m^3 arasında değişmekte olduğu raporlanmıştır. Elde edilen bu değerlerin EPA'nın belirlemiş olduğu 3,4 ng/m^3 sınır değerinin üzerinde çıktığı tespit edilmiştir.

Li ve ark. (2021) tarafından Çin'de belediye katı atık yakma tesisi çevresinde Mayıs-Ağustos 2012 tarihinde (11 noktadan) ve Aralık 2012-Mayıs 2013 tarihleri arasında (16 noktadan) PHÖ kullanılarak dış ortamdan toplanan hava örneklerinin (27 örnek) analizi sonucunda, $\sum_{18}$PCB konsantrasyon değerinin geometrik ortalaması yazın 81±46 pg/m^3, kışın ise 70±13 pg/m^3 olduğu raporlanmıştır. $\sum_{18}$PCB konsantrasyon değerine en fazla katkı sağlayan tür olarak PCB 28 raporlanmıştır. PCB 28'in ardından PCB 52, 101, 138 baskın türler olarak tespit edilmiştir. Son olarak PCB'lerin konsantrasyonunda, emisyon kaynağından uzaklaştıkça azalma söz konusu olduğu tespit edilmiştir.

Harrad ve ark. (2008) tarafından Kanada'nın Toronto kentinde 10 evin iç ortam havasından PHÖ kullanılarak toplanan hava örneklerinin analizi sonucunda, $\sum_7$PCB konsantrasyonunun 1100-14400 pg/m^3 arasında değişmekte olduğu raporlanmıştır. Ortalama PCB konsantrasyonu ise 6900 pg/m^3 olarak raporlanmıştır. İç ortam havasında en yüksek konsantrasyona sahip PCB bileşikleri PCB 28 ve PCB 52 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen değerler, Hazrati ve ark. (2006) tarafından Birmingham'da yapılan çalışma ($\sum_7$PCB konsantrasyonu 490-9800 pg/m^3, ortalama PCB konsantrasyonunu 2800 pg/m^3) ile karşılaştırılmış ve Toronto kentinde yapılan çalışmada elde edilen değerlerin Birmingham'da elde edilen değerlere göre çok yüksek çıktığı raporlanmıştır.

Pozo ve ark. (2010) tarafından Hindistan'da 9 noktanın dış ortamında PHÖ kullanılarak toplanan hava örneklerinin analizi sonucunda, $\sum_{48}$PCB konsantrasyonu değerlerinin 20-4300 pg/m^3 arasında değişmekte olduğu raporlanmıştır. Ortalama PCB konsantrasyonu değeri ise 562±926 pg/m^3 olarak bildirilmiştir. Hindistan'da tarım bölgelerinde PCB konsantrasyon değerlerinin yüksek çıktığı tespit edilmiştir. Bu durumun sebebinin; tarım bölgelerinin, kentsel/endüstriyel kaynaklara ve açık belediye çöplük sahalarına yakın olmasıyla ilişkili olabileceği raporlanmıştır.

Mari ve ark. (2007) tarafından İspanya'nın Barselona kentinde 4 farklı kentsel/endüstriyel ortamdan PHÖ kullanılarak toplanan hava örneklerinin analizi sonucunda, $\sum_{7}$PCB (PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 ve 180) konsantrasyonu ortalama 170 pg/m^3 olarak raporlanmıştır. Elde edilen bu değerin dünya genelinde kentsel/endüstriyel bölgelerde yapılan diğer çalışmalar sonucunda elde edilen değerler ile benzer seviyede olduğu tespit edilmiştir. Son olarak örnekleme bölgelerinde en fazla bulunan tür olarak PCB 28 raporlanmış ve hekzaklorobifenil ve heptaklorobifenillerin (PCB 138, 153 ve 180) tetraklorobifenillerden (PCB 52 ve 101) daha yüksek miktarda bulunduğu tespit edilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Örnekleme Noktaları

Bu çalışmada örnekleme, Bursa'nın Kestel, Mudanya, Nilüfer, Osmangazi ve Yıldırım ilçelerinde 02.12.2019 ve 02.03.2020 tarihleri arasında toplamda 15 farklı noktada iç ortam ile bu noktalardan 6 tanesinde de dış ortamda gerçekleştirilmiştir. Yıldırım ilçesinde; Yıldırım Belediyesi, Yıldırım Huzurevi, Yıldırım Anadolu Lisesi, Yıldırım Eczane, Yıldırım Tekstil Atölyesi ve 4 farklı ev ortamından örnekler toplanmıştır. Kestel ilçesinde ise Kestel Eğitim Merkezi ve Kestel Sağlık Kuruluşundan örnekler toplanmıştır. Nilüfer ilçesinde; Nilüfer Kırtasiye ve Nilüfer Ev ortamından örnekler toplanmıştır. Osmangazi ilçesinde yalnızca Osmangazi Ev ortamından örnekler toplanmıştır. Son olarak Mudanya ilçesinde Mudanya Otelden örnekler toplanmıştır. Örneklemenin gerçekleştirildiği ortam ve örnekleme bölgelerinin özellikleri Çizelge 3.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.1. Örneklemenin yapıldığı ortam ve örnekleme bölgelerinin tanımlanması

Bölge Adı	**Örneklemenin Yapıldığı Ortam**	**Bölge Tanımı**
Kestel Eğitim Merkezi	İç ortam	Sanayi
Kestel Sağlık Kuruluşu	İç ortam	Sanayi
Mudanya Otel	İç ortam	Kentsel
Nilüfer Ev	İç ve dış ortam	Kentsel-Sanayi
Nilüfer Kırtasiye	İç ortam	Yarı-Kentsel
Osmangazi Ev	İç ve dış ortam	Kentsel
Yıldırım Anadolu Lisesi	İç ortam	Kentsel
Yıldırım Belediyesi	İç ortam	Trafik
Yıldırım Eczane	İç ortam	Kentsel
Yıldırım Ev 1	İç ve dış ortam	Trafik
Yıldırım Ev 2	İç ortam	Kentsel
Yıldırım Ev 3	İç ve dış ortam	Kentsel
Yıldırım Ev 4	İç ve dış ortam	Kentsel
Yıldırım Huzurevi	İç ortam	Kentsel
Yıldırım Tekstil Atölyesi	İç ve dış ortam	Kentsel

Örnekleme noktalarının 2 tanesi Bursa'nın Kestel ilçesinde bulunmaktadır (Şekil 3.1). Kestel ilçesi; Gemlik, Gürsu, Mudanya, Nilüfer, Osmangazi ve Yıldırım ilçeleri ile birlikte Bursa merkezini oluşturmaktadır. Kestel ilçesi Bursa'nın 12 km doğusunda bulunmaktadır. Kestel ilçesinin doğusunda; İnegöl ve Yenişehir, batısında; Osmangazi ve Yıldırım, güneyinde; Keles ve Osmangazi, kuzeyinde Gemlik ve Gürsu ilçeleri bulunmaktadır. Kestel ilçesi 35 mahalleden oluşmakta ve 280 km^2 alana sahiptir. Ankara yolu üzerinden ulaşım gerçekleşmektedir. Kestel Organize Sanayi Bölgesine (KOSAB) yakın olan Kestel Sağlık Kuruluşu ve Kestel Eğitim Merkezi örnekleme noktaları sanayi bölgesi olarak sınıflandırılmıştır.



Şekil 3.1. Kestel Örnekleme Bölgeleri

Örnekleme noktalarının 1 tanesi de Bursa'nın Mudanya ilçesinde bulunmaktadır (Şekil 3.2). Mudanya ilçesinin doğusunda; Gemlik, batısında; Karacabey, güneyinde; Nilüfer ve Osmangazi ilçeleri bulunmaktadır. Mudanya ilçesi, Bursa merkeze 32 km uzaklıkta 346 km^2'lik bir alanda yer almaktadır. Mudanya ilçesi 47 mahalleden oluşmakta, ulaşım, Ankara yolu üzerinden ve İstanbul çevresinden denizyolu/karayolu ile gerçekleşmektedir. Toplu yerleşim alanında bulunan Mudanya Otel örnekleme noktası Kentsel bölge olarak sınıflandırılmıştır.



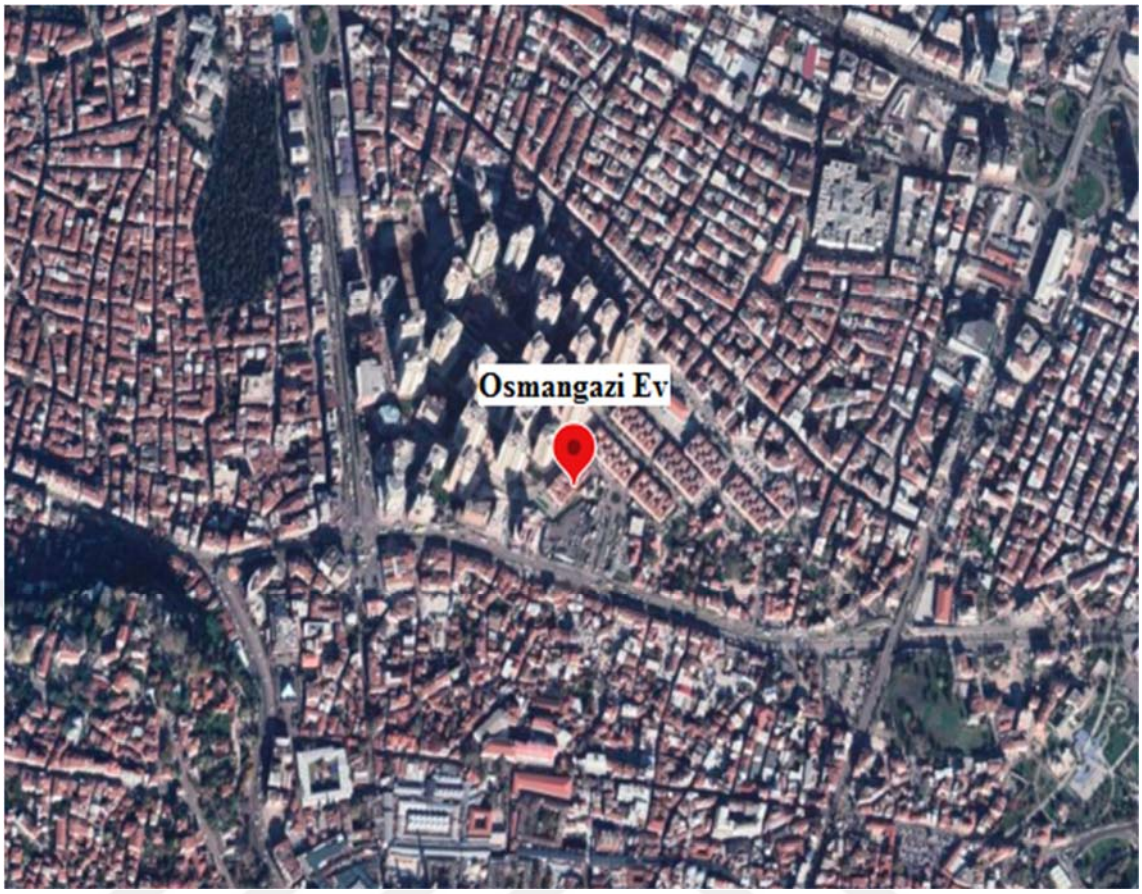
Şekil 3.2. Mudanya Örnekleme Bölgesi

Örnekleme noktalarının 2 tanesi Bursa'nın Nilüfer ilçesinde bulunmaktadır (Şekil 3.3). Bursa'nın kent planlaması açısından en gelişmiş ilçesi Nilüfer'dir. Nilüfer ilçesinin kuzeyinde Mudanya, güneyinde Orhaneli, doğusunda Osmangazi, batısında Karacabey ve Mustafakemalpaşa ilçeleri yer almaktadır. Bursa ilinin 10 km batısında Nilüfer ilçesi yer almaktadır. İzmir yolu üzerinden ulaşım gerçekleşmektedir. Yerleşim yerleri ile iç içe olan ve Nilüfer Organize Sanayi Bölgesine yakın olan Nilüfer Ev örnekleme noktası kentsel-sanayi bölge olarak sınıflandırılmıştır. Uludağ Üniversitesinde bulunan Nilüfer Kırtasiye örnekleme noktası ise kentleşmeden biraz uzak olması nedeniyle yarı-kentsel bölge olarak sınıflandırılmıştır.



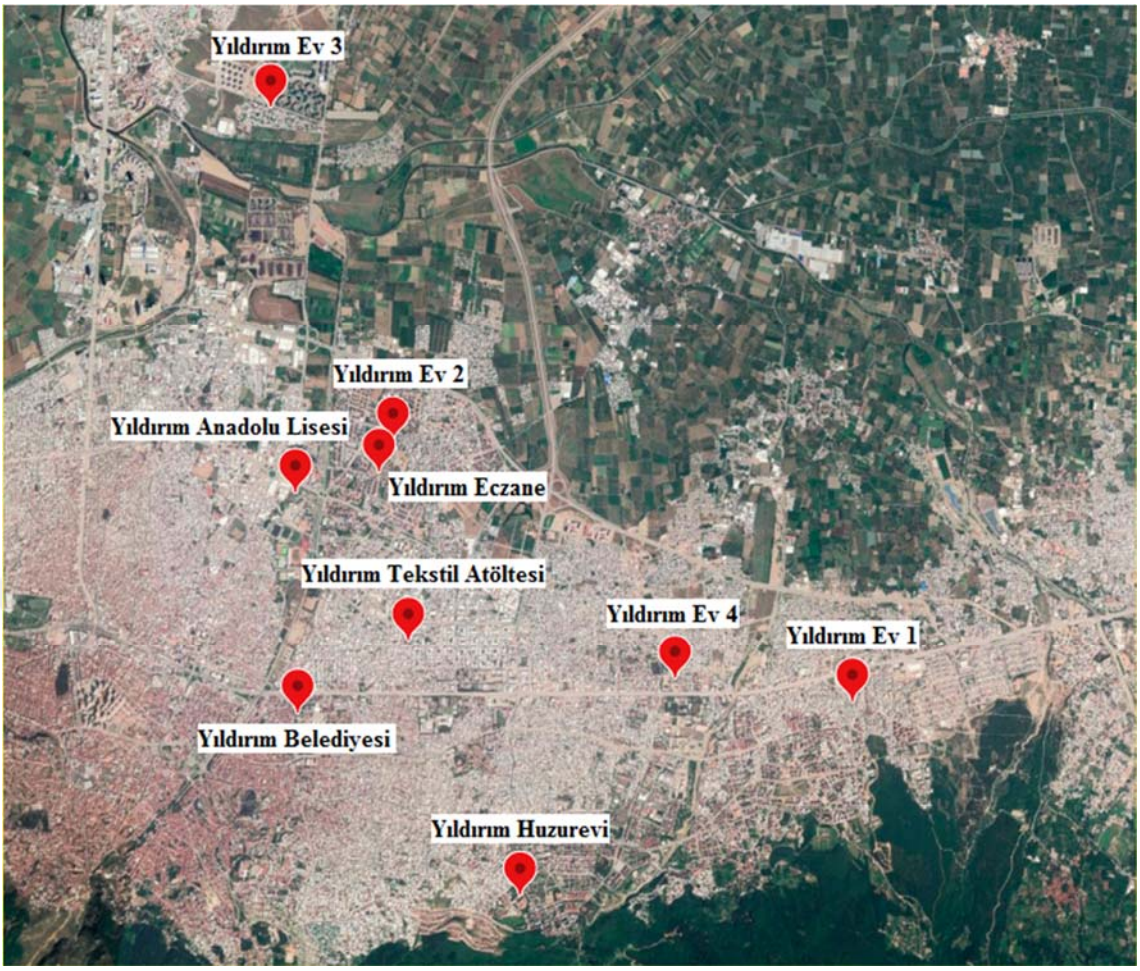
Şekil 3.3. Nilüfer Örnekleme Bölgeleri

Örnekleme noktalarının 1 tanesi Bursa'nın Osmangazi ilçesinde bulunmaktadır (Şekil 3.4). Bursa'nın tüm ilçelerinin kesiştiği konumda olan Osmangazi ilçesi aynı zamanda metropol ilçelerinin de en büyüğü ve en kalabalığıdır. Osmangazi ilçesi batıda; Yeni Mudanya Yolu ve Nilüfer Deresi, doğuda; Gökdere Vadisi, kuzeyde; Bursa Ovası, Katırlı Dağları ve Nilüfer Çayı'nı içine alan ve bu topraklara sınır oluşturan bölgeyi kapsamaktadır. Yaklaşık olarak 1.165 km^2 alana sahip olan Osmangazi ilçesi 136 tane mahalleden oluşmaktadır. Eskişehir, İstanbul ve İzmir yollarının kesiştiği kavşak noktasında Osmangazi ilçesi bulunmaktadır. Osmangazi Ev örnekleme noktası toplu yerleşim alanında bulunması ve yüksek nüfus yoğunluğuna sahip bir konumda olması nedeniyle kentsel bölge olarak sınıflandırılmıştır.



Şekil 3.4. Osmangazi Örnekleme Bölgesi

Örnekleme noktalarının 9 tanesi Bursa'nın Yıldırım ilçesinde bulunmaktadır (Şekil 3.5). Yıldırım ilçesi, Osmangazi ilçesinden sonra Bursa'nın merkezinde en büyük ve en fazla göç alan metropol ilçesidir. Uludağ'ın eteklerinde kurulmuş olan Yıldırım ilçesinin batısında ve kuzeyinde; Osmangazi, doğusunda; Gürsu ve Kestel ilçeleri bulunmaktadır. Yaklaşık olarak 399 km^2 alana sahip olan Yıldırım ilçesi 69 mahalleden oluşmaktadır. Yıldırım ilçesinin ortasından Bursa-Ankara otoyolu geçmekte ve Ankara yolu çevresinden ulaşım gerçekleşmektedir. Yıldırım ilçesinde bulunan Yıldırım Belediyesi ve Yıldırım Ev 1 örnekleme noktaları trafiğin yoğun olduğu konumda olmaları nedeniyle bu örnekleme noktalarının bölge tanımı trafik olarak sınıflandırılmıştır. Anadolu Lisesi, Yıldırım Eczane, Yıldırım Ev 2, Yıldırım Ev 3, Yıldırım Ev 4, Yıldırım Huzurevi ve Yıldırım Tekstil Atölyesi örnekleme noktaları ise yerleşim yerleri ile iç içe olmaları nedeniyle kentsel bölge olarak sınıflandırılmışlardır (Anonim 1, Anonim 2, Anonim 3, Anonim 4).



