



**BURSA'DA ÇAM BİLEŞENLERİ VE PASİF HAVA  
ÖRNEKLEYİCİLER (PHÖ'LER) KULLANILARAK ATMOSFERİK  
POLİKLORLU BİFENİLLER'İN (PCB'LERİN) MEVSİMSEL VE  
BÖLGESEL SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ**

**BURAK ÇALIŞKAN**



T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BURSA'DA ÇAM BİLEŞENLERİ VE PASİF HAVA ÖRNEKLEYİCİLER  
(PHÖ'LER) KULLANILARAK ATMOSFERİK POLİKLORLU  
BİFENİLLER'İN (PCB'LERİN) MEVSİMSEL VE BÖLGESEL  
SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ**

**Burak ÇALIŞKAN**

Prof. Dr. Yücel TAŞDEMİR  
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA 2017

## TEZ ONAYI

Burak ÇALIŞKAN tarafından hazırlanan “Bursa’da Çam Bileşenleri ve Pasif Hava Örnekleyiciler (PHÖ’ler) Kullanılarak Atmosferik Poliklorlu Bifeniller’in (PCB’lerin) Mevsimsel ve Bölgesel Seviyelerinin Belirlenmesi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Yücel TAŞDEMİR


Başkan :Prof. Dr. Yücel TAŞDEMİR  
Uludağ Ü. Mühendislik Fakültesi,  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Doç. Dr. Fatma ESEN  
Uludağ Ü. Mühendislik Fakültesi,  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Yrd. Doç. Dr. Aşkın BİRGÜL  
Bursa Teknik Ü.  
Doğa Bilimleri, Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi,  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza  
İmza  
İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

  
Prof. Dr. Sevgan ÇELENK  
Enstitü Müdürü  
17.12.17(Tarih)

**U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;**

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

.../.../....

**İmza**

**Burak ÇALIŞKAN**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BURSA'DA ÇAM BİLEŞENLERİ VE PASİF HAVA ÖRNEKLEYİCİLER (PHÖ'LER) KULLANILARAK ATMOSFERİK POLİKLORLU BİFENİLLER'İN (PCB'LERİN) MEVSİMSSEL VE BÖLGESEL SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ

**Burak ÇALIŞKAN**

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Prof. Dr. Yücel TAŞDEMİR

Bu çalışmada Ocak 2016 ve Haziran 2016 ayları arasında 30 günlük periyotlar ile pasif hava örnekleyiciler (PHÖ), çam iğne ve dal bileşenleri kullanılarak poliklorlu bifenillerin (PCB'lerin) seviyeleri belirlenmeye çalışılmıştır. Kırsal, yarı kırsal, kentsel, yarı endüstriyel ve endüstriyel beş farklı özellikteki bölgelerde PHÖ'lerle ile ölçülen konsantrasyonlar sırasıyla  $54,41 \pm 21,37$  pg/m<sup>3</sup>;  $77,85 \pm 20,90$  pg/m<sup>3</sup>;  $126,02 \pm 16,45$  pg/m<sup>3</sup>;  $108,15 \pm 29,18$  pg/m<sup>3</sup>;  $700,25 \pm 147,69$  pg/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Çam iğnelerindeki konsantrasyonlar sırasıyla  $16,00 \pm 11,33$  ng/g KM;  $15,73 \pm 2,47$  ng/g KM;  $16,39 \pm 0,73$  ng/g KM;  $14,25 \pm 5,67$  ng/g KM;  $35,75 \pm 8,73$  ng/g KM olarak tespit edilmişken, çam dallarındaki konsantrasyonlar  $21,83 \pm 6,43$  ng/g KM;  $19,32 \pm 6,15$  ng/g KM;  $19,04 \pm 1,92$  ng/g KM;  $29,06 \pm 7,86$  ng/g KM ve  $40,0 \pm 5,05$  ng/g KM olarak hesaplanmıştır. Ayrıca çalışma kapsamında Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü 1. Bölge'den (U1) iki yıllık dal numuneleri toplanmışken, Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü 2. Bölge'den (U2) iki yıllık iğne ve dal numuneleri toplanmıştır. U1 bölgesinde iki yıllık dallardaki konsantrasyon  $25,71 \pm 10,39$  ng/g KM, U2 bölgesindeki iki yıllık iğne ve dallardaki konsantrasyon ise sırasıyla  $11,90 \pm 3,58$  ng/g KM,  $14,63 \pm 7,49$  ng/g KM olarak hesaplanmıştır. PUF diskler ile gerçekleştirilen örneklemede bahar aylarındaki konsantrasyonlar yüksek olarak tespit edilmişken çam bileşenlerinde genellikle kış aylarında daha yüksek konsantrasyonlar elde edilmiştir. Ayrıca çalışma kapsamında ağır molekül PCB'ler çam bileşenlerinde pasif örnekleme çalışmalarına kıyasla daha yüksek oranlarda tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** PCB, PUF, çam, iğne, dal, Bursa

**2017, xi +140 sayfa**

## ABSTRACT

MSc Thesis

### DETERMINATION OF SEASONAL AND REGIONAL LEVELS OF ATMOSPHERIC POLYCHLORINATED BIPHENYLS (PCBS) USING PINE COMPOUNDS AND PASSIVE AIR SAMPLERS (PASS) IN BURSA

**Burak CALIŞKAN**

Uludag University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Environmental Engineering

**Supervisor:** Prof. Dr. Yücel TAŞDEMİR

In this study, we attempted to determine the levels of polychlorinated biphenyls (PCBs) using passive air samplers (PAS), pine needles and branch components with 30-day periods between January 2016 and June 2016. In five different areas, the rural, semi-rural, urban, semi-industrial and industrial, the concentrations measured with PAS were calculated to be  $54,41 \pm 21,37$  pg / m<sup>3</sup>;  $77,85 \pm 20,90$  pg / m<sup>3</sup>;  $126,02 \pm 16,45$  pg / m<sup>3</sup>;  $108,15 \pm 29,18$  pg / m<sup>3</sup> and  $700,25 \pm 147,69$  pg / m<sup>3</sup>, respectively. While concentrations in pine needles were determined to be  $16,00 \pm 11,33$  ng / g KM;  $15,73 \pm 2,47$  ng / g KM;  $16,39 \pm 0,73$  ng / g KM;  $14,25 \pm 5,67$  ng / g KM; and  $35,75 \pm 8,73$  ng / g KM, concentrations in pine branches were found to be  $21,83 \pm 6,43$  ng / g KM,  $19,32 \pm 6,15$  ng / g KM,  $19,04 \pm 1,92$  ng / g KM;  $29,06 \pm 7,86$  ng / g KM and  $40,0 \pm 5,05$  ng / g KM, respectively. In addition, while two-year branch samples were collected from Uludag University Görükle Campus Region 1 (U1), two-year needle and branch samples were collected from Uludağ University Görükle Campus Region 2 (U2). In the U1 region, the average concentration at two-year branches was  $25,71 \pm 10,39$  ng / g KM and the concentration at the two-year needles in the U2 region and the concentration at the branches were  $11,90 \pm 3,58$  ng / g KM and  $14,63 \pm 7,49$  ng / g. KM, respectively. In PUF discs concentrations in spring were higher in samples, while higher concentrations were found in pine components in winter. In addition, heavy molecular PCBs have been detected at higher levels in pine components compared to passive sampling studies.

**Keywords:** PCB, PUF, pine, needle, branch, Bursa

**2017, xi +140 pages**

## TEŞEKKÜR

Bu alıőmanın yürütölmesi ve sonuçlandırılması aőamalarında bilgi ve tecrübelerini esirgemededen bana sunan saygıdeğer hocam Prof. Dr. Yücel TAŞDEMİR'e, aklıma takılan her sorunun çözümü için vakit ayıran değerli hocalarım Doç. Dr. Sıddık CİNDORUK'a ve Doç. Dr. Fatma ESEN'e, laboratuvar çalıőmalarında ve sonuçlarında bana her türlü bilgi ve yardım desteği veren Araő. Gör. Ahmet Egemen SAKIN'a, laboratuvar çalıőmalarımnda bana eşlik eden Selçuk ESKİN, Uğur DURSUN, Ali İhsan ÇOŐKUN, Rutkay KAPTAN ve ismini sayamadığım diğer arkadaşlarıma, her zaman arkamda olan ve desteklerini benden esirgemeyen babam Candan ÇALIŞKAN, annem Sevda ÇALIŞKAN'a, ablam Meryem ÇALIŞKAN ve kardeőim Burhan ÇALIŞKAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın maddi desteğini sağlayan TÜBİTAK'a (Proje no: 114Y577) teşekkür ederim.

Burak ÇALIŞKAN

.../.../....