Şekil 3.5. Yıldırım Örnekleme Bölgeleri

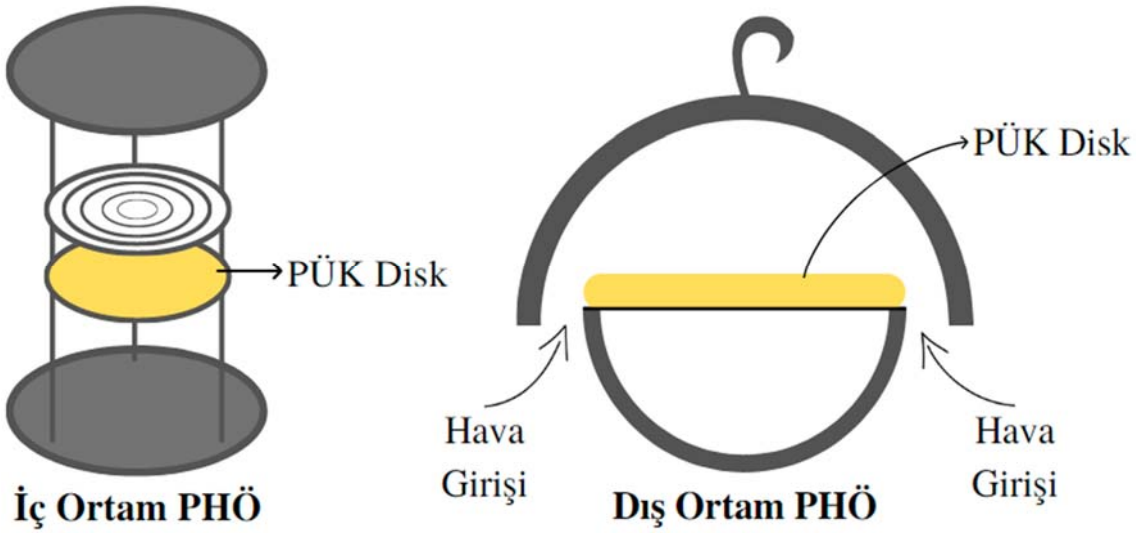
3.2. Örnekleme Programı

Bu çalışmada örnekleme Aralık 2019, Ocak 2020 ve Şubat 2020 aylarında gerçekleştirilmiştir. Örnekleme noktalarına pasif hava örnekleyici (PHÖ) yerleştirilerek hava örnekleri ayda bir defa (15 farklı noktanın iç ortam havasından ve bu 15 farklı noktanın 6 tanesinin dış ortam havasından olmak üzere ayda toplam 21 örnek) olacak şekilde 3 aylık örnekleme periyodu boyunca toplanmıştır. Örnekleme periyodu süresince iç ve dış ortam PHÖ'lerinin örnekleme süresi 30 gün (1 ay) olacak şekilde planlanmış ve örnekler eş zamanlı olarak toplanmıştır.

3.3. Örnekleme Yöntemi

İç ve dış ortam örneklemesinde kullanılan PHÖ ve PÜK diskler

Bu çalışmada iç ve dış ortam PHÖ'lerin içerisine örnekleme materyali olarak PÜK disk yerleştirilerek hava örnekleri toplanmıştır (Şekil 3.6). İç ortam PHÖ'leri yerden 1,5-2 m yukarıya vitrin, dolap gibi eşyaların üzerine konumlandırılmıştır. Dış ortam PHÖ'leri ise yerden 2-3 m yukarıya balkon, pencere korkuluğu gibi yerlere güvenli şekilde konumlandırılmıştır. İç ve dış ortam PHÖ'lerinde kullanılan PÜK diskler 4,40 g ağırlık, 207 cm^3 hacim, 365 cm^2 yüzey alanı, 14 cm çap, 1,35 cm kalınlık ve 0,0213 g/cm^3 yoğunluğa sahiptirler (Persoon ve ark. 2008).



Şekil 3.6. İç ve dış ortam PHÖ ve PÜK diskin şematik gösterimi

3.4. Deneysel Çalışmada Kullanılan Malzemeler ve Kimyasallar

Cam Malzemeler

Çalışma kapsamında kullanılacak olan tüm cam malzemeler kullanılmaya başlanmadan önce özel deterjanlı su ile yıkanmış ve musluk suyu ile durulanmıştır. Sonra sırasıyla saf su, aseton (ACE) ve petrol eteri (PE) ile çalkalandıktan sonra 105 ºC sıcaklıkta etüvde 1 gece bekletilmiştir. Daha sonra yıkanan tüm cam malzemeler herhangi bir kirliliğe maruz

kalmaması için alüminyum folyo ile sıkıca sarılmış ve kullanılıncaya kadar laboratuvarda saklanmıştır (Esen 2006, Paloluoğlu 2016).

PHÖ'de kullanılan PÜK disklerin örnekleme için hazırlanması

İç ve dış ortam PHÖ'lerinde kullanılan PÜK diskler saf suda 24 saat bekletildikten sonra sokslet içerisine yerleştirilmiş ve sırasıyla 1. gün ACE, 2. gün ACE, 3. gün ACE/Hekzan (HEX) (1/1) çözücüleri ile ekstrakte edilerek temizlenmiştir. Temizleme işleminin tamamlanmasının ardından alüminyum folyo ile sarılan PÜK diskler 24 saat boyunca etüvde 25-30 ºC'de kurutulmuştur. Kurutma işlemi tamamlandıktan sonra PÜK diskler tekrar alüminyum folyo ile sarılarak kilitli buzdolabı poşetlerinin içerisine yerleştirilmiştir. PÜK diskler -20 ºC'de derin dondurucuda örnekleme noktalarına götürülecek güne kadar saklanmıştır (Sari 2019).

Silikanın şartlandırılması

Kimyasal formülü $[SiO_x (OH)_{4-2x}]_n$ olan silisik asit (silika) behere alınmış ve alüminyum folyo ile ağzı sarıldıktan sonra birkaç saat etüvde 105 ºC'de bekletilmiştir. Etüvden çıkarıldıktan sonra oda sıcaklığına gelinceye kadar desikatörde muhafaza edilmiş ve böylece silikanın aktivasyon işlemi tamamlanmıştır (Kandemir 2010). Deaktivasyon işlemi için 3 gram silikaya 100 µL saf su ilave edilerek (%3 su-silisik asit) hızla çalkalanmıştır. Fraksiyon kolunu için hazır hale getirilen silika kullanılmaya başlanmadan 1 saat önce oda sıcaklığında bekletilmiştir.

Alüminanın şartlandırılması

Kimyasal formülü Al_2O_3 olan alüminyum oksit (alümina) benzer şekilde behere alınmış ve alüminyum folyo ile ağzı sarıldıktan sonra 24 saat 450 ºC'de kül fırınında bekletilmiştir. Kül fırınından çıkarıldıktan sonra oda sıcaklığına gelinceye kadar desikatörde muhafaza edilmiş ve böylece alüminanın aktivasyon işlemi tamamlanmıştır (Birgül 2013). Deaktivasyon işlemi için 2 gram alüminaya 120 µL saf su ilave edilerek (%6 su-alümina) hızla çalkalanmıştır. Fraksiyon kolunu için hazır hale getirilen alümina kullanılmaya başlanmadan önce 1 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir.

Sodyum sülfatın şartlandırılması

Sodyum sülfat (Na_2SO_4) benzer şekilde behere alınmış ve alüminyum folyo ile ağzı sarıldıktan sonra 24 saat 450 ºC'de kül fırınında bekletilmiştir. Kül fırınından çıkarıldıktan sonra oda sıcaklığına gelinceye kadar desikatörde muhafaza edilmiş ve kullanılana kadar amber renkli şişeye alınarak muhafaza edilmiştir (Kayıkçı 2017).

3.5. Örneklerin Analiz İşlemleri

Çalışma kapsamında yapılan deneysel çalışmanın akış şeması Şekil 3.7'de gösterilmektedir.



Şekil 3.7. Deneysel çalışmanın akış şeması

Örneklerinin ekstraksiyonu

PÜK diskler kullanılarak toplanan hava örnekleri sokslet ekstraksiyon yöntemi ile ekstrakte edilmiştir (Şekil 3.8). Örnekleme noktalarından toplanarak laboratuvara getirilen PÜK diskler sokslet ekstraktörüne yerleştirilmiştir. Sonra üzerine 250 mL ACE/HEX (1/1) karışımı eklenmiştir. Ekstraksiyon işlemine 24 saat boyunca devam edilmiştir. Yapılan deneyin analitik verimini belirleyebilmek amacıyla ekstraksiyondan önce tüm örneklere 1 mL PCB surrogate standardı eklenmiştir. PCB surrogate standardı her biri 4 ng/mL konsantrasyonda olan; PCB#14, PCB#65 ve PCB#166 bileşiklerini içermektedir (Sari ve ark 2020a).



Şekil 3.8. Sokslet düzeneği

Örneklerin yoğunlaştırılması (konsantre hale getirilmesi)

Ekstraksiyon işleminden sonra bütün örnekler döner buharlaştırıcı (Laborota 4001 Efficient Model, Heidolph, Germany) kullanılarak konsantre hale getirilmiştir (Şekil 3.9). Döner buharlaştırıcı 22-23 ºC'de ve 30 devir/dk'da çalıştırılmıştır. Örneklerin hacimleri

döner buharlaştırıcı vasıtası ile yaklaşık 5 mL'ye kadar azaltılmıştır. Sonra ise kalan hacmin üzerine 10 mL HEX eklenerek bu defa örneklerin hacimleri yaklaşık 2 mL'ye kadar azaltılmış ve böylece örneklerin hekzana dönüştürülmesi sağlanmıştır. Bu işlemlerden sonra örnekler şişelerine geri alınmış ve sonraki aşamaya kadar -20 ºC derin dondurucuda saklanmıştır (Taşdemir ve Esen 2007, Esen ve ark. 2017).



Şekil 3.9. Döner buharlaştırıcı

Temizleme ve fraksiyonlarına ayırma işlemleri

Ucu cam yünü ile kapatılan ve 3 g silika, 2 g alümina, yaklaşık 2 g sodyum sülfat (Na_2SO_4) içeren fraksiyon kolonuna ilk olarak 20 mL Diklorometan (DCM) ve ardından 20 mL PE dökülmüştür (Şekil 3.10). Bu sayede ortamdaki olası kirliliğe karşı kolonun temizlenmesi sağlanmıştır. Ardından hekzana dönüştürülen ve 2 mL hacmine düşürülen örnekler kolona dökülmüş ve altına PCB fraksiyonunu toplayacak 50 mL hacmindeki şişe konulmuştur. Kolona dökülen örnek süzüldükten sonra üzerine 25 mL PE eklenmiş ve aynı şişede toplanmıştır. Şişedeki yaklaşık 27 mL'lik PCB fraksiyonunun hacmi döner buharlaştırıcı vasıtası ile 5 mL'ye düşürülmüş ve üzerine 15 mL HEX eklendikten sonra

tekrar hacmi yaklaşık 2 mL'ye düşürülmüştür (Cindoruk ve Tasdemir, 2008, Birgül 2013, Cetin 2016).



Şekil 3.10. Fraksiyon kolonu

Daha sonra içerisindeki organik kirleticilerin uzaklaştırılması için yaklaşık 2 mL hacminde olan örnek sülfürik asitle yıkanmıştır. Örnek içerisine 1 mL sülfürik asit eklenmiş ve çalkalandıktan sonra 2 dakika boyunca 3000 devir/dk hızla (Hermle Z 306) santrifüjlenmiştir. Santrifüj işlemi tamamlandıktan sonra santrifüj tüpünün üstünde kalan temiz kısım pastör pipet kullanılarak viale alınmıştır. Asit içerisinde kalabilecek PCB kalıntılarını da alabilmek için 0,5 mL HEX santrifüj tüpüne ilave edip tekrar çalkalanmıştır. Temiz kısım pastör pipet yardımı ile alınarak tekrar aynı viale ilave edilmiştir. Vial içerisindeki örneğin hacmi döner buharlaştırıcı yardımı ile yaklaşık 1 mL'ye düşürülmüştür. Yaklaşık 1 mL hacme düşürülen örnek viale alınıp etiketlenmiş ve gaz kromatografta (GC) analiz edilinceye kadar -20 ºC derin dondurucuda saklanmıştır (Çalışkan 2017, Sari 2019, Verim 2019).

Gaz kromatograf-elektron yakalama dedektörü analizi

Gaz kromatograf analizleri GC-μECD ile gerçekleştirilmiş ve Agilent 7890A model mikro-elektron yakalama dedektörü kullanılarak PCB'lerin kütle değerleri belirlenmiştir. GC-μECD'de kapiler kolon (HP 5, 30 m × 320 μm × 0,25 μm) kullanılmıştır. PCB ayırma metodu GC-μECD'de şu şekilde uygulanmaktadır: Başlangıç fırın sıcaklığı 70 ºC'de olup bu sıcaklıkta 2 dakika beklenmelidir. Ardından 25 ºC/dk olmak üzere 150 ºC'ye kadar yükseliş, sonra 3 ºC/dk olmak üzere 200 ºC'ye kadar yükseliş, daha sonra 8 ºC/dk olmak üzere 280 ºC'ye kadar yükseliş ve bu sıcaklıkta 8 dakika beklenmelidir. Son olarak 10 ºC/dk yükseliş olmak üzere 300 ºC'ye kadar yükseliş ve bu sıcaklıkta 2 dakika beklemelidir. Dedektör sıcaklığı 320 ºC ve enjektör giriş sıcaklığı ise 250 ºC'dir. Helyum gazı 1,9 mL/dk akış hızı ile taşıyıcı gaz olarak kullanılmıştır. Yüksek saflıkta azot gazı da make-up gazı olarak kullanılmıştır (Taşdemir ve ark. 2012, Sakin 2015, Sari 2019, Sari ve ark. 2019).

3.6. Kalite Kontrol ve Kalite Güvenilirliği

PÜK diskte oluşabilecek kirliliğin önüne geçilmesi amacıyla iç ve dış ortam PHÖ'lerin içerisine PÜK disk el değmeden alüminyum folyo ile tutularak yerleştirilirmiştir. Toplanan PÜK diskler alüminyum folyoya sarılarak hava ile teması tamamen engellenecek şekilde kilitli buzdolabı poşetlerinde laboratuvara taşınmıştır. Örnekler ekstraksiyon işlemine kadar -20 ºC derin dondurucuda saklanmıştır.

Toplanan örneklerin eksraksiyon işlemlerine başlanmadan önce olası bir kirliliğin bulaşmaması amacıyla daha önce temizlenmiş tüm cam balonlar, cam boncuklar, mezürler, pensler ve sokslet ekstraktörleri DCM ile çalkalanmıştır. Sokslet ekstraksiyon işlemine başlanmadan önce analitik verimi belirlemek amacıyla surrogate standardı eklenmiş ve yeterli hacimde ACE/HEX (1/1) çözgen eklendikten sonra ekstraksiyon işlemi başlanmıştır. Ekstraksiyon işlemi bittikten sonra örnekler teflon kapaklı amber renkli şişelere alınmış ve sonraki işleme kadar -20 ºC derin dondurucuda saklanmıştır.

Örneklemede kullanılacak olan malzemelerin temizleme işlemleri tamamlandıktan sonra örneklerin toplanması, laboratuvara getirilmesi, buzdolabında saklanması ve analizine kadar geçen sürede gerçekleşebilecek olası kirlenmeleri belirleyebilmek amacıyla şahit örnekler alınmıştır. Elde edilen şahit değerleri, örneklerde elde edilen değerlerden çıkartılarak şahit düzenlemesi yapılmıştır.

3.7. Analitik Standartlar

Bu çalışmada 39 PCB türünün (PCB#4, PCB#8, PCB#16/18, PCB#41, PCB#26, PCB#33, PCB#45/48/53, PCB#64, PCB#56/71, PCB#66, PCB#77, PCB#84, PCB#91, PCB#97, PCB#95, PCB#100/87, PCB#110/101, PCB#114, PCB#105/131, PCB#119/153, PCB#135, PCB#172, PCB#180, PCB#200, PCB#205, PCB#170, PCB#174, PCB#194, PCB#202, PCB#207, PCB#206) okunması hedeflenmiştir. GC-μECD analizinde kalibrasyon işlemi HEX içerisindeki standart çözelti ile 6 farklı konsantrasyon (1,0; 2,5; 5,0; 10,0; 25,0 ve 40,0 ng/mL) değerinde gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyon seviyelerinin hepsi için r^2 değerleri >0,99 olarak hesaplanmıştır. Örneklerin analizi süresince meydana gelebilecek kayıpları hesaba katabilmek amacıyla surrogate verim standardı kullanılmıştır. PCB#14, PCB#65 ve PCB#166 HEX içerisinde 4'er ng/mL olacak şekilde ilave edilmiştir. İç ortam örnekleme bölgelerine ait analitik verimlerin ortalama yüzde değerleri PCB#14; PCB#65; PCB#166 için sırasıyla 60±7; 70±8; 72±6 olarak hesaplanmıştır. Dış ortam örnekleme bölgelerine ait analitik verimlerin ortalama yüzde değerleri ise PCB#14; PCB#65; PCB#166 için sırasıyla 57±7; 68±8; 69±12 olarak hesaplanmıştır. Belirleme sınır değeri (Limit Of Detection, LOD); elde edilen şahit verilerinin ortalamasına standart sapmasının 3 katının eklenmesi ile hesaplanmıştır (LOD=Ortalama + 3.Standart Sapma) (Esen 2013, Karaca 2013, Sari 2019, Sari ve ark. 2020b). Bu değerlerin 0 ila 3,26 ng arasında değiştiği belirlenmiştir. Bütün örneklerde her PCB türüne ait kütle değerleri belirlenmiş ve daha sonra bu değerler LOD değerleri ile kıyaslanmıştır. Hesaplama işlemleri sırasında, PCB miktarı LOD değerinden küçük olan değerler ihmal edilmiştir.

3.8. İç ve Dış Ortam PHÖ Değerlendirme Yöntemi

İç ve dış ortam PHÖ ile toplanan hava örneklerinin konsantrasyon değerleri 3.1 no'lu denkleme göre hesaplanmıştır:

$$C = \frac{m}{R \times t} \tag{3.1}$$

C : İç ve dış ortam için hesaplanan PCB konsantrasyonu (pg/m^3)
m : GC-µECD analizi sonucunda elde edilen PCB türlerine ait kütle miktarı (pg)
R : İç ve dış ortam PHÖ'den örnekleme süresince geçen hava hacmi (m^3/gün)
t : Örnekleme süresi (gün) (Wang ve ark. 2019).

Bu tez çalışması kapsamında örnekleme periyodu boyunca dış ortam havası için R değerleri Herkert ve ark. (2018) tarafından geliştirilen model ile hesaplanmıştır (http://s-iihr41.iihr.uiowa.edu/pufpas_model/). Elde edilen bu değerler Ek 1'de verilmiştir. İç ortam havası için R değerleri 2,5 m^3/gün olarak literatürden alınmıştır (Bohlin ve ark. 2008).

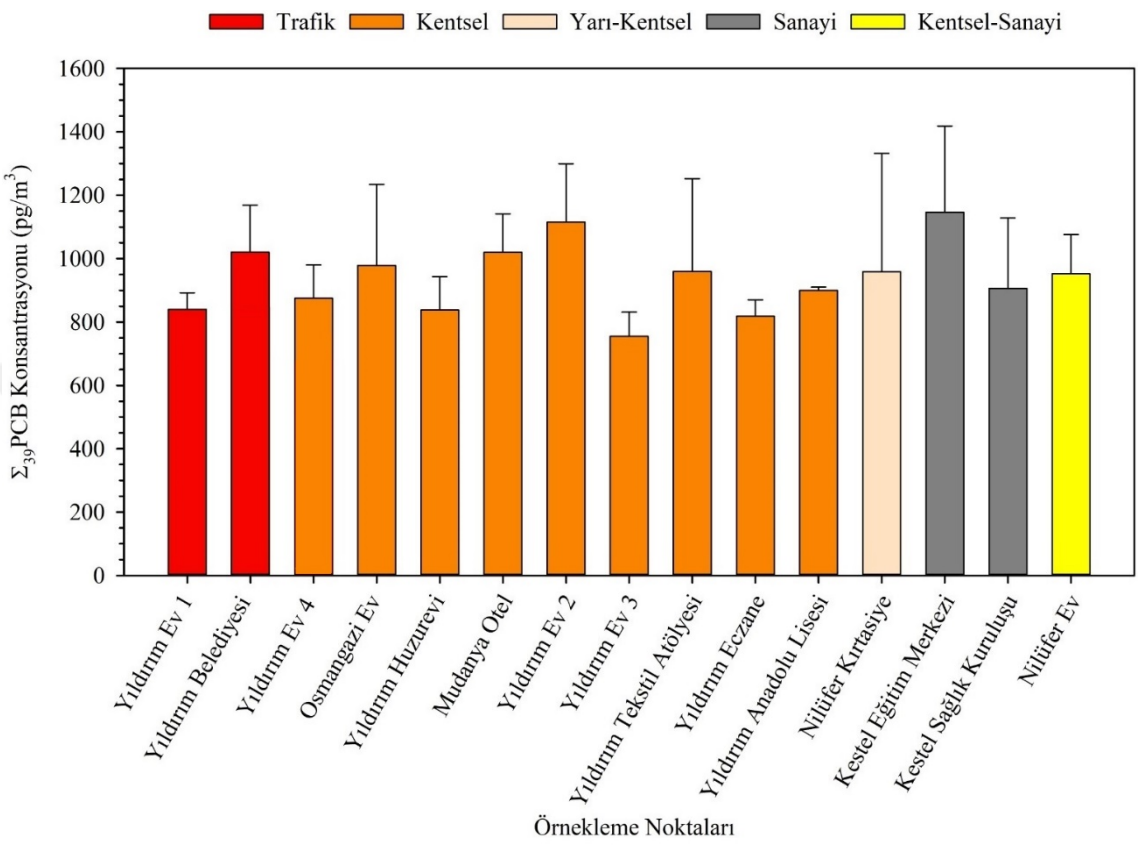
4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Atmosferik PCB örnekleri Aralık 2019, Ocak 2020, Şubat 2020 örnekleme periyotlarında Bursa'da 15 farklı noktanın iç ortam havasında ve bu noktaların 6 tanesinin de dış ortam havasından PHÖ'ler ile eş zamanlı olarak alınmıştır. Örnekleme periyodu 30 gün seçilmiştir. Örnekleme periyodu boyunca dış ortam havası için örnekleme oranları (R değerleri) Herkert ve ark. (2018) tarafından geliştirilen model yardımıyla hesaplanmıştır. İç ortam havası için R değerleri ise 2,5 m^3/gün olarak kabul edilmiştir (Bohlin ve ark. 2008). Pearson korelasyon katsayısı (PCC) istatistiksel yaklaşım metodu kullanılarak iç ve dış ortam örnekleme noktalarındaki konsantrasyon dağılımlarında benzerlik ve farklılık olup olmadığı belirlenmiştir. İç ve dış ortamdaki muhtemel PCB kaynaklarının belirlenmesinde hem homolog grup hem de iç/dış ortam PCB oranlarından yararlanılmıştır. Son olarak PCB'lerin solunumu sonucunda gelişme çağında olan çocuklarda ve yetişkinlerde meydana gelebilecek kanser riski US-EPA tarafından geliştirilen model yardımıyla hesaplanmış ve değerlendirilmiştir.

4.1. İç ortam havasında ölçülen PCB konsantrasyonları

Çalışma kapsamında Kestel Eğitim Merkezi, Kestel Sağlık Kuruluşu, Mudanya Otel, Nilüfer Ev, Nilüfer Kırtasiye, Osmangazi Ev, Yıldırım Anadolu Lisesi, Yıldırım Belediyesi, Yıldırım Eczane, Yıldırım Ev 1, Yıldırım Ev 2, Yıldırım Ev 3, Yıldırım Ev 4, Yıldırım Huzurevi ve Yıldırım Tekstil Atölyesi örnekleme noktalarının iç ortam havasından örnekleme yapılmıştır. Örnekleme periyodu boyunca elde edilen veriler doğrultusunda ortalama $\sum_{39}$ PCB konsantrasyon değerleri sırasıyla 1146,52±271,72; 906,17±222,08; 1019,83±121,42; 952,18±123,53; 958,66±372,84; 978,42±255,94; 899,23±11,07; 1022,68±148,12; 817,99±52,23; 840,17±52,84; 1115,35±184,08; 754,62±77,00; 854,49±165,13; 837,33±106,02; 959,62±293,03 pg/m^3 olarak hesaplanmıştır. Tüm örnekleme noktalarında her bir PCB konjeneri 0,12 pg/m^3 (PCB#174) ile 102,05 pg/m^3 (PCB#26) aralığında değişim göstermektedir. PCB konjenerlerinden bazıları LOD değerlerinden küçük çıkmalarından dolayı ihmal edilmiş ve hesaplamaya dahil edilmemiştir. İç ortam havasında elde edilen PCB konsantrasyon değerlerinin literatürde daha önce yapılmış bazı çalışmalarla benzerlik gösterdiği tespit

edilmiştir (Audy ve ark. 2018, Sari ve ark. 2020a). Kentsel, Yarı-Kentsel, Sanayi, Kentsel-Sanayi ve Trafik bölgelerinde bulunan örnekleme noktalarının, ortalama ∑39PCB konsantrasyon (pg/m^3) değerleri Şekil 4.1'de gösterilmektedir.



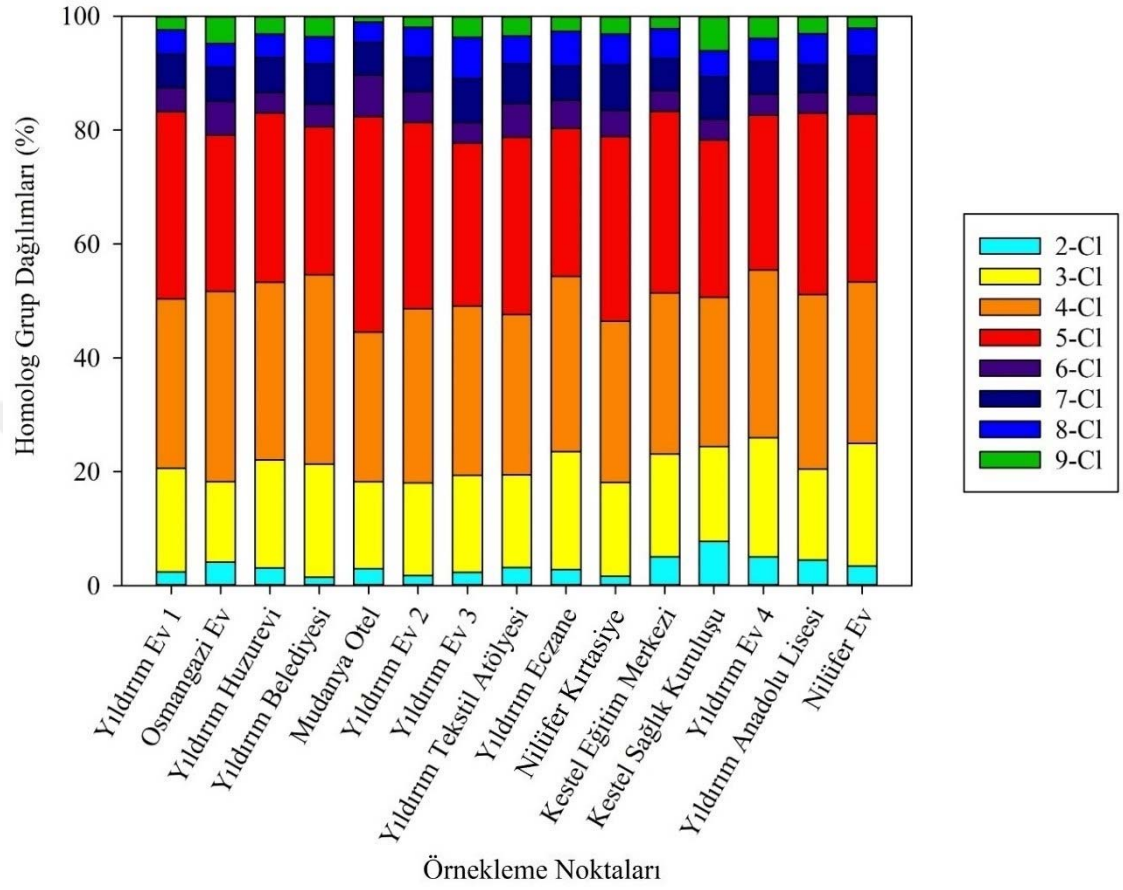
Şekil 4.1. İç ortam örnekleme noktalarında elde edilen ortalama ∑39PCB konsantrasyon değerleri (pg/m^3)

İç ortam havasında örnekleme noktaları tek tek değerlendirilmiştir. Sanayi bölgesinde bulunan Kestel Eğitim Merkezi örnekleme noktasından elde edilen ortalama ∑39PCB konsantrasyon değeri; diğer örnekleme noktalarından elde edilen ortalama ∑39PCB konsantrasyon değerlerinden daha yüksek seviyede ölçülmüştür. Kestel Eğitim Merkezi örnekleme noktasının sanayiye yakın olması nedeniyle yüksek konsantrasyon değerinin çıktığı düşünülmüştür (Cetin ve ark. 2018). Kestel Eğitim Merkezi örnekleme noktasından sonra en yüksek PCB konsantrasyon değeri Yıldırım Ev 2 örnekleme noktasında gözlenmiştir. Bu durumun sebebi olarak Kentsel bölgede bulunan Yıldırım Ev 2 örnekleme noktasının yakınlarında küçük çaplı tekstil ve elektrik-elektronik atölyelerinin bulunmasının sonucunda PCB konsantrasyon değerinin yüksek çıkabileceği

düşünülmüştür (Akinrinade ve ark. 2020, Iwegbue ve ark. 2019). Yıldırım Ev 2 örnekleme noktasından sonra ise en yüksek PCB konsantrasyon değerleri Yıldırım Belediyesi ve Mudanya Otel örnekleme noktalarında gözlenmiştir. Bunun sebebinin Yıldırım Belediyesi örnekleme noktasının bilgi işlem biriminde, Mudanya Otel örnekleme noktasının ise bilgisayarların bulunduğu sunucu odasında örneklemenin gerçekleştirilmesi ile alakalı olduğu düşünülmüştür. Bilgisayar gibi elektronik cihazlar PCB salınımına sebep olmaktadır (Cui ve ark. 2017, Wang ve ark. 2016). Bu sebepten dolayı PCB konsantrasyon değerlerinin Yıldırım Belediyesi ve Mudanya Otel örnekleme noktalarında daha yüksek çıktığı düşünülmüştür. Yıldırım Belediyesi ve Mudanya Otel örnekleme noktalarından sonra Kestel Sağlık Kuruluşu, Nilüfer Ev, Nilüfer Kırtasiye, Osmangazi Ev, Yıldırım Anadolu Lisesi, Yıldırım Eczane, Yıldırım Ev 1, Yıldırım Ev 3, Yıldırım Ev 4, Yıldırım Huzurevi, Yıldırım Tekstil Atölyesi örnekleme noktalarında elde edilen PCB konsantrasyon değerlerinin birbirlerine yakın olduğu gözlenmiştir. Bu durum ise Yarı-Kentsel bölgede bulunan Nilüfer Kırtasiye örnekleme noktasının ve Kentsel bölgede bulunan Yıldırım Anadolu Lisesi, Yıldırım Eczane, Yıldırım Ev 3, Yıldırım Ev 4, Yıldırım Huzurevi, Yıldırım Tekstil Atölyesi örnekleme noktalarının sanayi ve trafikten uzak olması ile alakalı olduğu düşünülmüştür. Ayrıca Trafik bölgesinde bulunan Yıldırım Ev 1 örnekleme noktasında, Sanayi bölgesinde bulunan Kestel Sağlık Kuruluşu örnekleme noktasında ve Kentsel-Sanayi bölgede bulunan Nilüfer Ev örnekleme noktasında benzer konsantrasyon değerleri ölçülmüştür. Bunun sonucunda üç farklı PCB kaynağınında benzer etkiyi gösterdiği düşünülmüştür.

İç ortam örnekleme noktalarında bölgelere göre en baskın türler: Sanayi (Kentsel Eğitim Merkezi, Kentsel Sağlık Kuruluşu) bölgesinde PCB#45/48/53, Kentsel-Sanayi (Nilüfer Ev) bölgede PCB#33, Kentsel (Yıldırım Ev 4, Osmangazi Ev, Yıldırım Huzurevi, Mudanya Otel, Yıldırım Ev 2, Yıldırım Ev 3, Yıldırım Tekstil Atölyesi, Yıldırım Eczane, Yıldırım Anadolu Lisesi) bölgede PCB#45/48/53, Yarı-Kentsel (Nilüfer Kırtasiye) bölgede PCB#16/18, Trafik (Yıldırım Ev 1, Yıldırım Belediyesi) bölgesinde PCB#41 baskın tür olarak tespit edilmiştir. Dış ortam örnekleme noktalarında gözlenen PCB türlerinin tamamı iç ortam örnekleme noktalarında da tespit edilmiştir. En baskın PCB homolog gruplarının ise tetraklorobifenil (%30), pentaklorobifenil (%29) ve triklorobifenil (18%) olduğu belirlenmiştir. İç ortam örnekleme noktalarında elde edilen

PCB konsantrasyon değerlerinin homolog dağılım yüzdeleri Şekil 4.2'de gösterilmektedir.

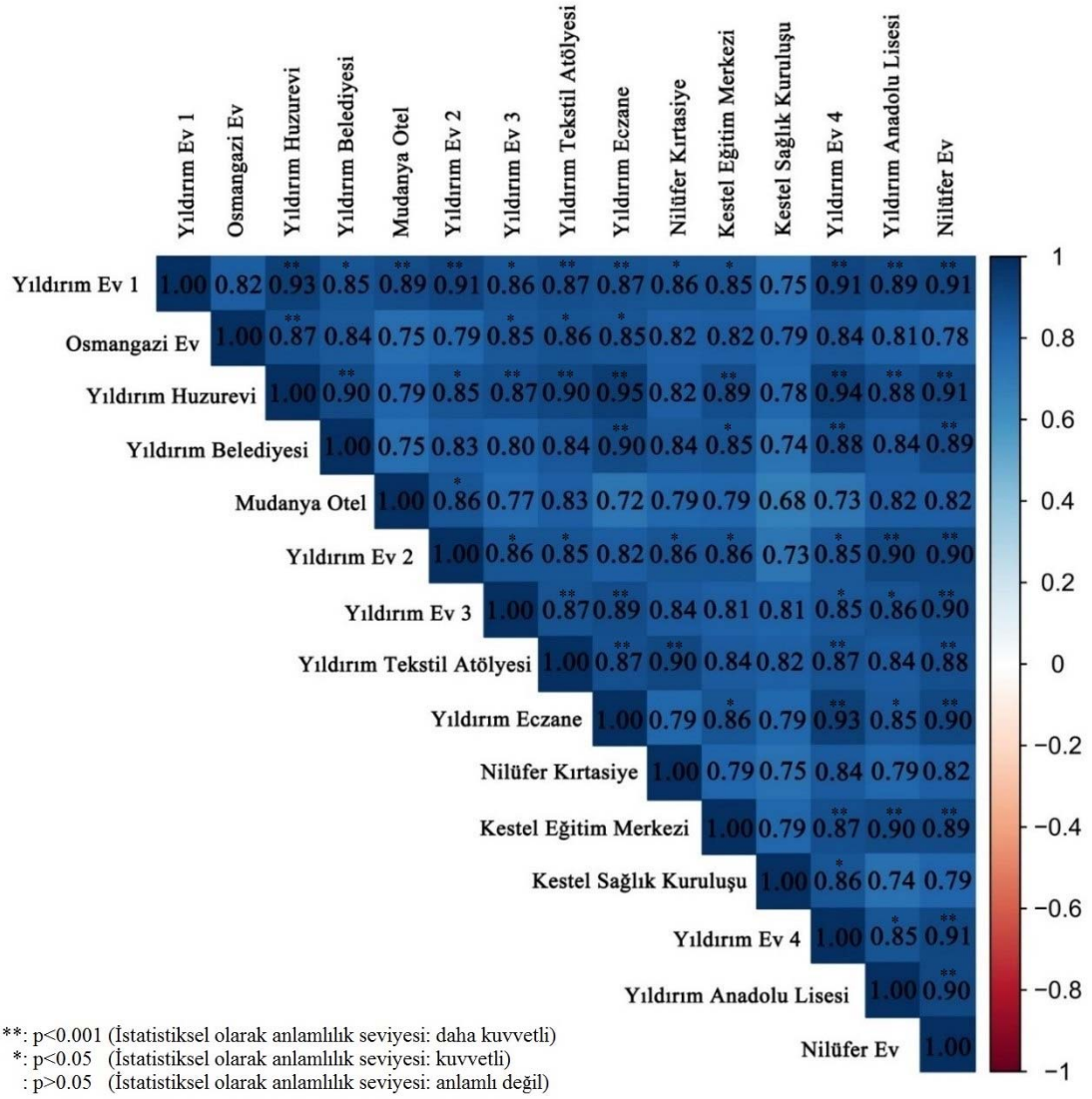


Şekil 4.2. İç ortam örnekleme noktalarında PCB homolog grup dağılımları (%)

Sari ve ark. (2020a) tarafından Bursa'da iç ortam havasında gerçekleştirilen çalışma sonucunda, örnekleme noktalarında baskın PCB homolog grupları olarak benzer şekilde pentaklorobifenil, tetraklorobifenil ve triklorobifenil tespit edilmiştir. Ayrıca kapalı alanlarda düşük klorlu PCB'lerin baskın olduğunu belirtilmiştir. Son olarak pentaklorobifenil homolog grubunun, boya katkı maddesiyle; tetraklorobifenil ve triklorobifenil homolog gruplarının ise bilgisayarlar, televizonlar, buzdolapları, bulaşık makineleri ve mikrodalga fırın gibi elektronik cihazların kullanımıyla alakalı olduğunu belirtilmiştir. Salihoglu ve Tasdemir (2008) tarafından Bursa'da gerçekleştirilen çalışma sonucunda, kentsel bölgelerdeki örnekleme noktalarında baskın PCB homolog grubu olarak triklorobifenil tespit edilmiştir. Sanayi bölgelerindeki örnekleme noktalarında ise

triklorobifenil ve tetraklorobifenil tespit edilmiştir. Melymuk ve ark. (2016) tarafından Çek Cumhuriyeti'nde gerçekleştirilen çalışma sonucunda, örnekleme noktalarında baskın PCB homolog grupları olarak benzer şekilde triklorobifenil ve tetraklorobifenil tespit edilmiştir.