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZGELGELER DİZİNİ .....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRILMASI.....	3
2.1. PCB'ler ve Genel Özellikleri .....	3
2.2. PCB'lerin Kaynakları.....	4
2.3. PCB'lerin Etkileri .....	5
2.4. Pasif Hava Örnekleyicisi (PHÖ) ile Atmosferik PCB Konsantrasyonlarının Belirlenmesi .....	5
2.5. Hava Kirleticilerinin Bitki Bünyesine Alınması.....	7
2.6. Çam Bileşenlerindeki PCB Birikimi ve Literatürdeki Çam Bileşenlerinin Analizi ..	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	13
3.1. Örnekleme Noktaları.....	13
3.2. Örnek Hazırlama ve Ekstraksiyon .....	23
3.3. Örneklerin Yoğunlaştırılması.....	24
3.4. Örneklerin Fraksiyonu .....	24
3.5. Fraksiyon Sonrası Hacim Azaltma ve Asit ile Yıkama .....	26
3.6. Jel Geçirgenlik Kromatografisi (GPC) .....	27
3.7. Nem İçeriğinin Belirlenmesi .....	27
3.8. Lipid İçeriğinin Belirlenmesi .....	28
3.9. Örneklerin Analizi.....	29
3.10. Kalite Kontrolü.....	30
4.BULGULAR VE TARTIŞMA .....	33
4.1. Kırsal Bölge Örnekleri .....	33
4.1.1. Dış ortam hava örnekleri.....	33
4.1.2. Çam örnekleri.....	37
4.2. Yarı Kırsal Bölge Örnekleri .....	45



4.2.1. Dış ortam hava örnekleri.....	45
4.2.2. Çam örnekleri.....	52
4.3. Kentsel Bölge Örnekleri.....	69
4.3.1. Dış ortam hava örnekleri.....	69
4.3.2. Çam örnekleri.....	76
4.4. Yarı Endüstriyel Bölge Konsantrasyonları .....	89
4.4.1. Dış ortam hava örnekleri.....	89
4.4.2. Çam örnekleri.....	94
4.5. Endüstriyel Bölge Örnekleri .....	101
4.5.1. Dış ortam hava örnekleri.....	101
4.5.2. Çam örnekleri.....	107
4.6. Örnekleme Noktalarının Ortalama Konsantrasyonlarının Bölgesel ve Mevsimsel Olarak İncelenmesi.....	114
4.6.1. Örnekleme noktalarının ortalama konsantrasyonlarının bölgesel olarak incelenmesi.....	114
4.6.2. Örnekleme noktalarının mevsimsel olarak incelenmesi .....	122
4.7. Çam Bileşenlerinin Karşılaştırılması .....	124
4.8. Partikül Faz .....	126
5. SONUÇ .....	130
KAYNAKLAR .....	132
ÖZGEÇMİŞ .....	139

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

cm	Santimetre
H <sub>4</sub> SiO <sub>4</sub>	Silisik Asit
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sodyum Sülfat
ng	Nanogram
pg	Pikogram
R	Örnekleme Katsayısı

### Açıklama

### Kısaltmalar

ACE	Aseton
DCM	Diklorometan
DDT	Dikloro Difenil Trikloroethan
dl-PCB	Dioksin Benzeri Poliklorlu Bifenil
GC	Gaz Kromatografisi
HEX	Hekzan
HVAS	Yüksek Hacimli Hava Örnekleyciler
KOK	Kalıcı Organik Maddeler
LOD	Belirleme Limiti
PCB	Poliklorlu bifenil
PE	Petrol Eteri
PHÖ	Pasif Hava Örnekleycileri
PUF	Poliüretan Köpük
TEF	Toksik Ekivalent Faktör
MY	Mudanya Yörükali
U1	Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü 1. Bölge
U2	Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü 2. Bölge
MG	Mudanya Güzelyalı
GK	Uludağ Üniversitesi Gemlik Kampüsü
BUTAL	Bursa Test ve Analiz Laboratuvarı
GA	Gemlik Atatepe
OA	Orhangazi

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1. Pasif hava örnekleyici .....	6
Şekil 2.2. Yaprakların yapısı .....	8
Şekil 2.3. Organik kirleticilerin bitki bünyesine alınımı .....	12
Şekil 3.1. Örnekleme noktaları .....	14
Şekil 3.2. Mudanya yörükali örnekleme noktası .....	16
Şekil 3.3. Uludağ üniversitesi görükle kampüsü 1. örnekleme noktası .....	17
Şekil 3.4. Uludağ üniversitesi görükle kampüsü 2. örnekleme noktası .....	18
Şekil 3.5. Mudanya güzelyalı örnekleme noktası .....	19
Şekil 3.6. Gemlik kampüsü örnekleme noktası .....	20
Şekil 3.7. BUTAL örnekleme noktası .....	21
Şekil 3.8. Gemlik atatepe örnekleme noktası .....	22
Şekil 3.9. Orhangazi örnekleme noktası .....	23
Şekil 3.10. Fraksiyon kolonu .....	26
Şekil 4.1. Kırsal bölge atmosferik PCB konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi ...	33
Şekil 4.2. Kırsal bölge atmosferinde tespit edilen PCB tür ve seviyeleri .....	34
Şekil 4.3. Kırsal bölge atmosferik indikatör PCB tür ve seviyeleri .....	35
Şekil 4.4. Kırsal bölge atmosferik dl-PCB tür ve seviyeleri .....	36
Şekil 4.5. Kırsal bölge atmosferik PCB homolog grup dağılımları .....	36
Şekil 4.6. Kırsal bölge çam ağacı bileşenlerinde PCB konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi .....	38
Şekil 4.7. Kırsal bölge çam bileşenlerinde görülen tür ve seviyeleri .....	39
Şekil 4.8. Kırsal bölge çam bileşenlerindeki indikatör PCB tür ve seviyeleri .....	40
Şekil 4.9. Kırsal bölge çam bileşenlerindeki dl-PCB tür ve seviyeleri .....	41
Şekil 4.10. Kırsal bölge çam bileşenlerindeki PCB homolog grup dağılımları .....	41
Şekil 4.11. Kırsal bölgedeki PCB türleri konsantrasyonlarının aylık bazda gösterimi ...	43
Şekil 4.12. Yarı kırsal bölgedeki atmosferik PCB konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi .....	45
Şekil 4.13. Yarı kırsal bölge atmosferinde tespit edilen PCB tür ve seviyeleri .....	47
Şekil 4.14. Yarı kırsal bölgedeki atmosferik indikatör PCB tür ve seviyeleri .....	48

Şekil 4.15. Yarı kırsal bölgenin atmosferik dl-PCB tür ve seviyeleri.....	49
Şekil 4.16. Yarı kırsal bölgenin atmosferik PCB homolog grup dağılımları.....	50
Şekil 4.17. UUK'ndeki çam ağacı bileşenlerindeki PCB konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi.....	53
Şekil 4.18. MG bölgesindeki çam ağacı bileşenlerinde PCB konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi.....	54
Şekil 4.19. Yarı kırsal bölgedeki çam bileşenlerinde görülen PCB tür ve seviyeleri.....	56
Şekil 4.20. UÜK'ndeki çam bileşenlerindeki indikatör PCB tür ve seviyeleri.....	58
Şekil 4.21. MG'daki çam bileşenlerindeki indikatör PCB tür ve seviyeleri.....	59
Şekil 4.22. UÜK'ndeki çam bileşenlerindeki dl-PCB tür ve seviyeleri.....	60
Şekil 4.23. MG çam bileşenlerindeki dl-PCB tür ve seviyeleri.....	61
Şekil 4.24. UÜK'ndeki çam bileşenlerindeki PCB homolog grup dağılımları.....	62
Şekil 4.25. MG'daki çam bileşenlerindeki PCB homolog grup dağılımları.....	62
Şekil 4.26. U1 bölgesinde PCB türler konsantrasyonlarının aylık bazda gösterimi.....	64
Şekil 4.27. U2 bölgesinde PCB tür konsantrasyonlarının aylık bazda gösterimi.....	66
Şekil 4.28. MG bölgesinde PCB tür konsantrasyonlarının aylık bazda gösterimi.....	68
Şekil 4.29. Kentsel bölge atmosferik PCB konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi.....	70
Şekil 4.30. Kentsel bölge atmosferinde tespit edilen PCB tür ve seviyeleri.....	71
Şekil 4.31. Kentsel bölge atmosferik indikatör PCB tür ve seviyeleri.....	72
Şekil 4.32. Kentsel bölge atmosferik dl-PCB türleri ve seviyeleri.....	73
Şekil 4.33. Kentsel bölge atmosferik PCB homolog grup dağılımları.....	74
Şekil 4.34. GK'ndeki çam ağacı bileşenlerinde PCB konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi.....	76
Şekil 4.35. BUTAL'ı çam bileşenlerindeki PCB konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi.....	77
Şekil 4.36. Kentsel bölge çam bileşenlerinde görülen tür ve seviyeleri.....	79
Şekil 4.37. GK'ü çam bileşenlerindeki indikatör PCB tür ve seviyeleri.....	80
Şekil 4.38. BUTAL çam bileşenlerindeki indikatör PCB tür ve seviyeleri.....	81
Şekil 4.39. GK bölgesinde çam bileşenlerindeki dl-PCB tür ve seviyeleri.....	82
Şekil 4.40. BUTAL bölgesinde çam bileşenlerindeki dl-PCB tür ve seviyeleri.....	82
Şekil 4.41. GK bölge çam bileşenlerindeki PCB homolog grup dağılımları.....	83