Örnekleme periyodu boyunca iç ortam havasından elde edilen PCB konsantrasyon değerlerine göre örnekleme noktalarının birbirleri arasındaki ilişki PCC yöntemi ile hesaplanmış ve elde edilen korelasyon değerleri Şekil 4.3'de gösterilmiştir.



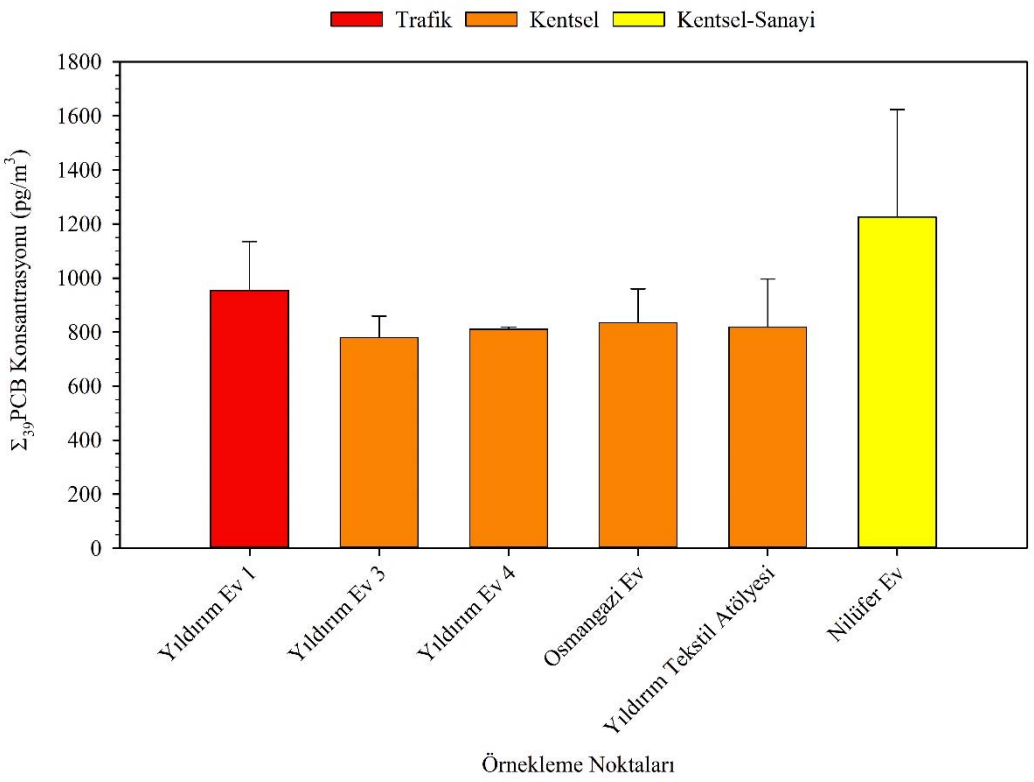
Şekil 4.3. İç ortam örnekleme noktalarındaki PCB konsantrasyon değerlerinin birbirleri ile ilişkisi

İç ortam örnekleme noktalarından elde edilen PCB konsantrasyon değerlerine göre örnekleme noktalarının birbirleri arasındaki ilişki incelendiğinde tüm örnekleme noktalarında pozitif korelasyon gözlenmiştir Örnekleme noktalarında ortalama $\sum_{39}$PCB konsantrasyon değerleri arasında çok fark olmadığı yani elde edilen konsantrasyonlarının birbirlerine yakın değerler çıktığı gözlenmiş ve örnekleme noktalarının benzer kirletici kaynaklarından etkilendiği düşünülmüştür. Sari ve ark. (2020a) tarafından Bursa'da yapılan çalışmada, iç ortam örnekleme noktalarındaki kirletici konsantrasyonlarının benzer şekilde birbirine yakın değerler çıktığı (Yaz aylarında Oturma Odalarında ve Mutfakta ortalama $\sum_{40}$ PCB konsantrasyon değerlerinin sırasıyla 604±210 pg/m^3 ve 639±2514 pg/m^3, Sonbahar aylarında ise konsantrasyon değerlerinin sırasıyla 362±167 pg/m^3 ve 309±93 pg/m^3 olarak) tespit edilmiştir. Paloluoğlu (2016) tarafından Erzurum'da yapılan başka bir çalışmada, aynı şekilde iç ortam örnekleme noktalarında kirletici konsantrasyon değerlerinin birbirine yakın değerler çıktığı (Ev, Halı Yıkama Servisi, Araştırma Hastanesi, Alışveriş Merkezi, Alparslan İlköğretim Okulu ve Büyük Oto Tamir Atölye Servisi örnekleme noktalarındaki ortalama $\sum_{19}$PCB konsantrasyon değerlerinin 1,424 ila 10,522 pg/m^3 aralığında değişim gösterdiği) tespit edilmiştir.

4.2. Dış ortam havasında ölçülen PCB konsantrasyonları

Çalışma kapsamında Nilüfer Ev, Osmangazi Ev, Yıldırım Ev 1, Yıldırım Ev 3, Yıldırım Ev 4 ve Yıldırım Tekstil Atölyesi örnekleme noktalarının dış ortam havasından örnekleme yapılmıştır. Örnekleme periyodu boyunca belirtilen noktalardan elde edilen veriler doğrultusunda ortalama toplam 39 PCB ($\sum_{39}$PCB) konsantrasyon değerleri sırasıyla 1225,74±397,37; 834,61±125,22; 954,37±180,82; 779,76±79,84; 810,12±8,18; 818,80±177,58 pg/m^3 olarak hesaplanmıştır. Tüm örnekleme noktalarında her bir PCB konjeneri 0,12 pg/m^3 (PCB#174) ile 121,37 pg/m^3 (PCB#41) aralığında değişim göstermiştir. PCB konjenerlerinden bazıları LOD değerlerinden küçük çıkmalarından dolayı, iç ortam havasında ölçülen PCB konsantrasyon değerlerinde olduğu gibi dış ortam havasında ölçülen PCB konsantrasyon değerlerinde de ihmal edilmiş ve hesaplamaya dahil edilmemiştir. Dış ortam havasında elde edilen PCB konsantrasyon değerlerinin literatürde daha önce yapılmış bazı çalışmalarla benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir (Pozo ve ark. 2010, Hogarh ve ark. 2011, Hogarh ve ark. 2012, Sari 2019). Kentsel,

Kentsel-Sanayi ve Trafik bölgelerinde bulunan örnekleme noktalarının, ortalama ∑39PCB konsantrasyon (pg/m^3) değerleri Şekil 4.4'de gösterilmektedir.

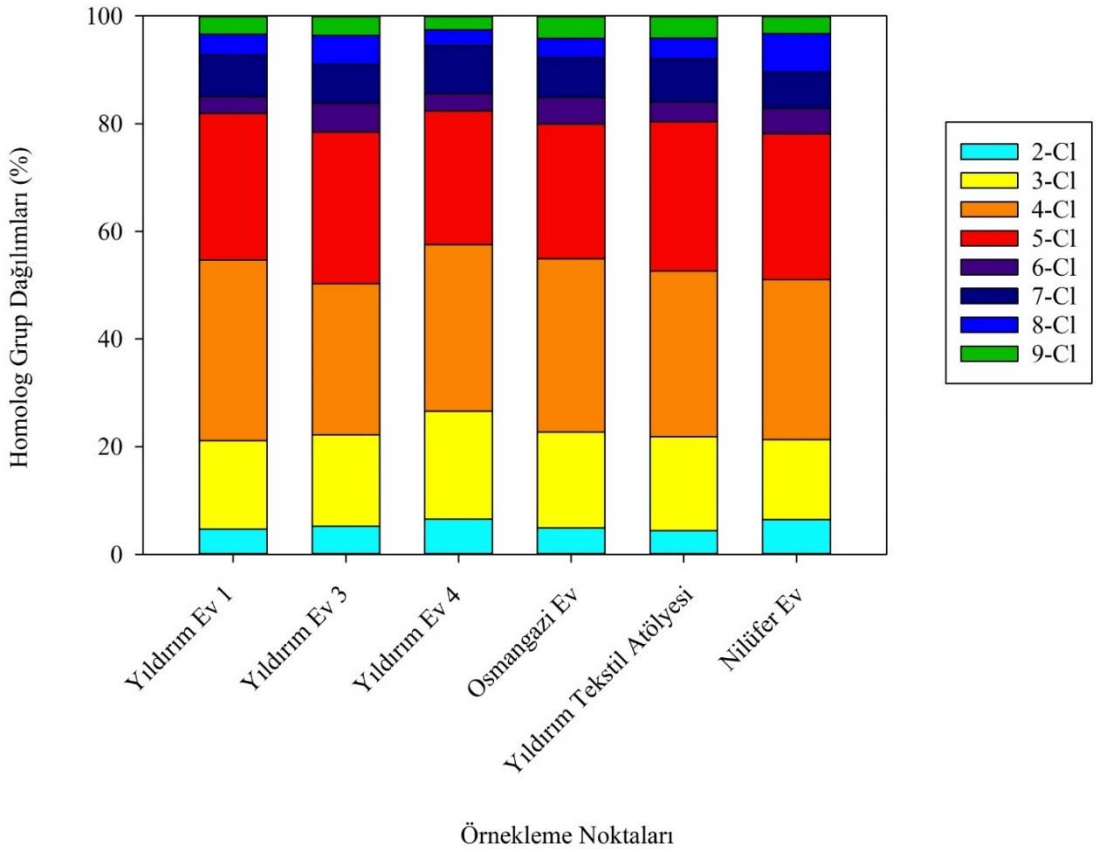


Şekil 4.4. Dış ortam örnekleme noktalarında elde edilen ortalama ∑39PCB konsantrasyon değerleri (pg/m^3)

Çevredeki PCB'lerin birincil kaynağı olarak ticari PCB ürünlerinden salınım meydana gelmesi kabul edilmektedir (Wang ve ark. 2013). Orijinal bir kaynaktan başka bir kaynağa (atmosfer, toprak, okyanus vb.) geçiş yapan PCB ise ikincil kaynak olarak kabul edilmektedir (Andersen ve ark. 2020). PCB'ler birincil kaynaktan ikincil kaynağa geçiş yapabilmekte ve ayrıca sıcaklığa bağlı olarak birincil ve ikincil kaynaklarında buharlaşma meydana gelebilmektedir (Frederiksen ve ark. 2012, Lyng ve ark. 2015). Bu çalışmada dış ortam havasında ortalama ∑39PCB konsantrasyon değerlerine göre PCB'lerin bölgesel dağılımları Kentsel-Sanayi>Trafik>Kentsel olarak belirlenmiştir. Cetin ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada benzer şekilde Kentsel/Sanayi bölgedeki PCB konsantrasyon değerleri daha yüksek raporlanmış ve PCB'lerin bölgesel dağılımları Kentsel/Endüstriyel>Kentsel>Yarı-Kentsel>Kırsal olarak tespit edilmiştir. Kentsel-Sanayi bölgesinde bulunan Nilüfer Ev örnekleme noktasında elde edilen ortalama

$\sum_{39}$PCB konsantrasyon değeri; Yıldırım Ev 1, Yıldırım Ev 3, Yıldırım Ev 4, Yıldırım Tekstil Atölyesi ve Osmangazi Ev örnekleme noktalarında elde edilen ortalama $\sum_{39}$PCB konsantrasyon değerlerinden daha yüksek seviyede ölçülmüştür. Bu durumun sebebi Nilüfer Ev örnekleme noktasının sanayiye yakın bir bölgede bulunması ile açıklanmaktadır. Paloluoğlu (2016) tarafından Erzurum'da gerçekleştirilen çalışmanın sonucunda, sanayi bölgesine yakın olan 2 farklı örnekleme noktasında benzer şekilde diğer örnekleme noktalarına göre yüksek PCB konsantrasyon değerlerine rastlanmıştır. Bu durum sonucunda PCB'lerin kaynaklarından buharlaştığı ya da sanayi bölgesinde PCB içeren atıkların yakıldığı düşünülmüştür. Kentsel-Sanayi bölgesinde bulunan Nilüfer Ev örnekleme noktasında yüksek PCB konsantrasyon değerlerinin gözlenmesi, PCB'lerin kaynaklarından buharlaştığını ya da sanayi bölgesinde PCB içeren atıkların yakıldığını işaret etmektedir. Nilüfer Ev örnekleme noktasından sonra en yüksek PCB konsantrasyon değeri Yıldırım Ev 1 örnekleme noktasında gözlenmiştir. Bu durumun sebebi ise Yıldırım Ev 1 örnekleme noktasının trafiğin yoğun olduğu bir bölgede bulunması ile açıklanmaktadır. Sanayi bölgesine yakın olan ve trafiğin yoğun olarak gözlendiği örnekleme noktalarında ortalama PCB konsantrasyon değerlerinin yüksek çıktığı benzer çalışmalara literatürde rastlanmaktadır (Hong ve ark. 2015, Esen ve ark. 2017). Yıldırım Ev 1 örnekleme noktasından sonra Kentsel bölgede bulunan Yıldırım Ev 3, Yıldırım Ev 4, Yıldırım Tekstil Atölyesi ve Osmangazi Ev örnekleme noktalarında elde edilen PCB konsantrasyon değerlerinin birbirlerine yakın olduğu gözlenmiştir. Bu durumun sebebi ise Kentsel bölgede bulunan örnekleme noktalarının sanayi ve trafikten uzak olması ile alakalı olduğu düşünülmüştür.

Dış ortam örnekleme noktalarında bölgelere göre en baskın türler: Kentsel (Yıldırım Ev 3, Yıldırım Ev 4, Yıldırım Tekstil Atölyesi, Osmangazi Ev) bölgede PCB#33, Kentsel-Sanayi (Nilüfer Ev) bölgede PCB#41, Trafik (Yıldırım Ev 1) bölgesinde PCB#91 baskın tür olarak tespit edilmiştir. En baskın PCB homolog gruplarının ise iç ortam örnekleme noktalarında olduğu gibi benzer şekilde tetraklorobifenil (%31), pentaklorobifenil (%27) ve triklorobifenil (17%) olduğu belirlenmiştir. Dış ortam örnekleme noktalarında elde edilen PCB konsantrasyon değerlerinin homolog dağılım yüzdeleri Şekil 4.5'de gösterilmektedir.

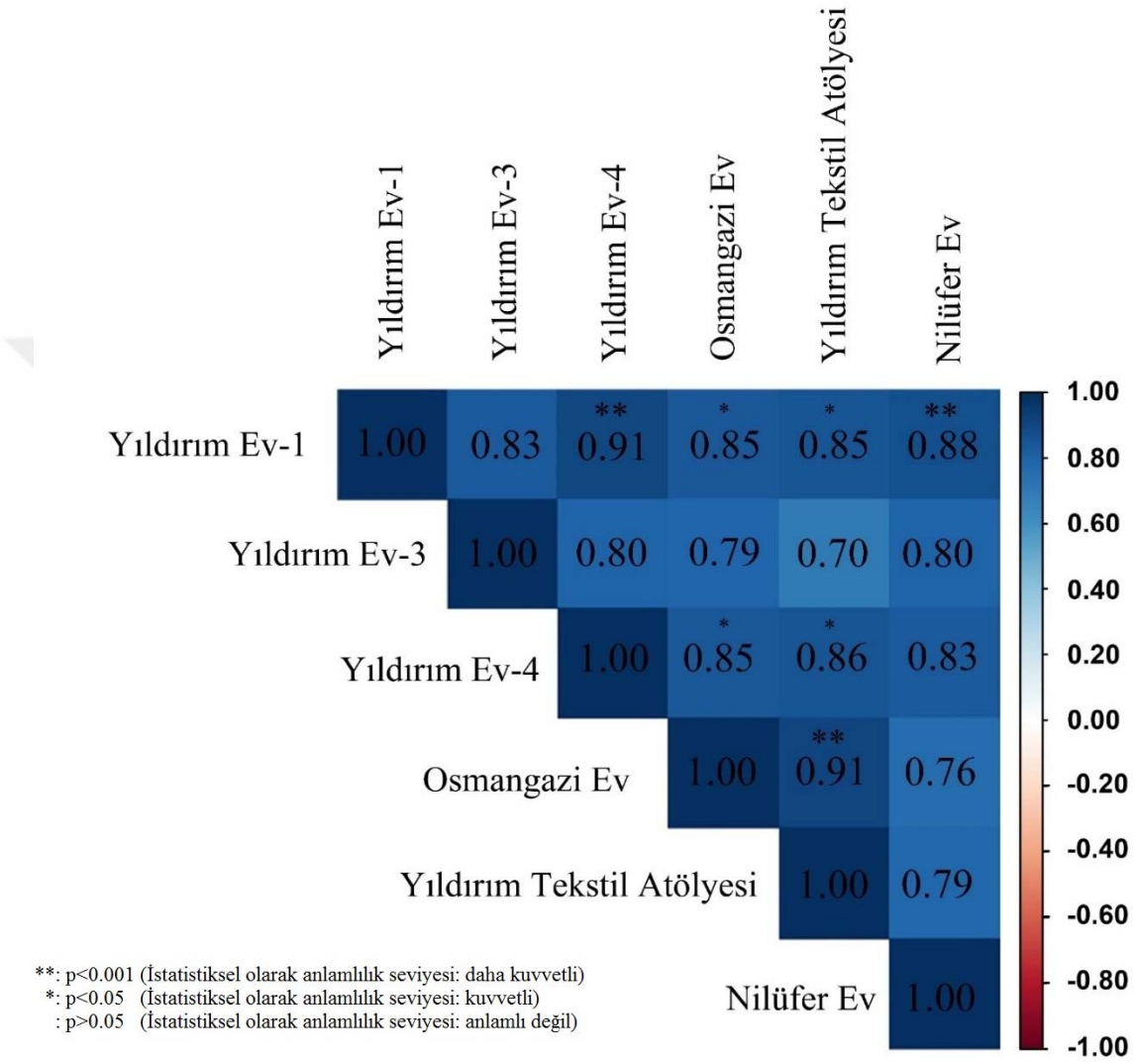


Şekil 4.5. Dış ortam örnekleme noktalarında PCB homolog grup dağılımları (%)

Hong ve ark. (2015) tarafından Çin'de gerçekleştirilen çalışma sonucunda, örnekleme noktalarında baskın PCB homolog grupları olarak benzer şekilde tetraklorobifenil ve triklorobifenil tespit edilmiştir. Ayrıca tetraklorobifenil ve triklorobifenil homolog gruplarının, endüstriyel faaliyetler ve trafiğin yoğun olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Esen ve ark. (2017) tarafından Bursa'da gerçekleştirilen başka bir çalışma sonucunda da baskın PCB homolog grupları olarak benzer şekilde tetraklorobifenil ve triklorobifenil tespit edilmiş ve bu homolog gruplarının, endüstriyel faaliyetler ve trafiğin yoğun olmasından dolayı kaynaklandığı belirtilmiştir. Kurt-Karakus ve ark. (2018) tarafından Türkiye'nin 16 farklı ilinin kentsel ve kırsal bölgelerinde gerçekleştirilen bir başka çalışma sonucunda; örnekleme noktalarında baskın PCB homolog grupları olarak benzer şekilde pentaklorobifenil, tetraklorobifenil ve triklorobifenil tespit edilmiştir.

Örnekleme noktalarındaki konsantrasyon dağılımlarında benzerlik ve farklılık olup olmadığının belirlenmesi amacıyla PCC istatistiksel yaklaşım metodu kullanılmaktadır

(Guo ve ark. 2021). Örnekleme periyodu boyunca dış ortam havasından elde edilen PCB konsantrasyon değerlerine göre örnekleme noktalarının birbirleri arasındaki ilişki PCC yöntemi ile hesaplanmış ve elde edilen korelasyon değerleri Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



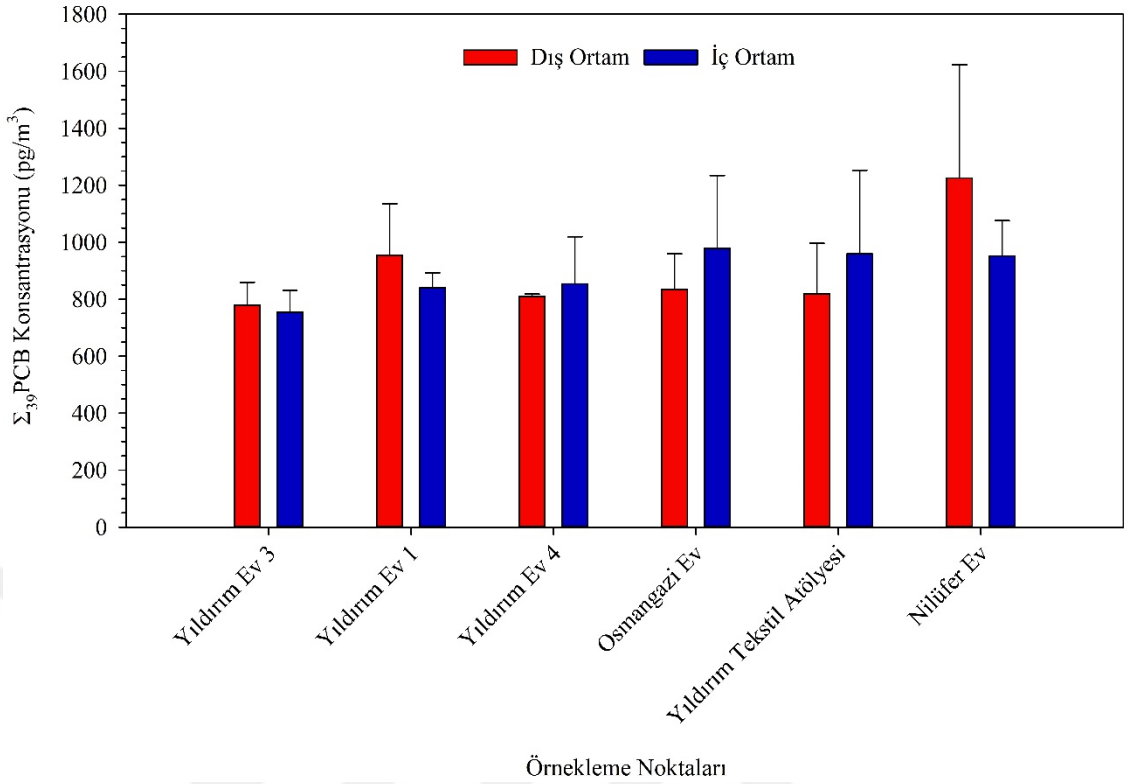
Şekil 4.6. Dış ortam örnekleme noktalarındaki PCB konsantrasyonlarının birbirleri ile ilişkisi

Dış ortam örnekleme noktalarında elde edilen PCB konsantrasyon değerlerine göre örnekleme noktalarının birbirleri arasındaki ilişki incelendiğinde iç ortamda olduğu gibi benzer şekilde tüm örnekleme noktalarında pozitif korelasyon gözlenmiştir. Örnekleme noktalarında ortalama $\sum_{39}$PCB konsantrasyon değerleri arasında çok fark olmadığı yani elde edilen konsantrasyon değerlerinin birbirlerine yakın değerler çıktığı görülmüştür. Bu

durum sonucunda örnekleme noktalarının benzer kirletici kaynaklarından etkilendiği düşünülmüştür. Birgül ve ark. (2016) tarafından Bursa'da yapılan çalışmada, dış ortam örnekleme noktalarında kirletici konsantrasyon değerlerinin benzer şekilde birbirine yakın değerler çıktığı (Uludağ, Uludağ Üniversitesi Yerleşkesi, Çamlıca, Bursa Teknik Üniversitesi Osmangazi Yerleşkesi, Hamitler, Ağaköy, Kestel Organize Sanayi Bölgesi ve Demirtaş Organize Sanayi Bölgesi örnekleme noktalarındaki ortalama $\sum_{43}$ PCB konsantrasyon değerlerinin 24,1±8,2 ila 280±540 pg/m^3 aralığında değişim gösterdiği) tespit edilmiştir. Li ve ark. (2021) tarafından Çin'de yapılan başka bir çalışmada, aynı şekilde dış ortam örnekleme noktalarında PCB konsantrasyon değerlerinin birbirine yakın değerler çıktığı (16 farklı örnekleme noktasındaki ortalama $\sum_{18}$PCB konsantrasyon değerlerinin 39±26 ila 170±120 pg/m^3 aralığında değişim gösterdiği) tespit edilmiştir. Kim ve Masunaga (2005) tarafından Japonya'da yapılan başka bir çalışmada, dış ortam örnekleme noktalarında PCB konsantrasyon değerlerinin benzer şekilde birbirine yakın değerler çıktığı (11 farklı örnekleme noktasındaki ortalama $\sum_{41}$ PCB konsantrasyon değerlerinin 62 ila 250 pg/m^3 aralığında değişim gösterdiği) tespit edilmiştir.

4.3. İç ve Dış Ortam Havasındaki PCB Konsantrasyonları Arasındaki İlişki

Çalışma kapsamında Nilüfer Ev, Osmangazi Ev, Yıldırım Ev 1, Yıldırım Ev 3, Yıldırım Ev 4 ve Yıldırım Tekstil Atölyesi örnekleme noktalarının iç ve dış ortam havasından örnekleme yapılmıştır. İç ve dış ortam örnekleme noktalarında elde edilen ortalama $\sum_{39}$PCB konsantrasyon (pg/m^3) değerleri Şekil 4.7'de gösterilmektedir.



Şekil 4.7. İç ve dış ortam örnekleme noktalarında elde edilen ortalama $\sum_{39}$PCB konsantrasyon değerleri (pg/m^3)

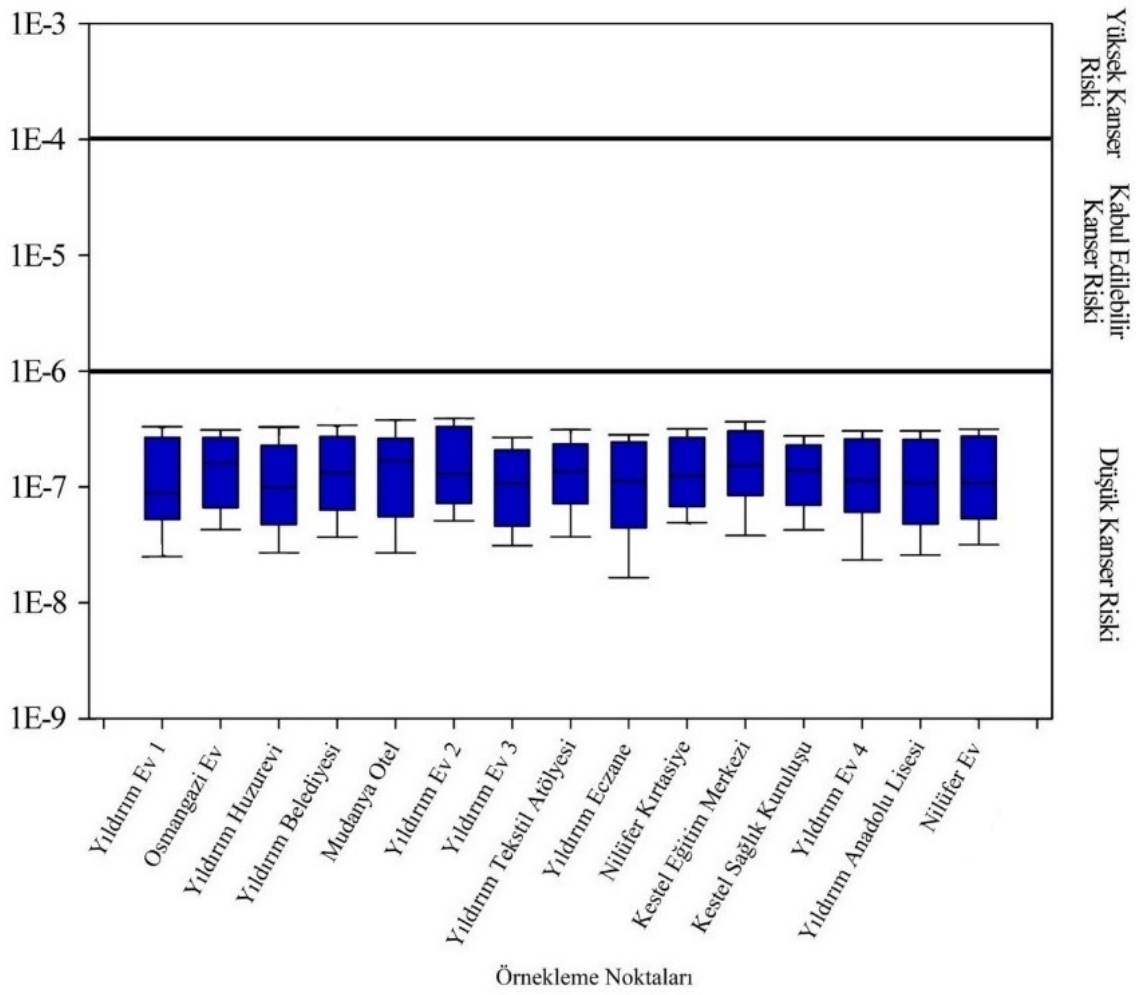
İ/D oranı, iç ve dış ortam kirletici kaynakları varsa eğer yararlı bir gösterge olarak kullanılabilmektedir (Kurt-Karakuş ve ark. 2017). İ/D oranının hesaplanması sonucunda PCB'lerin emisyon yönü anlaşılabilmektedir. Elde edilen İ/D oranı 1'den büyük bir değer ise iç ortamdaki kaynakların sebep olduğu PCB emisyonunun daha baskın olduğu sonucuna varılmaktadır. Eğer İ/D oranı 1'den küçük bir değer ise de tam tersi dış ortamdaki kaynakların sebep olduğu PCB emisyonunun daha baskın olduğu sonucuna varılmaktadır (Bohlin ve ark. 2008, Elbayoumi ve ark. 2014). Bu çalışmada Nilüfer Ev, Osmangazi Ev, Yıldırım Ev 1, Yıldırım Ev 3, Yıldırım Ev 4 ve Yıldırım Tekstil Atölyesi örnekleme noktalarının iç ve dış ortam havasından örnekleme yapılmış olup, iç ortam örnekleme noktalarında elde edilen PCB konsantrasyon değerlerinin, dış ortam örnekleme noktalarında elde edilen PCB konsantrasyon değerlerine oranları (İ/D oranları) sırasıyla 0,78; 1,17; 0,88; 0,97; 1,05; 1,17 olarak hesaplanmıştır. Osmangazi Ev ve Yıldırım Tekstil Atölyesi örnekleme noktalarında İ/D oranı 1'den büyük elde edilmiş ve PCB emisyonlarına esas olarak iç ortamdaki kaynakların sebep olduğu sonucuna varılmıştır. Nilüfer Ev ve Yıldırım Ev 1 örnekleme noktalarında ise İ/D oranı 1'den küçük

elde edilmiş ve PCB emisyonlarına esas olarak dış ortamdaki kaynakların sebep olduğu sonucuna varılmıştır. Son olarak Yıldırım Ev 3 ve Yıldırım Ev 4 örnekleme noktalarında İ/D oranının 1'e çok yakın olmasından dolayı iç ve dış ortamdaki PCB kaynaklarının birbirine eşit olduğu sonucuna varılmıştır. Melymuk ve ark. (2016) tarafından Çek Cumhuriyeti'nde gerçekleştirilen çalışma sonucunda; iç ortam PCB konsantrasyonlarının bir örnekleme noktası dışında, dış ortam PCB konsantrasyonlarından önemli ölçüde daha yüksek çıktığı tespit edilmiş ve İ/D oranlarının 0,41-8,5 aralığında değişim gösterdiği raporlanmıştır. Ayrıca hiçbir PCB kaynağının olmadığı varsayılan yeni binalarda bile iç ortam PCB konsantrasyonlarının, dış ortam PCB konsantrasyonlarından daha yüksek çıktığı raporlanmıştır. Paloluoğlu (2016) tarafından Erzurum'da altı iç ve dış ortam örnekleme noktasında gerçekleştirilen çalışma sonucunda ise, örnekleme noktalarının beş tanesinde İ/D oranı iç ortamda yüksek çıkarken, bir tanesinde dış ortamda yüksek çıkmış ve İ/D oranlarının 0,89-6,04 aralığında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Dış ortam konsantrasyonu yüksek çıkan örnekleme noktasının sanayiye yakın bir bölgede bulunmasından dolayı İ/D oranının düşük çıktığı raporlanmıştır. Bu çalışmada da Nilüfer Ev örnekleme noktasının Kentsel-Sanayi bölgede bulunmasından dolayı İ/D oranının düşük çıktığı ve dış ortam konsantrasyonunun daha yüksek çıktığı düşünülmüştür. Trafiğe bağlı olarak meydana gelen emisyonlar sonucunda PCB konsantrasyonunda artış söz konusu olabilmektedir (Barbas ve ark. 2017). Bundan dolayı Yıldırım Ev 1 örnekleme noktasının trafiğe yakın olan bir bölgede bulunmasından dolayı İ/D oranının düşük çıktığı ve dış ortam konsatrasyonunun daha yüksek çıktığı düşünülmüştür.

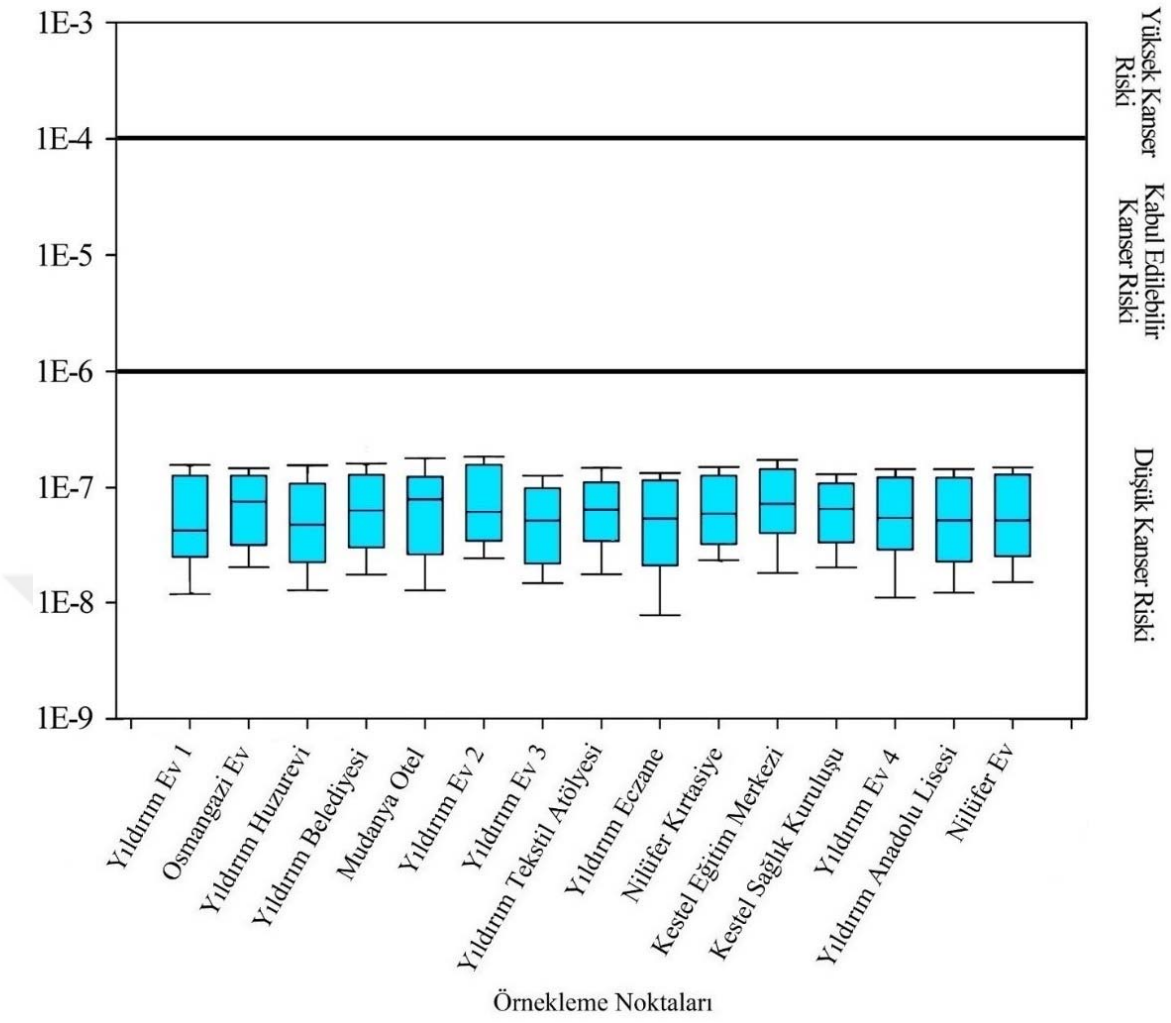
4.4. PCB'lerin Solunması Sonucu İnsanlarda Oluşabilecek Kanser Riski

Kirli havanın insan sağlığı üzerindeki etkisi dünya çapında hissedilmektedir (Hu ve ark. 2019). İnsanlar kirli havanın solunması sonucunda PCB'lere maruz kalabilmektedir (WHO, 2019). En kalıcı kirleticilerden biri olan PCB'ler, insan sağlığı için tehlikelidir. Çünkü maruz kalınması durumunda endokrin bozulması, kardiyovasküler hastalıklar, kanserler, diyabet, doğum kusurları ve üreme sistemleri gibi çeşitli sağlık sorunlarına neden olabilmektedir (Chen ve ark. 2021, Xie ve ark. 2021).