Şekil 4.42. BUTAL bölge çam bileşenlerindeki PCB homolog grup dağılımları .....	84
Şekil 4.43. GK'nde PCB tür konsantrasyonlarının aylık bazda gösterimi.....	86
Şekil 4.44. BUTAL bölgesinde PCB tür konsantrasyonlarının aylık bazda gösterimi...	88
Şekil 4.45. Yarı endüstriyel bölge atmosferindeki PCB konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi .....	90
Şekil 4.46. Yarı endüstriyel bölge atmosferinde tespit edilen PCB tür ve seviyeleri .....	91
Şekil 4.47. Yarı endüstriyel bölge atmosferik indikatör PCB tür ve seviyeleri.....	92
Şekil 4.48. Yarı endüstriyel bölge atmosferik dl-PCB tür ve seviyeleri.....	93
Şekil 4.49. Yarı endüstriyel bölge atmosferik PCB homolog grup dağılımları .....	93
Şekil 4.50. Yarı endüstriyel bölge çam ağacı bileşenlerinde PCB konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi.....	95
Şekil 4.51. Yarı endüstriyel bölge çam bileşenlerinde görülen tür ve seviyeleri.....	96
Şekil 4.52. Yarı endüstriyel bölge çam bileşenlerindeki indikatör PCB tür ve seviyeleri .....	97
Şekil 4.53. Yarı endüstriyel bölge çam bileşenlerindeki dl-PCB türleri ve seviyeleri ...	98
Şekil 4.54. Yarı endüstriyel bölge çam bileşenlerindeki PCB homolog grup dağılımları .....	98
Şekil 4.55. Yarı endüstriyel bölgede PCB tür konsantrasyonlarının aylık bazda gösterimi .....	100
Şekil 4.56. Endüstriyel bölge atmosferik PCB konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi .....	102
Şekil 4.57. Endüstriyel bölge atmosferinde tespit edilen PCB tür ve seviyeleri.....	103
Şekil 4.58. Endüstriyel bölge atmosferik indikatör PCB tür ve seviyeleri .....	104
Şekil 4.59. Endüstriyel bölge atmosferik dl-PCB tür ve seviyeleri .....	105
Şekil 4.60. Endüstriyel bölge atmosferik PCB homolog grup dağılımları .....	106
Şekil 4.61. Endüstriyel bölge çam ağacı bileşenlerinde PCB konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi .....	107
Şekil 4.62. Endüstriyel bölge çam bileşenlerinde görülen tür ve seviyeleri .....	108
Şekil 4.63. Endüstriyel bölge çam bileşenlerindeki indikatör PCB tür ve seviyeleri ...	109
Şekil 4.64. Endüstriyel bölge çam bileşenlerindeki dl-PCB tür ve seviyeleri .....	110
Şekil 4.65. Endüstriyel bölge çam bileşenlerindeki PCB homolog grup dağılımları ...	111
Şekil 4.66. Endüstriyel bölgede PCB tür konsantrasyonlarının aylık bazda gösterimi	113

Şekil 4.67. Dış ortam ve çam bileşenlerinde elde edilen konsantrasyonlar .....	115
Şekil 4.68. Bölgesel özelliklere göre konsantrasyonların dağılımı.....	118
Şekil 4.69. Dış ortamda ölçülen konsantrasyonların aylık seviyeleri .....	120
Şekil 4.70. Çam iğnelerinde ölçülen konsantrasyonların aylık seviyeleri .....	120
Şekil 4.71. Çam dallarında ölçülen konsantrasyonların aylık seviyeleri .....	121
Şekil 4.72. Dış havadaki PCB konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi.....	123
Şekil 4.73. Çam bileşenlerindeki PCB konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi .....	123
Şekil 4.74. Bir ve iki yıllık çam bileşenlerinin konsantrasyonları .....	125
Şekil 4.75. Çam iğne ve dal konsantrasyonlarının karşılaştırılması .....	126
Şekil 4.76. Partikül fazda görülen indikatör PCB türleri ve seviyeleri.....	127
Şekil 4.77. Partikül fazdaki dl-PCB'ler ve seviyeleri.....	128
Şekil 4.78. Partikül fazdaki elde edilen konsantrasyonların homolog dağılımları .....	129

## ÇİZGELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 2.1. PCB'lerin homolog grupları .....	3
Çizelge 2.2. Dış ortamda ölçülen PCB konsantrasyonları .....	7
Çizelge 2.3. Literatürde bitki bileşenlerinde ölçülen ΣPCB konsantrasyonları .....	11
Çizelge 3.1. Örnekleme noktalarının koordinatları .....	15
Çizelge 3.2. Çam bileşenlerinin ortalama nem içerikleri .....	28
Çizelge 3.3. Kampüs bölgelerindeki çam numunelerinin lipid içeriği .....	29
Çizelge 3.4. PUF disklerin ortalama verimleri .....	31
Çizelge 3.5. Çam bileşenlerinin ortalama verimleri .....	31
Çizelge 4.1. Dış ortam ile çam iğneleri arasındaki lineer regresyon $R^2$ ve P değerleri	116
Çizelge 4.2. Dış ortam ile çam dalları arasındaki lineer regresyon $R^2$ ve P değerleri ..	117

## 1. GİRİŞ

Kalıcı organik kirleticiler (KOK'lar) karbon içeren kimyasal maddelerin bir grubu olup genellikle halojenli (klorlanmış ya da bromlanmış), kalıcı ve besin zinciri aracılığı ile biyolojik olarak birikerek insan ve doğa için risk oluşturabilen kirleticilerdir (Jones ve de Voogt 1999). Bu kirleticiler uzun mesafeler boyunca taşınarak hiçbir kaynağın bulunmadığı yerlerdeki su ve karasal ekosistemlerde birikebilmektedirler.

KOK'ların önemli bir üyesi olan poliklorlu bifeniller (PCB'ler) doğada ve canlılarda kalıcı özellik gösteren kirletici gruplarından biridir. Tamamıyla antropojenik aktiviteler sonucu üretilen bu kirleticilerin parçalanması oldukça zordur. Genellikle PCB veya klor içeriğine sahip materyallerin yanması, çöp depolama sahalarından ya da ara kesitlerdeki kütle transferleri aracılığı ile atmosfere geçmektedir (Tasdemir ve ark. 2005). İlk defa 1881 yılında laboratuvar ortamında sentezlenmiş olan PCB'ler 1930 yılından itibaren kullanılmaya başlanmış, çevreye ve insanlara olan etkilerinin ortaya çıkmasından sonra 1979 yılından itibaren üretimleri durdurularak önlemler alınmaya başlanmıştır (Wan ve Mackay 1986, Jones ve ark. 1992, Ross 2004).

KOK'lar pasif ya da aktif örnekleme yöntemleri ile izlenmektedirler (Birgul ve ark. 2017, Odabasi ve ark. 2015, Persoon ve Hornbuckle 2009). Aktif örnekleme elektrik kullanılması sebebiyle maliyetli olmaktadır. Bu sebeple son dönemlerde pasif örnekleme hem işletim kolaylığı hem de maliyetin aktif göre daha az olması sebebiyle sık başvurulan örnekleycilerdir (Estellano ve ark. 2012, Yoonki ve ark. 2014).

Poliüretan diskli (PUF) pasif örnekleyciler kontrolünün kolay olması, uzun süreli kullanılabilmesi ve ucuz olması sebebi ile yarı uçucu organik kirleticilerin ölçülmesinde son yıllarda yaygın olarak kullanılmakta ve atmosferik KOK konsantrasyonları kolaylıkla belirlenebilmektedir (Li ve ark. 2012).

Yeryüzünün büyük bir kısmı bitki örtüsü ile kaplı ve bitkilerin yüzey alanı genellikle ile zengin bir lipid epidermine sahiptir. Bu durumda bitkilerin KOK'ların döngüsü ve dağılımı konusunda önemli bir role sahip olmasına sebep olmaktadır (Ockenden ve ark. 1998). KOK'ların tespitinde çam, domates, zeytin, yosun, kivi, üzüm gibi çeşitli bitkiler kullanılmıştır (Costopoulou ve ark. 2010, Grassi ve ark. 2010). Dünyanın hemen her



yerinde çam türlerine rastlanabilmektedir. Bu nedenle KOK'ların izlenmesinde çamlar en çok kullanılan bitkilerin başında gelmektedir. Çam ağaçlarının lipid içeriğinden dolayı lipofilik KOK'lar bu ağaçlarda birikim göstermekte ve gaz fazındaki hava kirleticileri çam ağaçlarının bileşenleri tarafından sorpsiyona uğramaktadır (Simonich ve Hites 1995).

Bu çalışmada Bursa'da sekiz farklı bölgede Ocak 2016-Haziran 2016 dönemleri arasında hem PUF diskler hem de çam bileşenleri kullanılarak atmosferik PCB örnekleri alınmıştır. Bu çalışmanın başlıca amaçları:

- i. Toplanan PUF ve çam bileşenleri örneklerinde PCB türlerinin ve seviyelerinin belirlenmesi,
- ii. PUF diskler ve çam bileşenleri kullanılarak PCB'lerin bölgesel ve mevsimsel değişiminin belirlenmesi,
- iii. Bir ve iki yıllık çam iğne ve dallar bileşenlerindeki PCB seviyelerinin karşılaştırılması,
- iv. Elde edilen verilerin literatürdeki çalışmalar ile karşılaştırılmasının yapılmasıdır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRILMASI

### 2.1. PCB'ler ve Genel Özellikleri

PCB'lerin toplamda 209 türü bulunmasına karşın bunlardan sadece 130 tanesi ticari ürünlerde bulunmuştur (WHO 1993). Kimyasal formülleri  $C_{12}H_{10-x}Cl_x$  (x= klor sayısı) şeklindedir. Klor sayısı ve derecesini gösteren ifadeye "homolog" adı verilmekte ve toplamda 10 adet homolog grubu bulunmaktadır (Çizelge 2.1). Klor sayısı arttıkça PCB'lerin kaynama noktası artmakta ve buhar basınçları ise azalmaktadır.