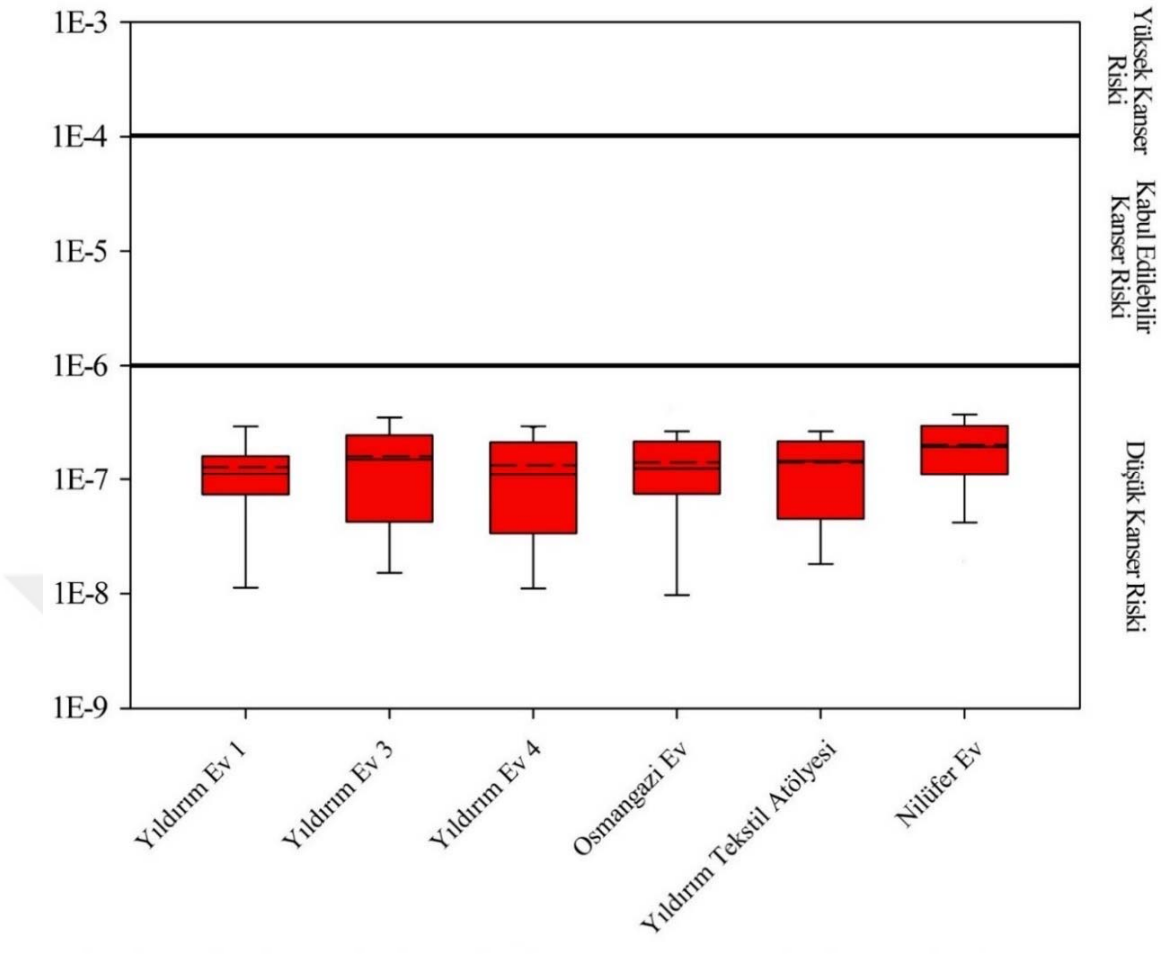
Bu çalışmada, iç ve dış ortam örnekleme noktalarından PHÖ yardımıyla elde edilen PCB'lerin solunması sonucunda yetişkinlerde (70) ve gelişme çağında olan çocuklarda (9) meydana gelebilecek kanser riski değerlendirilmiştir. İç ve dış ortam havası solunması sonucunda yetişkinlerde ve gelişme çağında olan çocuklarda oluşabilecek kanser riski "2.1", "2.2" ve "2.3"no'lu denklemler kullanılarak hesaplanmıştır. İç ortam örnekleme noktalarına göre hesaplanan; yetişkinlerde meydana gelebilecek kanser riski indeksi değerleri Şekil 4.8'de gösterilmiş, gelişme çağında olan çocuklarda meydana gelebilecek kanser riski indeksi değerleri ise Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Benzer şekilde dış ortam örnekleme noktalarına göre hesaplanan; yetişkinlerde meydana gelebilecek kanser riski indeksi değerleri Şekil 4.10'da gelişme çağında olan çocuklarda meydana gelebilecek kanser riski indeksi değerleri ise Şekil 4.11'de gösterilmiştir.



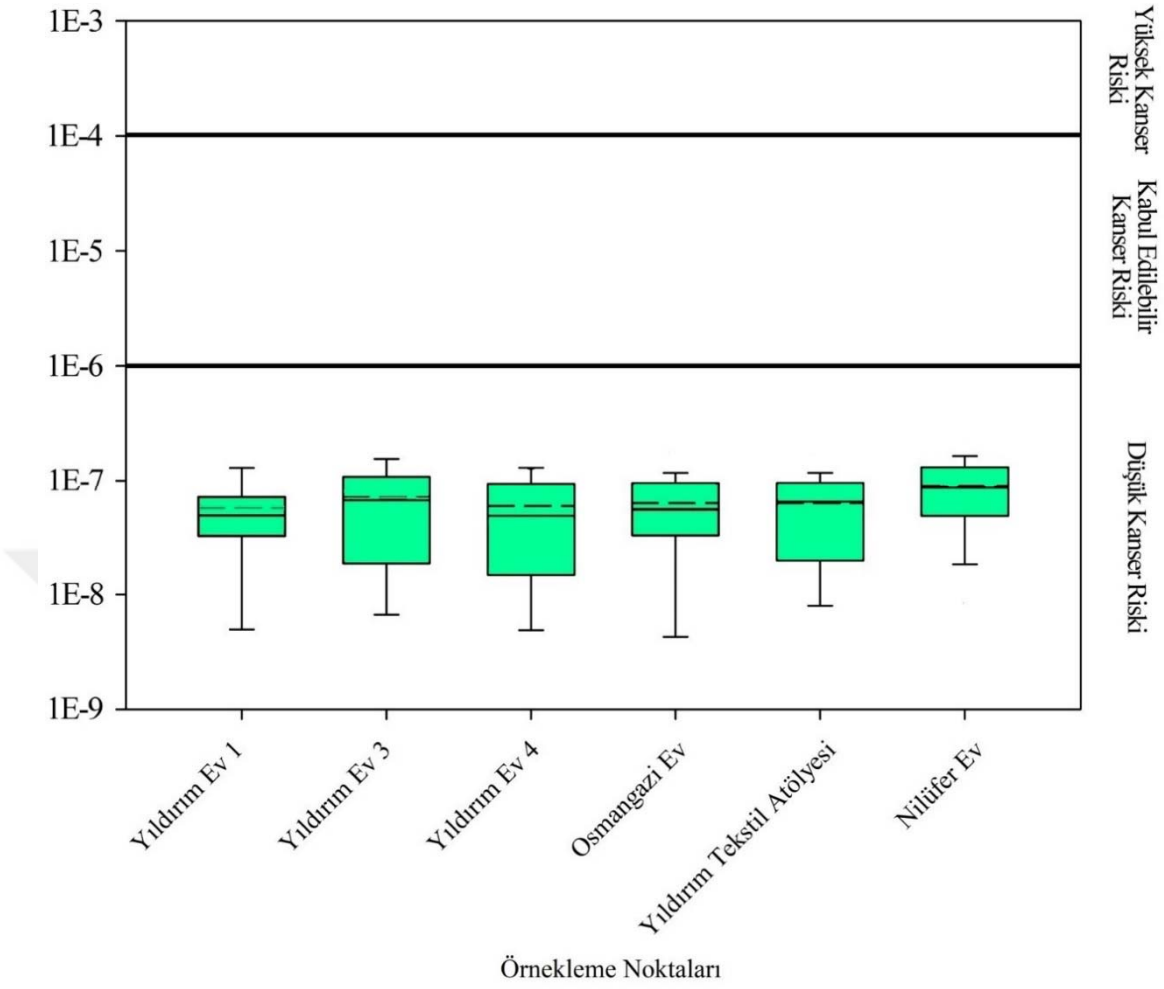
Şekil 4.8. İç ortam örnekleme noktalarında hesaplanan, yetişkinlerde meydana gelebilecek kanser riski indeksi değerleri



Şekil 4.9. İç ortam örnekleme noktalarında hesaplanan, gelişme çağında olan çocuklarda meydana gelebilecek kanser riski indeksi değerleri



Şekil 4.10. Dış ortam örnekleme noktalarında hesaplanan, yetişkinlerde meydana gelebilecek kanser riski indeksi değerleri



Şekil 4.11. Dış ortam örnekleme noktalarında hesaplanan, gelişme çağında olan çocuklarda meydana gelebilecek kanser riski indeksi değerleri

US-EPA'ya göre elde edilen kanser riski indeksi değerleri; 10^{-6}'dan küçük olduğunda çok düşük kanser riski, 10^{-6} ila 10^{-4} aralığında olduğunda ise kabul edilebilir kanser riski, 10^{-4}'den büyük olduğunda ise yüksek kanser riski anlamına gelmektedir (Wu ve ark. 2018, Mihankhah ve ark. 2019). Yapılan hesaplamalar sonucunda iç ve dış ortam örnekleme noktalarından PHÖ yardımıyla elde edilen PCB'lerin solunması sonucunda yetişkinlerin ve gelişme çağında olan çocukların kanser riski taşımadığı belirlenmiştir. Birgül ve ark. (2017) tarafından Bursa'da gerçekleştirilen çalışmada, PCB'lerin solunması sonucunda oluşabilecek kanser riski değerlendirilmiştir. Elde edilen kanser riski değerleri genel olarak kabul edilebilir kanser riski seviyesinden (10^{-6}'dan) daha düşük tespit edilmiş ve bu değerlerin ciddi bir olumsuz sağlık etkisine sebep olmadığı raporlanmıştır. Sari ve ark. (2020a) tarafından Bursa'da gerçekleştirilen başka bir

çalışmada, yetişkinlerde ve çocuklarda PCB'lerin solunması sonucunda oluşabilecek kanser riski değerlendirilmiştir. Elde edilen kanser riski değerleri 10^{-7}'den daha düşük tespit edilmiş ve bu değerlerin düşük kanser riskini temsil ettiği raporlanmıştır. İnsanlar gün içerisinde geçirdikleri zamanın büyük bir kısmını iç ortamlarda geçirmekte ve iç ortamlarda genellikle dış ortamlara göre PCB konsantrasyonları daha yüksek gözlenmektedir. Dolayısıyla iç ortamlarda kanser riski dış ortamlara göre daha yüksek olabilmektedir. Cindoruk ve ark. (2019) tarafından Bursa'da gerçekleştirilen başka bir çalışmada, benzer şekilde yetişkinlerde ve çocuklarda PCB'lerin solunması sonucunda oluşabilecek kanser riski değerlendirilmiştir. Elde edilen kanser riski değerleri 10^{-7}'den daha düşük tespit edilmiş ve kabul dilebilir kanser riski sınır değerinin altında olduğu raporlanmıştır. Bursa'da gerçekleştirilen benzer çalışmalar (Sari ve ark. 2020a, Sari ve ark. 2020c, Cindoruk ve ark. 2019) ve bu çalışma sonucunda elde edilen kanser riski değerleri kabul dilebilir kanser riski sınır değerinin altında tespit edildiğinden dolayı Bursa'da solunum yolu ile PCB'lerin insan sağlığı için ciddi, olumsuz sağlık etkisine sebep olmadığı sonucuna varılmıştır.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Bursa'da Kentsel (Osmangazi Ev, Mudanya Otel, Yıldırım Ev 2, Yıldırım Ev 3, Yıldırım Ev 4, Yıldırım Anadolu Lisesi, Yıldırım Eczane, Yıldırım Huzurevi, Yıldırım Tekstil Atölyesi), Yarı-Kentsel (Nilüfer Kırtasiye), Sanayi (Kestel Eğitim Merkezi, Kestel Sağlık Kuruluşu), Kentsel-Sanayi (Nilüfer Ev), Trafik (Yıldırım Ev 1, Yıldırım Belediyesi) örnekleme noktalarının iç ortam havasından ve Kentsel (Osmangazi Ev, Yıldırım Ev 3, Yıldırım Ev 4, Yıldırım Tekstil Atölyesi), Kentsel-Sanayi (Nilüfer Ev), Trafik (Yıldırım Ev 1) örnekleme noktalarının dış ortam havasından pasif hava örnekleyiciler (PHÖ'ler) kullanılarak toplanan hava örneklerindeki poliklorlu bifenil (PCB) konsantrasyon değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. İç ve dış ortam örnekleme noktalarında örnekleme Aralık 2019, Ocak 2020 ve Şubat 2020 aylarında gerçekleştirilmiştir. Uluslararası düzeyde kabul görmüş yöntemlere ve metotlara göre örnekler toplanmış, laboratuvara getirilmiş, analiz edilmiş ve kütle değerleri belirlenmiştir. Belirleme sınır değerinden (LOD) küçük tespit edilen kütle değerleri ile %40'ın altında ve %120'nin üzerinde tespit edilen geri kazanım verimleri dikkate alınmamıştır. Bu tez çalışmasının amaçlarına göre elde edilen sonuçlar sırasıyla aşağıda kısaca özetlenmiştir.

1. PHÖ ile; Kestel Eğitim Merkezi, Kestel Sağlık Kuruluşu, Mudanya Otel, Nilüfer Ev, Nilüfer Kırtasiye, Osmangazi Ev, Yıldırım Anadolu Lisesi, Yıldırım Belediyesi, Yıldırım Eczane, Yıldırım Ev 1, Yıldırım Ev 2, Yıldırım Ev 3, Yıldırım Ev 4, Yıldırım Huzurevi ve Yıldırım Tekstil Atölyesi örnekleme noktalarının iç ortam havasından örnekleme yapılmış ve ortalama $\sum_{39}$ PCB konsantrasyon değerleri sırasıyla 1146,52±271,72; 906,17±222,08; 1019,83±121,42; 952,18±123,53; 958,66±372,84; 978,42±255,94; 899,23±11,07; 1022,68±148,12; 817,99±52,23; 840,17±52,84; 1115,35±184,08; 754,62±77,00; 854,49±165,13; 837,33±106,02; 959,62±293,03 pg/m^3 olarak tespit edilmiştir. İç ortam havasında örnekleme noktaları tek tek değerlendirilmiş ve Sanayi bölgesinde bulunan Kestel Eğitim Merkezi örnekleme noktasında ortalama $\sum_{39}$ PCB konsantrasyon değerinin daha yüksek gözlenmesinin sebebinin sanayiye yakın bir bölgede bulunması ile alakalı olduğu sonucuna varılmıştır. Kestel Eğitim Merkezi örnekleme noktasından sonra en yüksek PCB konsantrasyon değerinin Yıldırım Ev 2 örnekleme noktasında gözlenmesinin sebebinin, Yıldırım Ev 2 örnekleme noktasının

yakınlarında küçük çaplı tekstil ve elektrik-elektronik atölyelerinin bulunması ile alakalı olduğu sonucuna varılmıştır. Yıldırım Ev 2 örnekleme noktasından sonra ise en yüksek PCB konsantrasyon değerlerinin Yıldırım Belediyesi ve Mudanya Otel örnekleme noktalarında gözlenmesinin sebebinin, Yıldırım Belediyesi örnekleme noktasının bilgi işlem biriminde, Mudanya Otel örnekleme noktasının ise bilgisayarların bulunduğu sunucu odasında örneklemenin gerçekleştirilmesi ile alakalı olduğu sonucuna varılmıştır. Diğer örnekleme noktalarından elde edilen PCB konsantrasyon değerlerinin birbirlerine yakın olduğu gözlenmiş ve bu durumun sebebinin ise Yarı-Kentsel bölgede bulunan Nilüfer Kırtasiye örnekleme noktasının ve Kentsel bölgede bulunan Yıldırım Anadolu Lisesi, Yıldırım Eczane, Yıldırım Ev 3, Yıldırım Ev 4, Yıldırım Huzurevi, Yıldırım Tekstil Atölyesi örnekleme noktalarının sanayi ve trafikten uzak olması ile alakalı olduğu sonucuna varılmıştır. Nilüfer Ev, Osmangazi Ev, Yıldırım Ev 1, Yıldırım Ev 3, Yıldırım Ev 4 ve Yıldırım Tekstil Atölyesi örnekleme noktalarının ise dış ortam havasından örnekleme yapılmış ve ortalama toplam 39 PCB ($\sum_{39}$PCB) konsantrasyon değerleri sırasıyla 1225,74±397,37; 834,61±125,22; 954,37±180,82; 779,76±79,84; 810,12±8,18; 818,80±177,58 pg/m^3 olarak tespit edilmiştir. Dış ortam havasında ortalama $\sum_{39}$PCB konsantrasyon değerlerine göre PCB'lerin bölgesel dağılımları Kentsel-Sanayi>Trafik>Kentsel olarak belirlenmiş ve Kentsel-Sanayi bölgede bulunan Nilüfer Ev örnekleme noktasında en yüksek PCB konsantrasyon değerinin gözlenmesinin sebebinin sanayiye yakın bir bölgede bulunması ile alakalı olduğu sonucuna varılmıştır. Nilüfer Ev örnekleme noktasından sonra en yüksek PCB konsantrasyon değerinin Yıldırım Ev 1 örnekleme noktasında gözlenmesinin sebebinin trafiğin yoğun olduğu bir bölgede bulunması ile alakalı olduğu sonucuna varılmıştır. Diğer örnekleme noktalarında elde edilen PCB konsantrasyon değerlerinin birbirlerine yakın olduğu gözlenmiş ve bu durumun sebebinin ise Kentsel bölgede bulunan örnekleme noktalarının sanayi ve trafikten uzak olması ile alakalı olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada elde edilen konsantrasyon değerleri, ülkemizde ve yurt dışında gerçekleştirilen çalışmalar ile benzerlik göstermektedir.

2. Pearson korelasyon katsayısı (PCC) istatistiksel yaklaşım metodu kullanılarak iç/dış ortam örnekleme noktalarındaki konsantrasyon dağılımlarında benzerlik ve farklılık olup olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır. İç ve dış ortam örnekleme noktalarında elde edilen

PCB konsantrasyon değerlerine göre örnekleme noktalarının birbirleri arasındaki ilişki incelendiğinde, örnekleme noktalarının tamamında pozitif korelasyon gözlenmiş ve elde edilen konsantrasyon değerlerinin birbirlerine yakın değerler çıktığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak hem dış hem de iç ortam örnekleme noktalarının benzer kirletici kaynaklarından etkilendiği tespit edilmiştir.

3. İç ve dış ortam havasından örnekleme yapılan Nilüfer Ev, Osmangazi Ev, Yıldırım Ev 1, Yıldırım Ev 3, Yıldırım Ev 4 ve Yıldırım Tekstil Atölyesi örnekleme noktalarının PCB konsantrasyonları arasındaki ilişki belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla iç ve dış ortam örnekleme noktalarından elde edilen PCB konsantrasyon değerleri birbirlerine oranlanmış (İ/D oranı) ve sırasıyla 0,78; 1,17; 0,88; 0,97; 1,05; 1,17 olarak hesaplanmıştır. İ/D oranı Osmangazi Ev ve Yıldırım Tekstil Atölyesi örnekleme noktalarında 1'den büyük elde edildiğinden dolayı PCB emisyonlarına esas olarak iç ortamdaki kaynakların sebep olduğu düşünülmüştür. Nilüfer Ev ve Yıldırım Ev 1 örnekleme noktalarında ise İ/D oranı 1'den küçük elde edildiğinden dolayı PCB emisyonlarına esas olarak dış ortamdaki kaynakların sebep olduğu düşünülmüştür. Son olarak Yıldırım Ev 3 ve Yıldırım Ev 4 örnekleme noktalarında İ/D oranı 1'e çok yakın olmasından dolayı iç ve dış ortamdaki PCB kaynaklarının birbirine yakın olduğu düşünülmüştür. Bu çalışmada elde edilen İ/D oranları literatürde yapılan bazı çalışmalarla benzer oranlarda tespit edilmiştir.

4. PHÖ yardımıyla iç ve dış ortam örnekleme noktalarından elde edilen PCB'lerin solunması sonucunda yetişkinlerde ve gelişme çağında olan çocuklarda meydana gelebilecek kanser riskini değerlendirilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen kanser riski indeksi değerlerine göre PCB'lerin iç ve dış ortam örnekleme noktalarında solunması sonucunda yetişkinlerde ve gelişme çağında olan çocuklarda kanser riski taşımadığı tespit edilmiştir. Bu çalışma ve Bursa'da gerçekleştirilen benzer çalışmalar sonucunda elde edilen kanser riski değerleri düşük kanser riski sınır değerinin (10^{-6}'nın) altında tespit edildiğinden dolayı Bursa'da solunum yolu ile PCB'lerin insan sağlığı için ciddi bir olumsuz sağlık etkisine sebep olmadığı sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

Acara, A. 2008. Kalıcı organik kirleticilere ilişkin stockholm sözleşmesi, ulusal uygulama planı. ANKARA.

Akgün, S., 2016. Pcb Atölyelerinde İş Sağlığı Ve Güvenliği. Yüksek Lisans Tezi, Gedik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Akinrinade, O. E., Stubbings, W., Abou-Elwafa Abdallah, M., Ayejuyo, O., Alani, R., Harrad, S. 2020. Status of brominated flame retardants, polychlorinated biphenyls, and polycyclic aromatic hydrocarbons in air and indoor dust in AFRICA: A review. Emerging Contaminants, 6(June 1998):, 405–420. https://doi.org/10.1016/j.emcon.2020.11.005

Alliot, F., Moreau-Guigon, E., Bourges, C., Desportes, A., Teil, M.-J., Blanchard, M., Chevreuil, M. 2014. A multi-residue method for characterization of endocrine disruptors in gaseous and particulate phases of ambient air. Atmos. Environ. 92, 1-8.

Andersen, H. V., Gunnarsen, L., Knudsen, L. E., & Frederiksen, M. 2020. PCB in air, dust and surface wipes in 73 Danish homes. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 229, 113429. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.113429

Andersen, H.V., Gunnarsen L., Knudsen L.E., Frederiksen M. 2019. PCB in air, dust and surface wipes in 73 Danish homes. International Journal of Hygiene and Environmental Health. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.113429

Anonim 1, 2021. https://tr.wikipedia.org/wiki/Bursa, Erişim Tarihi: 05.02.2021

Anonim 2, 2021. https://on5yirmi5.com/dosya/turkiyenin-illeri/16-bursa-hakkinda-genelbilgi/, Erişim Tarihi: 05.02.2021

Anonim 3, 2021. https://www.bursa.com.tr/kategori/bursa/ilceler, Erişim Tarihi: 05.02.2021

Anonim 4, 2021. http://www.kestel.gov.tr/iklim-ve-cografya, Erişim Tarihi: 05.02.2021

Audy, O., Melymuk, L., Venier, M., Vojta, S., Becanova, J., Romanak, K., Vykoukalova, M., Prokes, R., Kukucka, P., Diamond, M. L., Klanova, J. 2018. PCBs and organochlorine pesticides in indoor environments - A comparison of indoor contamination in Canada and Czech Republic. Chemosphere, 206:, 622–631. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.05.016

Avşar Tandoğan, B. 2019. Bursa Topraklarında Pcb Kirliliğinin Bölgesel Ve Mevsimsel Değişiminin Belirlenmesi Ve Giderim Olanaklarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Bakrak, K. 2019. Kocaeli'nde Atmosferik Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (Pah) Ve Poliklorlu Bifenil (Pcb) Kirliliğinin Likenlerle İzlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.

Barbas, B., de la Torre, A., Sanz, P., Navarro, I., Artíñano, B., & Martínez, M. A. 2018. Gas/particle partitioning and particle size distribution of PCDD/Fs and PCBs in urban ambient air. *Science of the Total Environment*, *624*(40), 170–179. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.114

Barro, R., Regueiro, J., Llompart, M., Garcia-Jares, C. 2009. Analysis of industrial contaminants in indoor air: Part 1. Volatile organic compounds, carbonyl compounds, polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls. Journal of Chromatography A, 1216(3):, 540–566. https://doi.org/10.1016/j.chroma.2008.10.117

Başaran, B. 2018. Kocaeli'de Evlerin İç Ortam Tozunda Pbde, Pcb Ve Pah Kaynaklarının Belirlenmesi Ve Risk Tahmini. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.

Berberler, E. 2013. Erzurum Atmosferinde Poliklorlu Bifenillerin (Pcb'lerin) Konsantrasyon Ve Yaş Çökelme Akılarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

Birgül, A. 2013. Bursa Atmosferi'ndeki Poliaromatik Hidrokarbonların (Pah'ların) Seviyeleri Ve Çökelme Mekanizmaları. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Birgül, A., Kurt-Karakus, P. B., Alegria, H., Gungormus, E., Celik, H., Cicek, T., & Güven, E. C. 2017. Polyurethane foam (PUF) disk passive samplers derived polychlorinated biphenyls (PCBs) concentrations in the ambient air of Bursa-Turkey: Spatial and temporal variations and health risk assessment. *Chemosphere*, *168*, 1345–1355. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.11.124

Bohlin, P., Audy, O., Skrdlíkova, L., Kukucka, P., Vojta, S., Pribylova, P., Prokes, R., Cupr, P., Klanova, J. 2014. Evaluation and guidelines for using polyurethane foam (PUF) passive air samplers in double-dome chambers to assess semivolatile organic compounds (SVOCs) in non-industrial indoor environments. Environ. Sci. Process. Impacts 16, 261-2626.

Bohlin, P., Jones, K.C., Tovalin, H., Strandberg, B. 2008. Observations on persistent organic pollutants in indoor and outdoor air using passive polyurethane foam samplers. Atmos. Environ. 42, 7234-7241.

Cetin, B. 2016. Investigation of PAHs, PCBs and PCNs in soils around a Heavily Industrialized Area in Kocaeli, Turkey: Concentrations, distributions, sources and toxicological effects. Science of the Total Environment, 560–561: 160–169.

Cetin, B., Yurdakul, S., Gungormus, E., Ozturk, F., Sofuoglu, S. C. 2018. Source apportionment and carcinogenic risk assessment of passive air sampler-derived PAHs and PCBs in a heavily industrialized region. Science of the Total Environment, 633:, 30–41. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.145

Cetin, B., Yurdakul, S., Keles, M., Celik, I., Ozturk, F., & Dogan, C. 2017. Atmospheric concentrations, distributions and air-soil exchange tendencies of PAHs and PCBs in a heavily industrialized area in Kocaeli, Turkey. *Chemosphere*, *183*(x), 69–79. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.05.103

Chaemfa, C., Barber, J. L., Gocht, T., Harner, T., Holoubek, I., Klanova, J., & Jones, K. C. 2008. Field calibration of polyurethane foam (PUF) disk passive air samplers for PCBs and OC pesticides. *Environmental Pollution*, *156*(3), 1290–1297. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2008.03.016

Chen, Y. ping, Zhao, Y., Zhao, M. M., Wu, J. H., & Wang, K. bo. 2021. Potential health risk assessment of HFRs, PCBs, and OCPs in the Yellow River basin. *Environmental Pollution*, *275*, 116648. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116648

Cındoruk, S. S., Tasdemır, Y. 2008. Atmospheric gas and particle phase concentrations of polychlorinated biphenyls (PCBs) in a suburban site of Bursa, Turkey. Environmental Forensics, 9, 153-165.

Cindoruk, S. S., Sakin, A. E., & Tasdemir, Y. 2020. Levels of persistent organic pollutants in pine tree components and ambient air. *Environmental Pollution*, *256*. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113418

Cindoruk, S.S. 2007. Poliklorlu bifenillerin (PCB'ler) konsantrasyonlarının, kuru çökelme ve hava-su arakesit akılarının belirlenmesi. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Cui, S., Fu, Q., Li, Y.F., Li, T., xiao, Liu, D., Dong, W.C., Wang, M., Li, K.yang, 2017. Spatial-temporal variations, possible sources and soil-air exchange of polychlorinated biphenyls in urban environments in China. RSC Adv. 7, 14797–14804. https://doi. org/10.1039/c6ra26864a.

Çağdaş, B. 2012. Büyük Menderes Sucul Canlılarında Poliklorlu Bifenil Kirliliği Ve Lipit Oksidatif Hasarı. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Çalışkan, B. 2017. Bursa'da Çam Bileşenleri Ve Pasif Hava Örnekleyiciler (Phö'ler) Kullanılarak Atmosferik Poliklorlu Bifeniller'in (Pcb'lerin) Mevsimsel Ve Bölgesel Seviyelerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Çelik Çakıroğulları, G., Seçer, S. 2011. Poliklorlu Bifeniller ve Sucum Yaşam. Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi, Cilt: 3, Sayı: 1, Haziran 2011, 73-87

Çelikten, H. 2013. İstanbul atmosferinde poliklorlu bifenil (pcb) konsantrasyonlarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü. 2009. PCB ve PCT İçeren Atıkların Yönetimi El Kılavuzu.

Dönmez, B. G. 2012. Toprak Örneklerinde Poliklorlu Bifenillerin (PCB) Kirliliğinin Araştırılması ve Yasal Sınır Değerlerinin Uygulanabilirliğinin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Egsmose, E. L., Bräuner, E. V., Frederiksen, M., Mørck, T. A., Siersma, V. D., Hansen, P. W., Nielsen, F., Grandjean, P., Knudsen, L. E. 2016. Associations between plasma concentrations of PCB 28 and possible indoor exposure sources in Danish school children and mothers. Environment International, 87:, 13–19. https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.11.005

Elbayoumi, M., Ramli, N. A., Yusof, N. F. F. M., & Al Madhoun, W. 2014. The effect of seasonal variation on indoor and outdoor carbon monoxide concentrations in Eastern Mediterranean climate. *Atmospheric Pollution Research*, *5*(2), 315–324. https://doi.org/10.5094/APR.2014.037

Erıckson, M.D. 1997. Analytical Chemistry of PCBs. Lewis Publishers, CRC press, USA, 667 s.

Erkul, Ş. N. 2019. Bursa'daki Zeytin Arazilerinde Poliklorlu Bifenil (Pcb) Konsantrasyonları Ve Hava-Toprak Arakesitindeki Değişimleri. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Esen, F. 2006. Bursa Atmosferi'ndeki Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların (Pah'ların) Gaz/Partikül Konsantrasyon Dağılımları Ve Kuru Çökelme Miktarları. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Esen, F., Sakın, A. E., Sari, M. F. 2017. Bursa'da Trafiğin Yoğun Olduğu Bir Bölgede Pasif Hava Örnekleyici Kullanarak Poliklorlu Bifenillerin (Pcb'lerin) Konsantrasyonlarının Mevsimsel Olarak Belirlenmesi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 22, Sayı 3.

Frederiksen, M., Meyer, H.W., Ebbehøj, N.E., Gunnarsen, L. 2012. Polychlorinated biphenyls (PCBs) in indoor air originating from sealants in contaminated and

uncontaminated apartments within the same housing estate. Chemosphere 89, 473-479.
Ghanavati, N., Nazarpour, A., Watts, M.J. 2019. Status, source, ecological and health risk assessment of toxic metals and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in street dust of Abadan, Iran. Catena 177, 246–259. https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.02.022
Güvenç, D., Aksoy, A. 2007. Poliklorlu Bifenillerin Toksikolojisi. Veteriner Hekimler Derneği Dergisi Cilt: 78 Sayı: 2 Yıl: 2007
Hansen, L.G. 1999. The Ortho Side of PCB's Occurrence and Disposition, Kluwer Academic Publishers, Boston, London, 0-7923-8541-1.
Hartl, D.L., Clark, A.G. 1989. Principles of population genetics. Sinauer Associates Inc., Massachusetts, USA, 682 pp.
Heinzow, B., Mohr, S., Ostendorp, G., Kerst, M., Körner, W. 2007. PCB and dioxin-like PCB in indoor air of public buildings contaminated with different PCB sources - deriving toxicity equivalent concentrations from standard PCB congeners. Chemosphere, 67(9):, 1746–1753. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.05.120
Herkert, N.J., Spak, S.N., Smith, A., Schuster, J.K., Harner, T., Martinez, A., Hornbuckle, K.C. 2018. Calibration and evaluation of PUF-PAS sampling rates across the global atmospheric passive sampling (GAPS) network. Environ. Sci. Process. Impacts 20, 210–219. https://doi.org/10.1039/c7em00360a
Hogarh, J. N., Seike, N., Kobara, Y., Habib, A., Nam, J. J., Lee, J. S., Li, Q., Liu, X., Li, J., Zhang, G., Masunaga, S. 2012. Passive air monitoring of PCBs and PCNs across East Asia: A comprehensive congener evaluation for source characterization. Chemosphere, 86(7):, 718–726. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.10.046
Hu, Z., Li, J., Li, B., & Zhang, Z. 2019. Annual changes in concentrations and health risks of PCDD/Fs, DL-PCBs and organochlorine pesticides in ambient air based on the Global Monitoring Plan in São Paulo. *Environmental Pollution*, *255*, 113310. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113310
Isık, E., Ünal, H. 2003. Yerli yapım süt sağma makinasının performans değerlerinin saptanması. Uludağ Üniversitesi, *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(1): 79-93.
Iwegbue, C. M. A., Eyengho, S. B., Egobueze, F. E., Odali, E. W., Tesi, G. O., Nwajei, G. E., Martincigh, B. S. 2019. Polybrominated diphenyl ethers and polychlorinated biphenyls in indoor dust from electronic repair workshops in southern Nigeria: Implications for onsite human exposure. Science of the Total Environment, 671:, 914–927. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.449
Kandemir, M. 2010. Atmosferik Poliklorlu Bifenillerin Islak Ve Kuru Çökelme Miktarlarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
Karaca, O., Akyüz, N., Andiç, S., Altın, T. 2003. Karakaş koyunların süt verim özellikleri. *Turk J. Vet. Anim. Sci.,* 27(3): 589–594.
Kaya, N., Öztürk, F. 2001. Algorithms for Grouping Machining Operations and Planning Workpiece Location Under Dynamic Machining Conditions. *International Journal of Production Research*, 39(15): 3329-3351.
Kayıkçı, G. 2017. Bursa'da İç Ve Dış Mekan Hava Örneklerinde Poliaromatik Hidrokarbonların (PAHs) İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Kestioğlu, K., Yalılı, M. 2006. Yüksek KOİ içerikli tekstil atıksularının kimyasal çökeltim ve adsorpsiyon yöntemleriyle arıtılabilirliği. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 15(59): 27-31.

Kim, K.,Masunaga, S. 2005. Behavior andsource characteristic of PCBsin urban ambient air of Yokohama , Japan. Environ. Pollut. 138, 290–298. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2005.03.011.

Kong, D., Li, X., Yao, J., He, Y., Luo, J., Yang, M. 2020. Health risk assessment and bioaccessibility of toxic elements in edible and medicinal plants under different consumption methods. Microchemical Journal, 159(September):, 105577. https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105577

Kunene, N.W., Bezuidenhout, C.C., Nsahlai, I.V. 2008. Use of random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers for detecting genetic similarity between and within Zulu (Nguni) sheep populations. The 10 th World Conference on Animal Production, 23-27 November, 2008, Cape Town, South Africa.