Çizelge 2.1. PCB'lerin homolog grupları (Wan ve Mackay 1986)

Bileşik	Formül	Molekül Ağırlığı	Klor Sayısı	Buhar Basıncı	Kaynama Noktası	Türler
Monoklorobifenil	$C_{12}H_9Cl$	188,7	1	1,1	285	1-3
Diklorobifenil	$C_{12}H_8Cl_2$	223,1	2	0,24	312	4-15
Triklorobifenil	$C_{12}H_7Cl_3$	257,6	3	0,054	337	16-39
Tetralorobifenil	$C_{12}H_6Cl_4$	292	4	0,012	360	40-81
Pentaklorobifenil	$C_{12}H_5Cl_5$	326,4	5	$2,6 \times 10^{-3}$	381	82-127
Hekzaklorobifenil	$C_{12}H_4Cl_6$	360,4	6	$5,8 \times 10^{-4}$	400	128-169
Heptaklorobifenil	$C_{12}H_3Cl_7$	395,3	7	$1,3 \times 10^{-4}$	417	170-193
Oktaklorobifenil	$C_{12}H_2Cl_8$	329,7	8	$2,8 \times 10^{-5}$	432	194-205
Nonaklorobifenil	$C_{12}HCl_9$	369,1	9	$6,3 \times 10^{-6}$	445	206-208
Dekaklorobifenil	$C_{12}Cl_{10}$	398,5	10	$1,4 \times 10^{-6}$	456	209

PCB'lerin saf bileşenleri çoğunlukla renksiz ya da hafif sarı renkli olup kokusuz ve kristalize bileşiklerdir (Anonim 2016). Ticari olanları ise bunların karışımı olup hafif sarıdan koyuya doğru renk değişimi gösterebilirler. Bu karışımlar düşük sıcaklıklarda kristalize olmaz, katı reçinelere dönüşürler (Anonim 2016). PCB'lerin önemli bir özelliği inert ve yalıtkan olmalarıdır. PCB'ler asitlere, oksidantlara, alkalilere karşı dirençlidirler ve yüksek parlama noktalarına sahip olmalarından ateşe dayanıklıdırlar. PCB'ler transformatör ve kapasitörlerde dielektirik sıvı, ısı transfer sıvıları gibi çeşitli kullanım alanlarına sahiptirler. Bu kullanım alanlarının genişliği sebebiyle farklı ülkelerde, farklı adlar altındaki piyasaya sürülmüşlerdir. Birçok PCB türünün karışımından meydana

gelen bu ürünler Amerika'da Arochlor, Almanya'da Clophen, Fransa'da Phenchlor, Japonya'da Kanechlor gibi ticari adlarla piyasada kullanılmışlardır (Silberhorn ve ark. 1990).

209 türden 12 tanesinin yapı ve toksik mekanizma açısından dioksinlere benzediği bilinmekte ve bunlara dioksin benzeri PCB'ler (dl-PCB) ya da planar PCB'ler denilmektedir . Bu grubu non-ortho türler 77,81, 126, 169 ve mono-ortho türler 105,114, 118, 123, 156, 157, 167, ve 189 oluşturmaktadır. Dioksin benzeri toksisite göstermeyen PCB'ler ise non-dioksin PCB'ler olarak isimlendirilmiştir ve bu türlerin çevresel izlemede en yaygın kullanılanları PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 ve 180'dir. Bu türlere indikatör PCB'ler denilmektedir (Babut ve ark. 2009). Bu türler çevre, gıda ve insanlarda daha yüksek konsantrasyonlarda rastlanması sebebiyle seçilmiştir.

## **2.2. PCB'lerin Kaynakları**

PCB'ler doğal olarak bulunmazlar ve bunlar antropojenik aktiviteler sonucunda üretilirler ve salınırlar. Günümüzde yetersiz tasarlanmış tehlikeli atık sahalarına PCB içeren atıkların depolanması sebebiyle veya tehlikeli atıkların depolanması için uygun olmayan diğer depolama sahalarına dökülmesi ile çevreye karışabilmektedirler (Anonim 2016). Aynı zamanda PCB'ler, taşınma sırasında gerçekleşen kazalar sonucu dökülmeler, sızıntılar sonucu ya da PCB içeren ürünlerin yanmaları sonucu doğal yaşama girebilmektedirler (Erickson 1997). Evsel ya da endüstriyel atıkların yakılması sonucunda da havada ve toprakta bu kirleticilere rastlanmıştır (Asher ve ark. 2012). Aynı zamanda atmosferde bulunan PCB'ler ıslak ya da kuru çökellemeyle yüzeyler üzerine çökebilme ve uygun şartlarda da tekrar atmosfere geçebilmektedirler (Birgul ve Tasdemir 2012). Ayrıca PCB'ler bozunmaya karşı dirençli olmaları sebebiyle herhangi bir kaynağın bulunmadığı yerlere de kolaylıkla taşınabilmektedirler (Arimoto 1989).

### 2.3. PCB'lerin Etkileri

PCB'lerin ilk olarak fark edilmesi 1966 yılında olmuştur. Søren Jensen 1966 yılında İşveç'te dikloro difenil trikloroethan'ler (DDT) üzerinde çalışırken tesadüfen deniz kartallarının kaslarında bilinmeyen moleküller olduğunu fark etmiştir. Konsantrasyonlarının o bölgede toplanan balıklardan daha yüksek olduğunu fark ederek bu moleküllerin canlı dokularda kalıcı olduğu ve kolay kolay bozunmadığı sonucuna varmıştır. Yaklaşık iki senelik çalışmanın ardından Jensen 1969 yılında yaptığı çalışmaları yayınlamıştır (Jensen ve ark. 1969). Daha sonraki yıllarda PCB'lerin üretimi durdurularak üzerine yapılan çalışmalar artmıştır.

PCB'ler havada (Sakin ve Tasdemir 2016), sularda (Nie ve ark. 2005), sedimentlerinde (Mamontova ve ark. 2016), toprakta (Fu ve ark. 2008, Yolsal ve ark. 2014, Ogulmus ve ark. 2016) , arıtma çamurlarında (Rosinska ve Karwowska 2017) bitkilerde (Odabasi ve ark. 2016) ve insan (Focant ve ark. 2013), hayvan (Stagakis ve ark. 2016) gibi canlıların bünyesinde bulunabilmektedir. Bu kirleticiler organik maddelere, sedimentlere ve topraklara adsorbe olurken, canlı organizmalarda ise seçici olarak birikebilmektedirler. Canlılar PCB'lere hava, bu kirleticiler ile kirletilmiş su ya da yiyeceklerin tüketilmesi yolu ile maruz kalırlar.

PCB'ler, göl, nehir gibi kaynaklara endüstriyel atıkların atılması ya da endüstriyel atık suların deşarj edilmesi yolu ile geçerler. Biyolojik olarak birikebilmesi sebebiyle suya oranla daha yüksek seviyelerde balık, midye, karides gibi sucul canlılarda rastlanmakta ve besin zinciri yoluyla tüm canlı yaşamını etkileyebilmektedirler (Fouial-Djebbar ve ark. 2011). Bünyeye alındıkları zaman insanlarda endokrin bozucu, karaciğer rahatsızlıkları, immunotoksik, kansorejenik, sinir sistemi gibi sağlık problemlerine yol açabilmektedirler (Brouwer ve ark. 1998).

### 2.4. Pasif Hava Örnekleyicisi (PHÖ) ile Atmosferik PCB Konsantrasyonlarının Belirlenmesi

Pasif hava örnekleyicileri (PHÖ'ler), numuneyi partikül maddenin doğrudan birikmesinden korumak ve değişen hava hızının pasif örnekleme hızı üzerindeki etkisini en aza indirmek için genelde paslanmaz çelikten oluşmuş iki kapaklı bir yapıdır (Şekil

2. 1). PHÖ'lerin içersine poliüretan köpük diskler (PUF) yerleştirilir (Hazrati ve Harrad 2007, Kaya ve ark. 2012). Örnekleyiciye iki kapak arasındaki boşluktan ve alt kapağın altındaki deliklerden hava giriş çıkışı olmakta ve PUF disklerden geçen hava yardımı ile atmosferik PCB konsantrasyonları belirlenebilmektedir.