Kurt-Karakus, P. B., Alegria, H., Jantunen, L., Birgul, A., Topcu, A., Jones, K. C., & Turgut, C. 2017. Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) and alternative flame retardants (NFRs) in indoor and outdoor air and indoor dust from Istanbul-Turkey: Levels and an assessment of human exposure. *Atmospheric Pollution Research*, *8*(5), 801–815. https://doi.org/10.1016/j.apr.2017.01.010

Kurt-Karakus, P. B., Ugranli-Cicek, T., Sofuoglu, S. C., Celik, H., Gungormus, E., Gedik, K., Sofuoglu, A., Okten, H. E., Birgul, A., Alegria, H., & Jones, K. C. 2018. The first countrywide monitoring of selected POPs: Polychlorinated biphenyls (PCBs), polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) and selected organochlorine pesticides (OCPs) in the atmosphere of Turkey. *Atmospheric Environment*, *177*(July 2017), 154–165. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.01.021

Kuusisto, S., Lindroos, O., Rantio, T., Priha, E., Tuhkanen, T. 2007. PCB contaminated dust on indoor surfaces - Health risks and acceptable surface concentrations in residential and occupational settings. Chemosphere, 67(6):, 1194–1201. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.10.060

Li, M., Zhou, Y., Wang, G., Zhu, G., Zhou, X., Gong, H., Sun, J., Wang, L., Jinsong Liu. 2021. Evaluation of atmospheric sources of PCDD/Fs, PCBs and PBDEs around an MSWI plant using active and passive air samplers. Chemosphere, 274:, 129685. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129685

Lin, S., Zhao, B., Ying, Z., Fan, S., Hu, Z., Xue, F., Zhang, Q. 2020. Residual characteristics and potential health risk assessment of polychlorinated biphenyls (PCBs) in seafood and surface sediments from Xiangshan Bay, China (2011–2016). Food Chemistry, 327(February):, 126994. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126994

Liu, R., Ma, S., Li, G., Yu, Y., An, T. 2019. Comparing pollution patterns and human exposure to atmospheric PBDEs and PCBs emitted from different e-waste dismantling processes. J. Hazard Mater. 369, 142–149. httpsdoi.org10.1016j.jhazmat.2019.02.029.

Lyng, N. L., Gunnarsen, L., & Andersen, H. V. 2015. The effect of ventilation on the indoor air concentration of PCB: An intervention study. *Building and Environment*, *94*(P1), 305–312. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.08.019

Malanıchev, A., Mantseva, E., Shatalov, V., Strukov, B., Vulykh, N. 2004. Numerical evaluation of the PCBs transport over the Northern Hemisphere. Environ. Pollu., 128: 279-289.

Man, Y. B., Lopez, B. N., Wang, H. S., Leung, A. O. W., Chow, K. L., Wong, M. H. 2011. Cancer risk assessment of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in former agricultural soils of Hong Kong. Journal of Hazardous Materials, 195:, 92–99. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.08.010

Mari, M., Schuhmacher, M., Feliubadaló, J., Domingo, J. L. 2008. Air concentrations of PCDD/Fs, PCBs and PCNs using active and passive air samplers. Chemosphere, 70(9):, 1637–1643. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.07.076

Melrose, D.B., McPhedran, R.C. 1991. Electromagnetic processes in dispersive media. Cambridge University Press, New York, USA, 431 pp.

Melymuk, L., Bohlin-Nizzetto, P., Kukučka, P., Vojta, Š., Kalina, J., Čupr, P., Klánová, J. 2016. Seasonality and indoor/outdoor relationships of flame retardants and PCBs in residential air. Environmental Pollution, 218:, 392–401. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.07.018

Mihankhah, T., Saeedi, M., & Karbassi, A. 2020. Contamination and cancer risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in urban dust from different land-uses in the most populated city of Iran. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *187*(August 2019), 109838. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109838

Moody, D.E., Pomp, D., Newman, S., MacNeil, M.D. 1996. Characterization of DNA polymorphism in three populations of Hereford cattle and their associations with growth and maternal EDP in line 1 Herefords. *J. Anim. Sci.,* 74: 1784–1793.

Oğulmuş, R. 2012. Bursa Topraklarındaki Poliklorlu Bifenillerin (Pcb'ler) Bölgesel Ve Mevsimsel Değişimleri. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Okeme, J. O., Saini, A., Yang, C., Zhu, J., Smedes, F., Klánová, J., Diamond, M. L. 2016. Calibration of polydimethylsiloxane and XAD-Pocket passive air samplers (PAS) for measuring gas- and particle-phase SVOCs. Atmospheric Environment, 143:, 202–208. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.08.023

Oner, Y., Elmaci, C. 2006. Milk Protein Polymorphisms in Holstein Cattle. *Int. J. Dairy Technol.,* 59(3): 180-182.

Öner, Y. 2004. Siyah alaca süt sığırlarında süt proteinleri polimorfizmi. *Yüksek Lisans Tezi*, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalı, Bursa.

Öztürk, F. 1997. Kırıkkale ve tuzgölü arasındaki bölgenin manyetik ve gravite anomalilerinin incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, AÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Ankara.

Paloluoğlu, C. 2016. Erzurum'da Çeşitli Örnekleme Yöntemleri Kullanarak Farklı Ortamlardaki Poliklorlubifenillerin (PCB'lerin) Konsantrasyonlarının Belirlenmesi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

Paloluoğlu, C., Bayraktar, H. 2019. Atmospheric Polychlorinated Biphenyls (PCBs); Sampling, Extraction and Analysis. Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Cilt 2, Sayı 2.

Persoon, C., Hornbuckle, K. C. 2009. Calculation of passive sampling rates from both native PCBs and depuration compounds in indoor and outdoor environments. Chemosphere,74(7):, 917–923. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.10.011

Petrovic, M., Sremacki, M., Radonic, J., Mihajlovic, I., Obrovski, B., Vojinovic Miloradov, M. 2018. Health risk assessment of PAHs, PCBs and OCPs in

atmospheric air of municipal solid waste landfill in Novi Sad, Serbia. Science of the Total Environment, 644:, 1201–1206. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.008

Porat, R., Pavoncello, D., Ben-Hayyim, G., Lurie, S. 2002b. A heat treatment induced the expression of a Na+/H+ antiport gene in citrus fruit. *Plant Sci.,* 162: 957–963.

Porat, R., Pavoncello, D., Lurie, S., McCollum, T.G. 2002a. Identification of a grapefruit cDNA belonging to a unique class of citrus dehydrins and characterization of its expression patterns under temperature stress conditions. *Physiol. Plant.,* 115: 598–603.

Pozo, K., Harner, T., Lee, S. C., Sinha, R. K., Sengupta, B., Loewen, M., Geethalakshmi, V., Kannan, K., Volpi, V. 2011. Assessing seasonal and spatial trends of persistent organic pollutants (POPs) in Indian agricultural regions using PUF disk passive air samplers. Environmental Pollution, 159(2):, 646–653. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.09.025

Prusiner, S.B. 1998. Prions. *Proc Natl Acad Sci.,* 95 (23), 13363-13383.

Ranjbar Jafarabadi, A., Mashjoor, S., Riyahi Bakhtiari, A., Jadot, C. 2020. Dietary intake of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from coral reef fish in the Persian Gulf — Human health risk assessment. Food Chemistry, 329(August 2019):, 127035. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127035

Ranjbar Jafarabadi, A., Riyahi Bakhtiari, A., Mitra, S., Maisano, M., Cappello, T., Jadot, C. 2019. First polychlorinated biphenyls (PCBs) monitoring in seawater, surface sediments and marine fish communities of the Persian Gulf: Distribution, levels, congener profile and health risk assessment. Environmental Pollution, 253:, 78–88. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.07.023

Ren, J. 2003. Isolation and molecular characterization of the stearoyl-CoA desaturase (SCD) gene affecting fat deposition in pigs. *Ph.D. Thesis*, Faculty of Agricultural sciences, Georg-August-University Göttingen, Germany.

Rudel, R. A., Seryak, L. M., Brody, J. G. 2008. "PCB-containing wood floor finish is a likely source of elevated PCBs in residents' blood, household air and dust: A case study of exposure", Environ. Heal. A Glob. Access Sci. Source, c. 7, ss. 1–8.

S. Harrad vd. 2009. "Polychlorinated biphenyls in domestic dust from Canada, New Zealand, United Kingdom and United States: Implications for human exposure", Chemosphere, c. 76, sayı 2, ss. 232–238.

Sahin, R., Bizim, O. 2003. Some subgroups of the extended Hecke groups . *Acta Math. Sci.,* 23(4): 497-502.

Sakin A. E. 2015. Bursa'da Yarıkırsal Bir Bölgede Poliklorlu Bifenillerin(Pcb'ler) Farklı Örnekleyiciler Kullanılarak Örneklenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Salihoglu, G., & Tasdemir, Y. 2009. Prediction of the PCB pollution in the soils of Bursa, an industrial city in Turkey. *Journal of Hazardous Materials*, *164*(2–3), 1523–1531. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.09.071

Sari, M. F. 2019. Bursa'da Poliklorlu Bifenil (Pcb) Konsantrasyonlarının Zamansal Ve Mekansal Değişimlerinin Aktif-Pasif Hava Örnekleyicileri Ve Arı-Arı Ürünleri İle Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Sari, M. F., Córdova Del Águila, D. A., Tasdemir, Y., Esen, F. 2020c. Atmospheric concentration, source identification, and health risk assessment of persistent organic pollutants (POPs) in two countries: Peru and Turkey. Environmental Monitoring

and Assessment, 192(10):. https://doi.org/10.1007/s10661-020-08604-8
Sari, M. F., Esen, F., Cordova Del Aguila, D. A., Kurt Karakus, P. B. 2020a. Passive sampler derived polychlorinated biphenyls (PCBs) in indoor and outdoor air in Bursa, Turkey: Levels and an assessment of human exposure via inhalation. Atmospheric Pollution Research, 11(6):, 71–80. https://doi.org/10.1016/j.apr.2020.03.001
Sari, M. F., Gurkan Ayyildiz, E., Esen, F. 2020b. Determination of polychlorinated biphenyls in honeybee, pollen, and honey samples from urban and semi-urban areas in Turkey. Environmental Science and Pollution Research, 27(4):, 4414–4422. https://doi.org/10.1007/s11356-019-07013-w
Schettgen, T., Alt, A., Preim, D., Keller, D., Kraus, T. 2012. Biological monitoring of indoor-exposure to dioxin-like and non-dioxin-like polychlorinated biphenyls (PCB) in a public building. Toxicology Letters, 213(1):, 116–121. https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2011.06.005
Seyran, A., Erişir, M. 2008. Poli Klorlu Bifeniller ve Sağlık Üzerine Etkileri. Fırat Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Biyokimya Anabilim Dalı, Elazığ, TÜRKİYE. 2008: 22 (1): 33 – 40.
Siddik Cindoruk, S., Tasdemir, Y. 2007. Characterization of gas/particle concentrations and partitioning of polychlorinated biphenyls (PCBs) measured in an urban site of Turkey. Environmental Pollution, 148(1):, 325–333. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2006.10.018
Sipos, W., Kraus, M., Schmool, F., Achmann, R., Baumgartner, W. 2002. PrP genotyping of Austrian sheep breeds. *J. Vet. Med. A.,* 49: 415-418.
Sun, H., Chen, H., Yao, L., Chen, J., Zhu, Z., Wei, Y., Ding, X., Chen, J. 2020. Sources and health risks of PM2.5-bound polychlorinated biphenyls (PCBs) and organochlorine pesticides (OCPs) in a North China rural area. Journal of Environmental Sciences (China), 95:, 240–247. https://doi.org/10.1016/j.jes.2020.03.051
Şişman, T. 2007. Poliklorlu Bifenil Bileşiklerinin Danio Rerio'nun (Zebra Balığı) Gelişimi Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
Tasdemir, Y., Esen, F. 2007. Urban air PAHs: Concentrations, temporal changes and gas/particle partitioning at a traffic site in Turkey. Atmospheric Research, 84(1): 1–12. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2006.04.003
Taşdemir, Y., Salihoglu, G., Salihoglu, N.K., Birgül, A. 2012. Air–soil exchange of PCBs: Seasonal variations in levels and fluxes with influence of equilibrium conditions. Environmental Pollution, 169: 90–97.
Tue, N. M., Takahashi, S., Suzuki, G., Isobe, T., Viet, P. H., Kobara, Y., Seike, N., Zhang, G., Sudaryanto, A., Tanabe, S. 2013. Contamination of indoor dust and air by polychlorinated biphenyls and brominated flame retardants and relevance of non-dietary exposure in Vietnamese informal e-waste recycling sites. Environment International, 51:, 160–167. https://doi.org/10.1016/j.envint.2012.11.006
Tuncel, E. 2009. Hayvan ıslahı. Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ders Notları No: 46, Bursa, 216 s.
Turhan, A. 2010. Poliklorlu Bifenillerin (Pcb'ler) Atmosferik Konsantrasyonları Ve Toplam Çökelme Seviyeleri. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

U.S. EPA. 2005. Sources of PCB emissions. EMEP/CORNAIR Emission Inventory Guidebook.
UNEP. 1999. Guidelines for the Identification of PCBs and Materials Containing PCBs.
Urbanıak, M. 2014. Biodegradation of PCDDs/PCDFs and PCBs. In: Biodegradation-Engineering and Technology, Ed: Chamy, R., Rosenkranz F. Croatia. pp. 73–100
Ünver Alçay, A., Yalçın, S. 2015. İç Ortam Havası Biyoaerosolleri ve Mikrobiyal Hava Kalitesi Ölçüm Metodları. ABMYO Dergisi. 39 - (17-30)
Verim, İ. 2019. Bursa'nın Üç Farklı Bölgesinde Poliklorlu Bifenillerin (PCB'ler) Zeytin Ağacı Ve Çam Ağacı Bileşenleri Kullanılarak Biyoizlenmesi Ve Kaynak Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
Vilotte, J.L., Soulier, S., Printz, C., Mercier, J.C. 1991. Sequence of the goat α-lactalbumin-encoding gene: Comparison with the bovine gene and evidence of related sequences in the goat genome. *Gene*, 98: 271- 276.
Wang, W., Huang, M. J., Zheng, J. S., Cheung, K. C., & Wong, M. H. 2013. Exposure assessment and distribution of polychlorinated biphenyls (PCBs) contained in indoor and outdoor dusts and the impacts of particle size and bioaccessibility. *Science of the Total Environment*, *463–464*, 1201–1209. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.04.059
Wang, X., Banks, A. P. W., He, C., Drage, D. S., Gallen, C. L., Li, Y., Li, Q., Thai, P. K., Mueller, J. F. 2019. Polycyclic aromatic hydrocarbons, polychlorinated biphenyls and legacy and current pesticides in indoor environment in Australia – occurrence, sources and exposure risks. Science of the Total Environment, 693:, 133588. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133588
Wang, X., Xu, H., Zhou, Y., Wu, C., Kanchanopas-barnette, P. 2016. Spatial distribution and sources of polychlorinated biphenyls in surface sediments from the zhoushan archipelago and xiangshan harbor, east China sea. Mar. Pollut. Bull. 105, 385–392. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.02.022.
WHO (World Health Organization). 2019. Persistent Organic Pollutants (POPs). https://www.who.int/foodsafety/areas_work/chemical-risks/pops/en/.
Wilkins, R.J., Davey, H.W. 1997. A polymorphic microsatellite in the bovine leptin gene. *Anim.Genet*., 28: 376-376.
Wu, X., Chen, A., Wang, S., Zou, J., Liu, H., Xiao, S. 2018. Polychlorinated biphenyls in two typical landforms of Southern Anhui province, China: sources, air-soil exchange, and risk assessment. Atmos. Pollut. Res. 9, 569e576.
Xie, Q., Yu, R. Q., Yu, R., Wang, Z., Zhang, X., & Wu, Y. 2021. Historic changes of polychlorinated biphenyls (PCBs) in juvenile and adult cetaceans from the Pearl River estuary from 2003 to 2020. *Science of the Total Environment*, *800*, 149512. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149512
Yağcı, G., 2018. Ev Tozlarında PCB Seviyelerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
Yang, L., Hu, Z., Yan, F. 2019. Threats of indicator polychlorinated biphenyls (PCBs) in six molluscs from market to food safety: A case study in Haikou City, China. Marine Pollution Bulletin, 138(November 2018): 187–192. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.046
Yavuzer, G. 2007. The use of computerized Gait Analysis in the assesment of neuromusculoskeletal disorders. *Journal of Physical Medicine and Rehabilitation Sciences*, 10(2): 43-45.

Yeh, F., Yang, R.C., Boyle, T. 2000. Popgene (v.1.32), Microsoft Windowsbased freeware for Population Genetic analysis. http://www.ualberta.ca/*fyeh/Pop32.exe (Erişim tarihi: 14.01.2004).

Yolsal, D. 2011. Poliklorlu Bifenilleri Arakesitindeki Dağılımların (Pcb'ler) Hava-Toprak. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Zhang, X., Diamond, M.L., Robson, M., Harrad, S.J. 2011. Sources, emissions, and fate of polybrominated diphenyl ethers and polychlorinated biphenyls indoors in Toronto, Canada. Environ. Sci. Technol. 45, 3268-3274.

EKLER

EK 1 Örnekleme periyodu boyunca hesaplanan hava hacimleri (m^3/gün)

Ek 1. Örnekleme periyodu boyunca hesaplanan hava hacimleri (m^3/gün)

PCB Türleri	Aralık	Ocak	Şubat
PCB#4	3,14	2,41	3,39
PCB#8	3,14	2,41	3,39
PCB#16/18	2,99	2,30	3,23
PCB#41	2,87	2,20	3,10
PCB#26	2,99	2,30	3,23
PCB#33	2,99	2,30	3,23
PCB#45/48/53	2,87	2,20	3,10
PCB#64	2,87	2,20	3,10
PCB#56/71	2,87	2,20	3,10
PCB#66	2,87	2,20	3,10
PCB#77	2,87	2,20	3,10
PCB#84	2,77	2,12	2,99
PCB#91	2,77	2,12	2,99
PCB#97	2,77	2,12	2,99
PCB#95	2,77	2,12	2,99
PCB#100/87	2,77	2,12	2,99
PCB#110/101	2,77	2,12	2,99
PCB#114	2,77	2,12	2,99
PCB#105/131	2,77	2,12	2,99
PCB#119/153	2,67	2,05	2,89
PCB#135	2,67	2,05	2,89
PCB#172	2,59	1,99	2,80
PCB#180	2,59	1,99	2,80
PCB#200	2,52	1,94	2,72
PCB#205	2,52	1,94	2,72
PCB#170	2,59	1,99	2,80
PCB#174	2,59	1,99	2,80
PCB#194	2,52	1,94	2,72
PCB#202	2,52	1,94	2,72
PCB#207	2,46	1,89	2,66
PCB#206	2,46	1,89	2,66