**Şekil 2.1.** Pasif hava örnekleyici

Pasif hava örnekleyicileri ucuz, kullanımı basit, işletimi kolay ve bakıma ihtiyaç duymayan ekipmanlardır. Özellikle aktif örnekleyicilerde olduğu gibi pompa kaynaklı gürültüye sebep olmadıklarından ister konut, isterse işyerinde havadaki KOK'lara karşı iç maruziyeti izlemek için de daha uygundur (Wilford ve ark. 2004, Bohlin ve ark. 2007). PHÖ'in farklı tasarımları mevcuttur ve haftalar, aylar veya yıllar süresince kullanıma uygundur. Maruz kalma esnasında POP'lar örnekleme ortamına yayılır ve numune alma süresi boyunca hava konsantrasyonlarını bütünleştirir.

PHÖ'ler yerel (Harner ve ark. 2004), ulusal (Gevao ve ark. 2006), kıtasal (Jaward ve ark. 2004) ve hatta küresel ölçeklerde bile birçok noktada POP'ları aynı anda izlemek için çok uygun bir araçtır (Pozo ve ark. 2006, Lee ve ark. 2007). Kirleticilerin uzun vadeli izlenmesi ve bölgesel haritalandırılmaları için sıklıkla kullanılırlar. Bu örnekleyicilerdeki en önemli sıkıntı içinden geçen hava miktarının kesin olarak bilinmemesidir. Bu sebep ile geçen hava miktarı için çıkarımlarda bulunması gerekmektedir (Chaemfa ve ark. 2008).

PUF diskler KOK'ların izlenmesinde en çok kullanılan yöntemdir (Harner ve ark. 2004, Jaward ve ark. 2004, Klanova ve ark. 2006, Pozo ve ark. 2006, Gevao ve ark. 2006, Lee

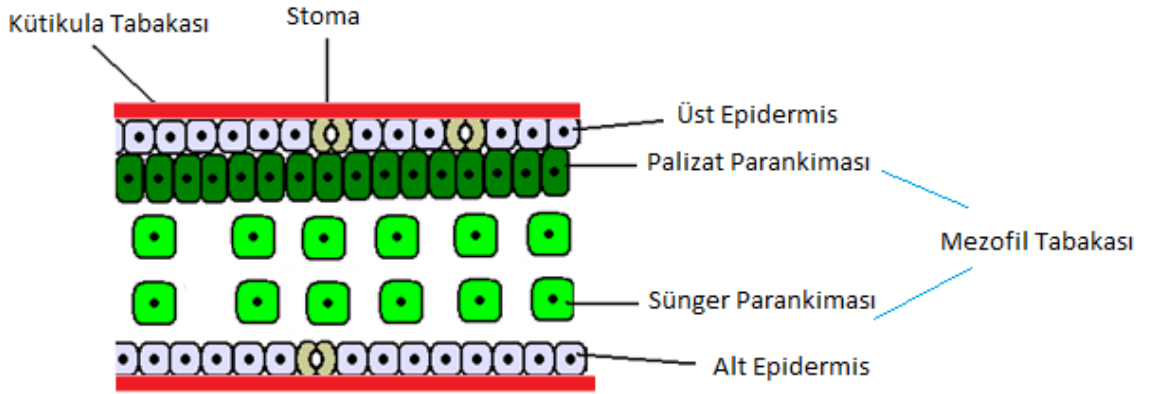
ve ark. 2007). Bu kadar sık kullanılmalarının sebebi ucuz olmalarının yanı sıra hazırlanmalarının, ekstrakte edilmelerinin ve kontrollerinin kolay olmasıdır. PUF diskler açık hava ve iç hava ortamında PAH, PCB, OCP, PBDE gibi çeşitli kirleticilerin izlenmesinde kullanılabilirler. Literatürde PUF diskler kullanılarak elde edilen sonuçlar Çizelge 2.2’de verilmiştir.

**Çizelge 2.2.** Dış ortamda ölçülen PCB konsantrasyonları

Yer	Konsantrasyon	Bakılan Tür Sayısı	Kaynak
Türkiye (Kırsal)	24,1 pg/m <sup>3</sup>	Σ43	(Birgul ve ark. 2017)
Kanada (Kırsal)	120 pg/m <sup>3</sup>	Σ13	(Motelay-Massei ve ark. 2005)
Hindistan (Kırsal)	59,7 pg/m <sup>3</sup>	Σ13	(Poza ve ark. 2011)
Türkiye (Kentsel)	360 pg/m <sup>3</sup>	Σ82	(Yolsal ve ark. 2014)
Türkiye (Kentsel)	510 pg/m <sup>3</sup>	Σ19	(Cindoruk ve Tasdemir 2010b)
Çin (Endüstriyel)	108 pg/m <sup>3</sup>	Σ19	(Hogarh ve ark. 2012)
Şili (Endüstriyel)	160 pg/m <sup>3</sup>	Σ48	(Poza ve ark. 2012)

## 2.5. Hava Kirleticilerinin Bitki Bünyesine Alınması

Kirleticiler, topraktan stomalar, kütikül veya dolaylı olarak kök yoluyla bitki bünyesine alınabilirler (Schonherr ve Riederer 1989). Bitki yüzeyine yapışan hava kirleticileri adsorbe olarak bitki kutikulasına geçiş yapabilmektedirler. Yaprak ve iğnelere atmosferik kirleticilerin alınmasında gözeneklerin iletkenliği ve özkütlesi, lipid oranı, iğne ya da yaprağın alanı gibi çeşitli değişkenlere bağlıdır (Rasanen ve ark. 2014). Hava ve diğer zararlı maddelerin bitkiler tarafından alınması çoğunlukla stoma ve kutikula tabakası aracılığı ile gerçekleşir. Şekil 2.2.’de yaprak yapısı gösterilmiştir.



**Şekil 2.2.** Yaprakların yapısı

Yaprak epidermis, iletim dokusu (ksilem, floem) ve mezofil tabakasından meydana gelmiştir. Örtü doku diye de adlandırılabilen epidermis bitkiyi dış etmenlere karşı korumaktadır. Ayrıca suyun korunmasını sağlayan kutikula diye bilinen mumsu tabakayı da salgılamaktadır. Kutikulanın kalınlığı, ortam şartlarına göre değişiklik göstermektedir. Bitkilerin bu kutikula tabakasının tüylü olup olmaması kirleticilerin bitkide birikimi açısından önem arz etmektedir. Bitkinin yapraklarında ışığa doğrudan maruz kalan ve az miktarda maruz kalan hücelere sırasıyla palizat parankiması ve sünger parankiması adı verilmektedir. Bu iki parankima arasındaki boşluğa mezofil tabakası adı verilmektedir. Bu hücreler arasında boşluklar bulunmaktadır. Bu boşluklar stomalar aracılığı ile atmosfere açılırlar ve gaz alışverişini sağlarlar. Ksilem boruları bitkinin dik durmasını sağlamanın yanında topraktan su ve mineral tuzlarının taşınmasını da sağlamaktadır. Floem ise besinleri yaprağa getirirken fotosentez ürünlerini diğer organlara taşımaktadırlar. Bitkilerdeki gaz alışverişi stomalar yardımıyla gerçekleştirilir. Stomalar bitkinin alt yüzeyinde yer alan küçük deliklerdir. Çoğu bitkinin stoması gündüz açılıp gece kapansa da bazı bitkilerinki sürekli açık olabilmektedir.

Bitkilerin gaz formulu hava kirleticilerini bünyesine alması stomalar aracılığı ile gerçekleşmektedir. Stomalar dışında kutikula tabakası ile de yaprak içine geçebilmektedirler. Kutikula heterojen yapıda bir tabaka olup hem polimer matriksinden hem de çözünebilir kutikular lipidlerden oluşmaktadır. Kütin kutikulanın esas bileşimini oluşturmaktadır. Bu tabakanın içine gömülü olan mum tabakası normal sıcaklıklarda katı halde bulunmaktadır. Mum tabakası silme, sürtünme gibi etkiler ile yapraktan uzaklaşabilmektedirler. Bazı hava kirleticileri ve asit yağmuru bitkilerin bu tabakasına

zarar verebilmektedir. Hava kirleticileri kutikula tabakasının üst yüzeyine adsorbe olarak difzyon yolu ile kutikula tabakasına geçiş yapmakta ve ardından epidermis zarlarından geçerek hücreye girmektedirler.

Gaz formunda bulunan hava kirleticileri lentiseller aracılığı ile de bitki bünyesine girebilmektedirler. Lentiseller, gövde içinde bulunan canlı hücreler ile dış ortam arasındaki gaz alışverişi sağlamaktadırlar. Bu yapılar genellikle çok belirgin olarak gözle görülebilmektedirler. Genellikle gövde ve yan dallarda bulunan bu yapılar bazı meyve üzerlerinde de bulunabilmektedirler.

Bitki bünyesine kirleticilerin alınması kökler vasıtasıyla da olabilmektedir. Bitkiler organik kirleticilerin yapısına göre köklerinde parçalayabildikleri gibi hücre içine de alınabilmektedirler. Hücre içine alınan bu kirleticiler hücre çeperinde birikim gösterebilmektedir (Zhu ve Gao 2004). Bu organik kirleticilerin bitkinin kökleri vasıtasıyla alınarak birikmesi çeşitli değişkenlere bağlıdır. Bitkinin türü, toprağın yapısı, kirletici maddenin fizikokimyasal özellikleri bu sebep ile önem arz etmektedir (Zhu ve Gao 2004, Gao ve Ling 2006). PAH gibi kirleticilerin parçalanabilir olmasına karşın doğada fazla birikim gösterebilir. Bu durumda da bitkilerin gelişimi sekteye uğrayabilmektedir (Gruber ve ark. 2008).

İnsan aktiviteleri aracılığı ile ortaya çıkan bu kirleticiler bitkilerin ürünlerinde, meyvelerinde, köklerinde ya da gövde kısımlarında kolaylıkla birikebilmektedirler. Özellikle gaz halindeki kirleticiler sebebiyle stomaların kapanması, fotosentezin gerilemesi, yaprak boyutlarının küçülmesi, yaprağın dokusu ve hücrelerinde zararlar yol açabilmektedir. Bu sebeplerden dolayı ürün veriminin azalması, bitkilerin ölmesi gibi çeşitli sorunlar açığa çıkabilmektedir görülebilir (Şar 2017).

## **2.6. Çam Bileşenlerindeki PCB Birikimi ve Literatürdeki Çam Bileşenlerinin Analizi**

Günümüzde atmosfer izleme programların çoğunluğu aktif hava örnekleme (AHÖ) ya da pasif hava örnekleme ile yapılmaktadır. Bu örnekleme çalışmaları da pompa (aktif) ya da pompa kullanımı olmadan (pasif) kimyasal bileşiklerin adsorbent materyalin üzerinde birikmesi yöntemine dayanmaktadır. Aktif ve pasif örnekleme güvenilir konsantrasyon



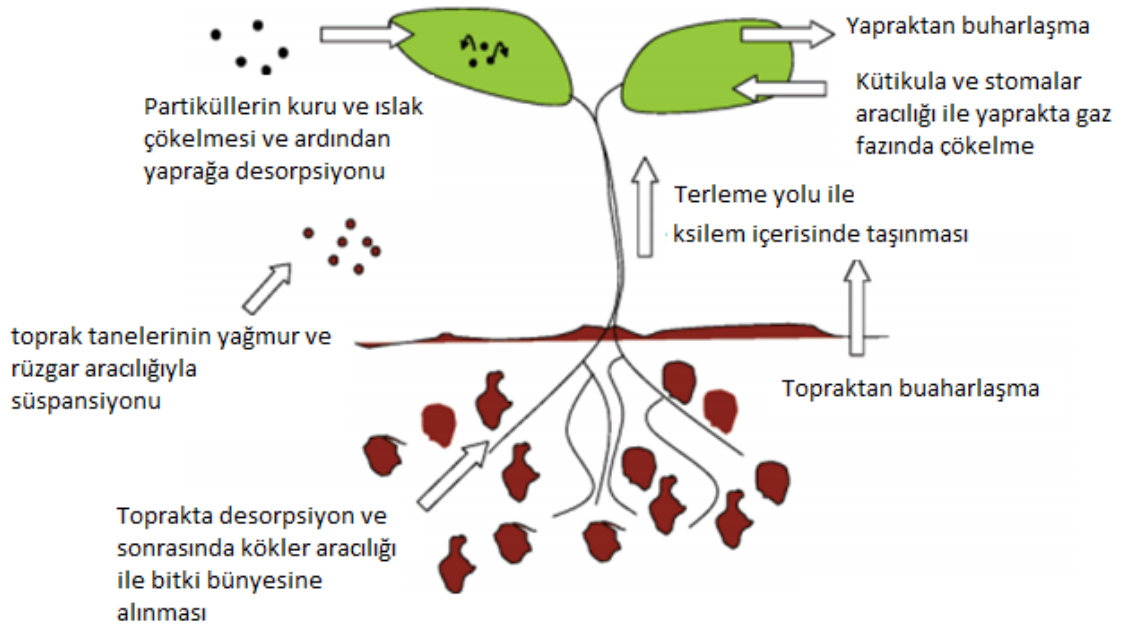
verileri sağlamasına karşın yüksek maliyet ve uzun zamanlara ihtiyaç duymaktadırlar. Bu sebep ile alternatif çözümler araştırılmaya başlanmıştır. Bu sebep ile çam, zeytin, yosun gibi doğada sıklıkla bulunabilen bitki türlerindeki biyoakümülyasyona bakılmaya başlanmıştır. PCB gibi KOK'ların bitkilere geçişindeki en önemli etkeni atmosferdeki konsantrasyonlar oluşturmaktadır. Bileşiklerin özelliklerine göre değişkenlik göstermesine karşın bitkilerdeki birikim bitki ve gaz fazındaki denge, kinetik kuru gaz birikimi ve partikül birikimi olmak üzere 3 etken tarafından belirlenmektedir. Bu süreçlerden hangisinin baskın olduğunu bilinmesi önemlidir çünkü her biri farklı kimyasal özellikler, meteorolojik koşullar ve bitki özellikleri tarafından kontrol edilmektedir.

Çam ağaçları, dünyanın hemen her yerinde var olması ve reçineli bir yapıya sahip olmaları sebebiyle liphofilik PCB'lerin örneklenmesi için sıkça kullanılan ağaçların başında gelmektedir. Bu amaçla çam ağacının kabuğu, iğnesi, dalı gibi çeşitli bileşenleri kullanılmaktadır. Özellikle çam iğnelerinin lipid kütikül tabakası ile kaplı olmasından dolayı liphofilik PCB'lerin birikimi görülmektedir. Gaz fazındaki hava kirleticiler sorplanarak kozalaklı ağaçların iğnelerindeki vaksın içerisinde birikmektedirler (Simonich ve Hites 1995). Avrupa ladini (Rappolder ve ark. 2007), sarıçam (Wyrzykowska ve ark. 2007), himalaya sediri (Chen ve ark. 2006) gibi kozalaklı ağaçlar PCB'lerin izlenmesi için kullanılmaktadır. Literatürde çam ağaç bileşenleri kullanılarak elde edilen sonuçlar Çizelge 2.3'de verilmiştir.

**Çizelge 2.3.** Literatürde bitki bileşenlerinde ölçülen  $\Sigma$ PCB konsantrasyonları

Yer	Konsantrasyonları	Bakılan Tür Sayısı	Ağaç Bileşeni	Kaynak
Portekiz, Porto (Kentsel)	1,014 ng/g KM	$\Sigma$ 19	Çam iğnesi	(Silva ve ark. 2015)
Portekiz, Benlhevai (Kırsal)	10,05±0.43 ng/g KM	$\Sigma$ 19	Çam iğnesi	(Silva ve ark. 2015)
Türkiye, İzmir (Endüstriyel)	9,4±9,5 ng/g KM	$\Sigma$ 41	1 yıllık çam iğnesi	(Odabasi ve ark. 2015)
Türkiye, İzmir (Endüstriyel)	52,7±0.61,9ng/g KM	$\Sigma$ 41	2 yıllık çam iğnesi	(Odabasi ve ark. 2015)
Amerika, Kentucky (Endüstriyel)	4,5 ng/g KM	$\Sigma$ 29	Çam iğnesi	(Loganathan ve ark. 2008)
İspanya, Katalonya (Kırsal)	3,2 ng/g KM	$\Sigma$ 6	Çam iğnesi	(Grimalt ve van Drooge 2006)
Türkiye, Hatay (Endüstriyel)	8,6 ng/g KM	$\Sigma$ 41	Çam kabuğu	(Odabasi ve ark. 2016)
Türkiye, Hatay (Endüstriyel)	2,5 ng/g KM	$\Sigma$ 41	Çam dalı	(Odabasi ve ark. 2016)

Kirleticilerin bitki tarafından alımı birkaç yolla gerçekleşmektedir. Bunlardan en önemli ikisi; bitkinin kökleri yardımıyla topraktan ve yaprakları yardımıyla havadan kirletici geçişidir. (Simonich ve Hites 1995). Kirleticiler kirlenmiş topraktan bitkinin kökleri yardımıyla bitki bünyesine girmekte ve odun borusu yoluyla bünyede yer değiştirebilmektedir. Aynı zamanda kirleticiler gaz fazı ile atmosferden bitki bünyesine girebilmekte ve kirleticilerin birikimi yaprakların vaksli kutikula tabakası üzerinde gerçekleşmektedir. Ayrıca PCB gibi organik kirleticilerin bitkiye geçişi stomalar aracılığı ile de gerçekleşebilmekte ve bitki bünyesinde soymuk borusu yardımıyla yer değiştirebilmektedir (Ockenden ve ark. 1998). Bitki bünyesine alım; kirleticilerin fiziksel-kimyasal özellikleri, ortam sıcaklığı, toprağın organik içeriği ve bitki türü (yüzey alanın ve lipid içeriğinin değişiklik göstermesinden dolayı) gibi çevresel şartlara göre değişkenlik göstermektedir (Simonich ve Hites 1995). Şekil 2.3’de PCB’lerin bitkilere geçiş yolları temsili olarak ifade edilmeye çalışılmıştır.



**Şekil 2.3.** Organik kirleticilerin bitki bünyesine alınımı (Collins ve ark. 2006)

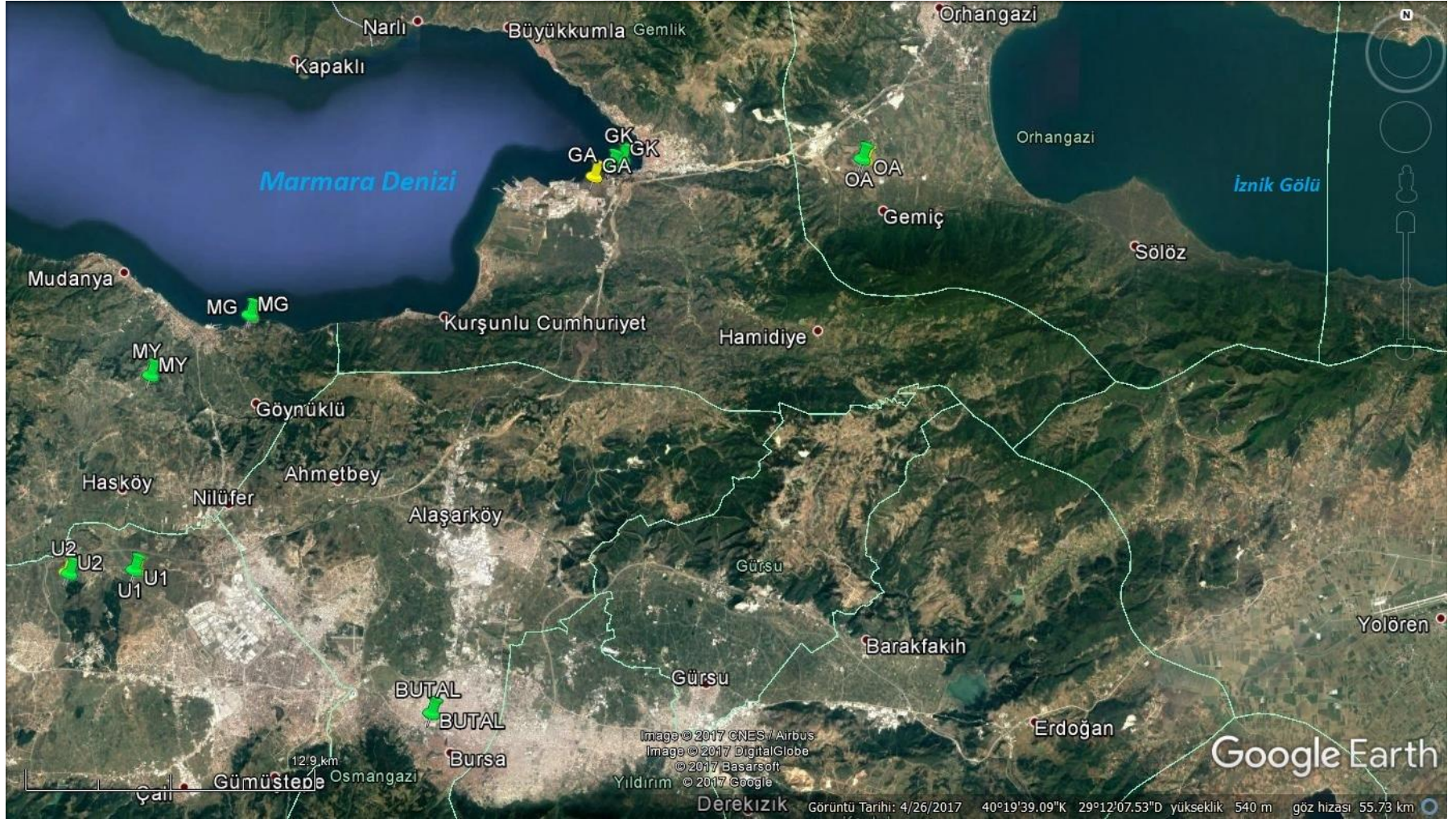
Çam bileşenlerinde biriken PCB konsantrasyonlarının bulunabilmesi ekstraksiyon, fraksiyon-temizleme adımları ile gerçekleştirilmektedir (Ockenden ve ark. 1998, Romanic ve Krauthacker 2004). Çam numuneleri ilk olarak ufak parçalara kesilerek kimyasal içerisine konulmaktadır. Bu adımda 1:1 diklorometan /aseton (Loganathan ve ark. 2008), diklorometan (Grimalt ve van Drooge 2006, Kozul ve Romanic 2008), 2:1 kloroform/toluen (Chen ve ark. 2006) gibi çeşitli kimyasal ya da karışımları kullanılabilir. Ekstraksiyon için sokset, çalkalayıcı, ultrasonik banyo gibi çeşitli metotlar bulunmaktadır. Kimi çalışmalarda bunlardan yalnızca biri kullanılırken kimi çalışmalarda birden fazla ekstraksiyon metodu kullanılabilir (Chen ve ark. 2006, Loganathan ve ark. 2008).

Fraksiyon-temizleme adımı için SPE kartuşları, florisil, alümina, silika, sodyum sülfat, jel geçirgenlik kromatografisi (GPC) gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Ekstraksiyon adımı olduğu gibi fraksiyon-temizleme adımı da bu yöntemlerden yalnızca biri kullanılabileceği gibi bunların kombinasyonları da kullanılabilir. Bu adımdaki amaç numunelerin okunması esnasında girişim yaparak sonuçları etkileyecek kirlilik, klorofil, reçine gibi maddelerin numune içerisinde giderimini sağlamaktır. Örneklerin okunması işlemi ise kütle spektrometresine (MS) ya da elektron yakalama dedektörüne (ECD) sahip gaz kromatografisinde yapılmaktadır.

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1. Örnekleme Noktaları**

Bu çalışmada 01.01.2016-01.06.2016 tarihleri arasında Bursa'nın 8 farklı noktasında örnekleme yapılmıştır (Şekil 3.1). Bu örneklemelemlerde bitkilerdeki PCB birikiminin belirlenebilmesi için çam örnekleri ve havadaki konsantrasyonun belirlenebilmesi amacıyla da PUF diskleri içeren pasif hava örnekleme cihazları (PHÖ'ler) kullanılarak örnekler alınmıştır. PHÖ'ler örnekleme yapılan çam ağaçlarına yakın yerlere konumlandırılmıştır. Çam örnekleri yaklaşık 1,5 metre yükseklikten alınmıştır. PHÖ'ler ise 2-3 metre yüksekliğe konumlandırılmışlardır. Örnekleme işlemi eş zamanlı olarak 30 günde bir olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1. Örnekleme noktaları

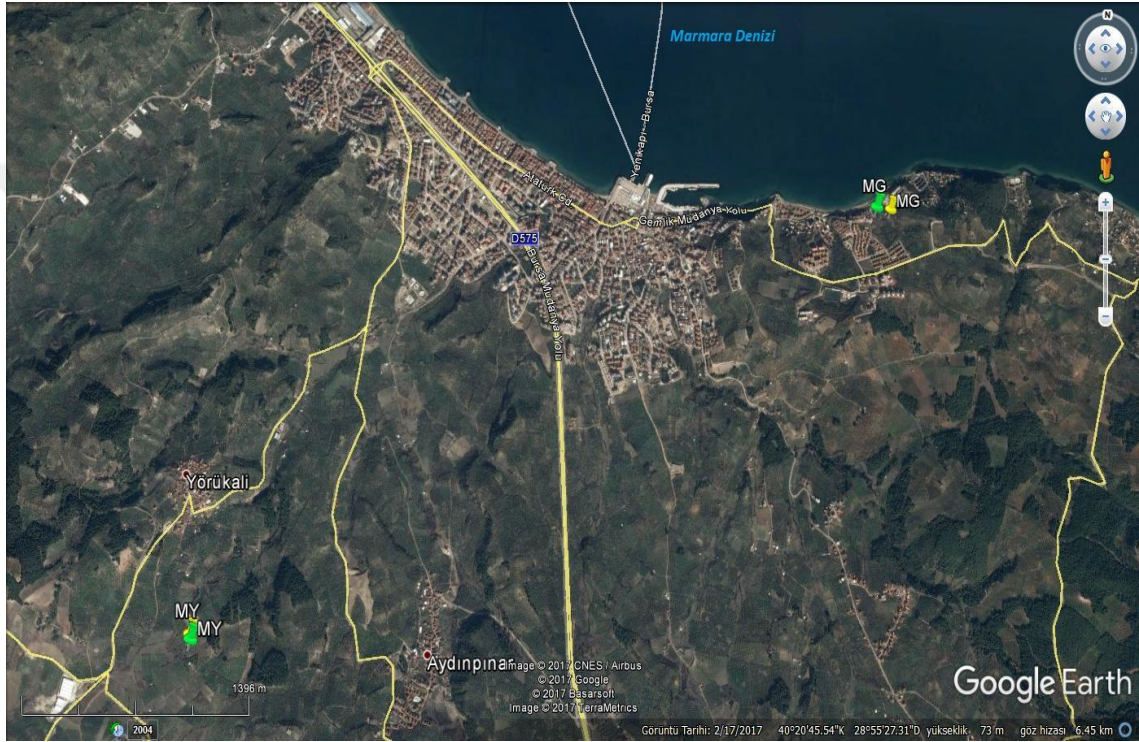


Örneklemenin yapıldığı bölgeler kırsal (MY: Mudanya Yörükali), yarı-kırsal (U1: Uludağ Üniversitesi Kampüsü 1.Bölge, U2: Uludağ Üniversitesi Kampüsü 2. Bölge, MG: Mudanya Güzelyalı), kentsel (GK: Uludağ Üniversitesi Gemlik Kampüsü (Yarı kırsal), BUTAL: Bursa Test ve Analiz Laboratuvarı), yarı endüstriyel (GA: Gemlik Atatepe) ve endüstriyel (OA: Orhangazi) olmak üzere beş farklı özelliğe sahip olacak şekilde seçilmiştir. Çizelge 3.1.'de örnekleme noktalarının koordinatlarının koordinatları ve sınıfları verilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Örnekleme noktalarının koordinatları

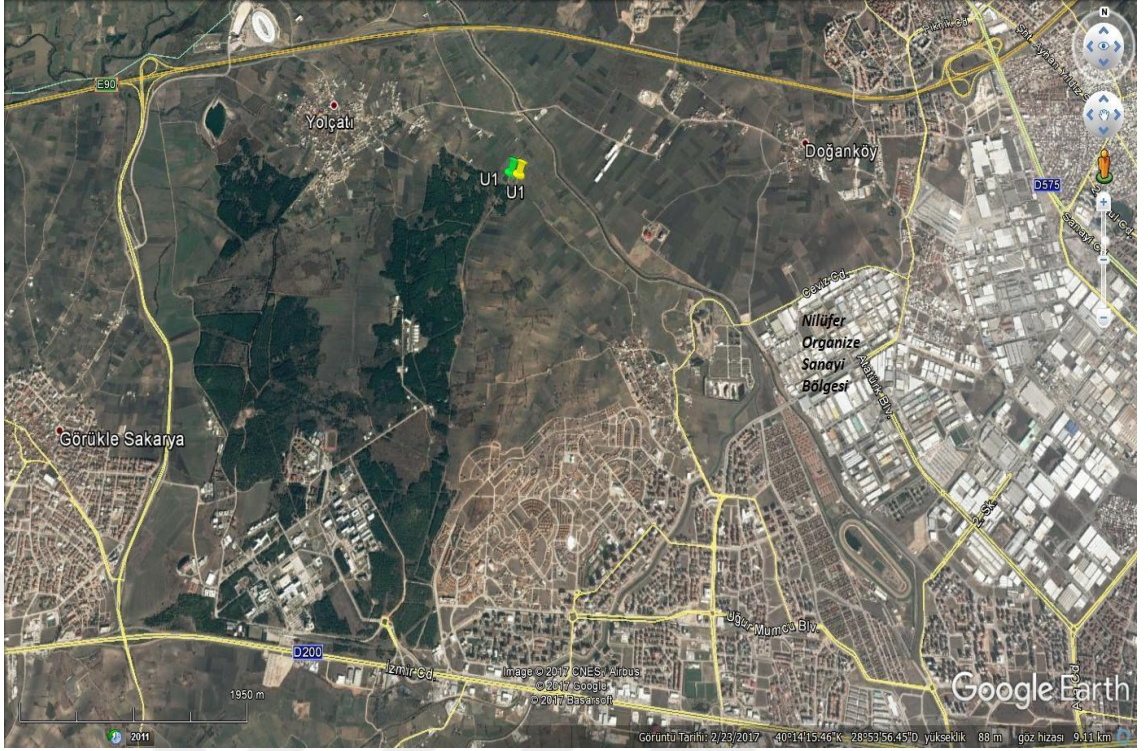
Örnekleme Noktaları	Bölge Sınıfı	PUF Koordinatları	Çam Koordinatları
Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü 1. Bölge (U1)	Yarı kırsal	40°15'9.03"K 28°53'30.58"D	40°15'9.45"K 28°53'27.15"D
Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü 2. Bölge (U2)	Yarı kırsal	40°15'3.49"K 28°51'20.83"D	40°15'1.77"K 28°51'25.27"D
Mudanya Güzelyalı (MG)	Kırsal	40°21'20.50"K 28°56'56.11"D	40°21'20.62"K 28°56'52.09"D
Mudanya Yörükali (MY)	Yarı kırsal	40°19'51.2"N 28°53'49.8"E	40°19'49.60"K 28°53'50.80"D
Uludağ Üniversitesi Gemlik Kampüsü (GK)	Kentsel	40°25'17.09"K 29° 8'29.08"D	40°25'17.18"K 29° 8'30.11"D
Bursa Test ve Analiz Laboratuvarı (BUTAL)	Kentsel	40°11'54.05"K 29° 2'55.07"D	40°11'54.45"K 29° 2'54.68"D
Gemlik Atatepe (GA)	Yarı endüstriyel	40°24'51.28"K 29° 7'37.72"D	40°25'7.53"K 29° 8'9.98"D
Orhangazi (OA)	Endüstriyel	40°25'23.45"K 29°16'9.35"D	40°25'24.69"K 29°16'3.96"D

Mudanya Yörükali (MY) örnekleme noktasının en yakın yerleşim yeri olan Yörükali köyüne olan uzaklığı yaklaşık 800 metreyken Marmara Denizine olan uzaklığı yaklaşık 5 km'dir. PHÖ ve çam bileşenlerinin alındığı iki örnekleme noktası arasındaki mesafe yaklaşık 5 kilometredir. Bölge kırsal özellikte kabul edilmiştir. Şekil 3.2'de Mudanya Yörükali bölgesinde seçilen örnekleme noktaları gösterilmiştir. Sarı renkli işaretleyiciler PUF disklerin koyulduğu yeri ifade etmektenken yeşil renkli işaretleyiciler örnekleme için seçilen çam ağacını ifade etmektedir.



**Şekil 3.2.** Mudanya yörükali örnekleme noktası

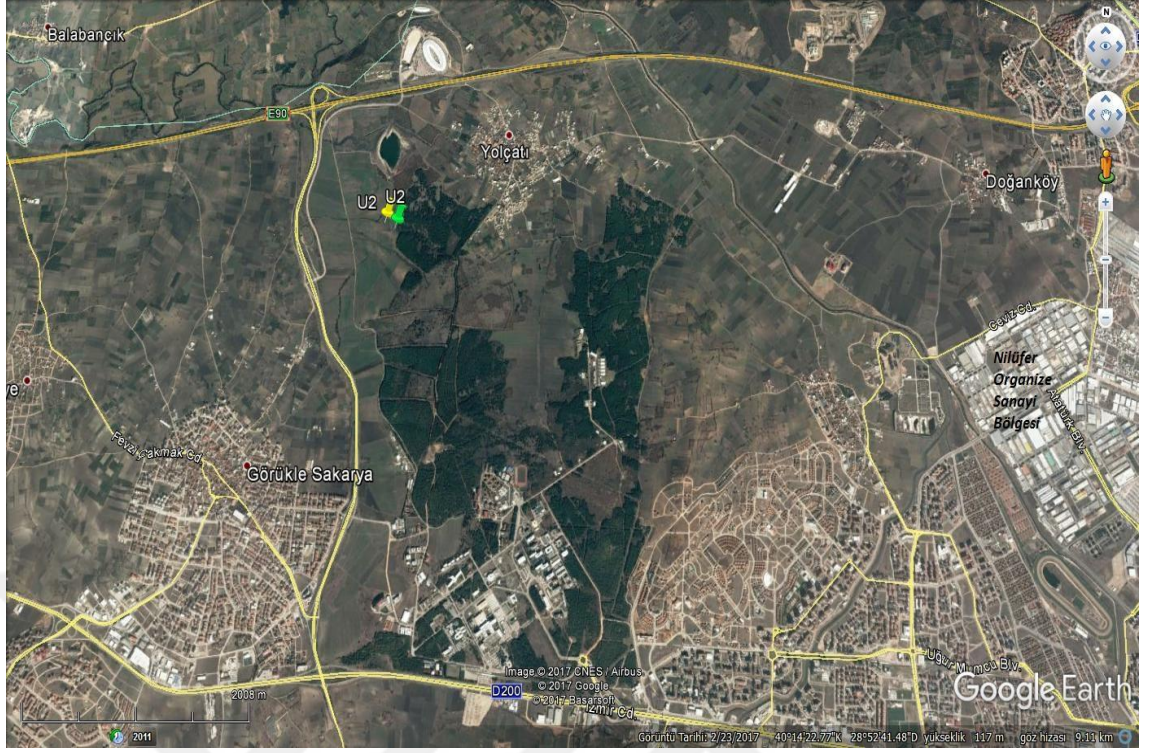
Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü 1. Bölge (U1) Bursa çevre yoluna yaklaşık 1,5 km, Görükle Beldesi'ne 5 km mesafededir. Bu bölgenin 3,5 km uzağında Nilüfer Organize Sanayi Bölgesi yer almaktadır. Hava örnekleri için 40°15'9.03"K 28°53'30.58"D koordinatlarında yer alan bir zeytin ağacı seçilmiştir. Çam ağacı ise bu noktaya 80 metre uzaklıkta yer almakta, koordinatları ise 40°15'9.45"K 28°53'27.15"D'dır (Şekil 3.3). Bölge yarı kırsal özellikte bölge olarak seçilmiştir. Bölgeden bir yıllık çam iğnesi, bir ve iki yıllık dal numuneleri toplanmıştır.



**Şekil 3.3.** Uludağ üniversitesi görükle kampüsü 1. örnekleme noktası

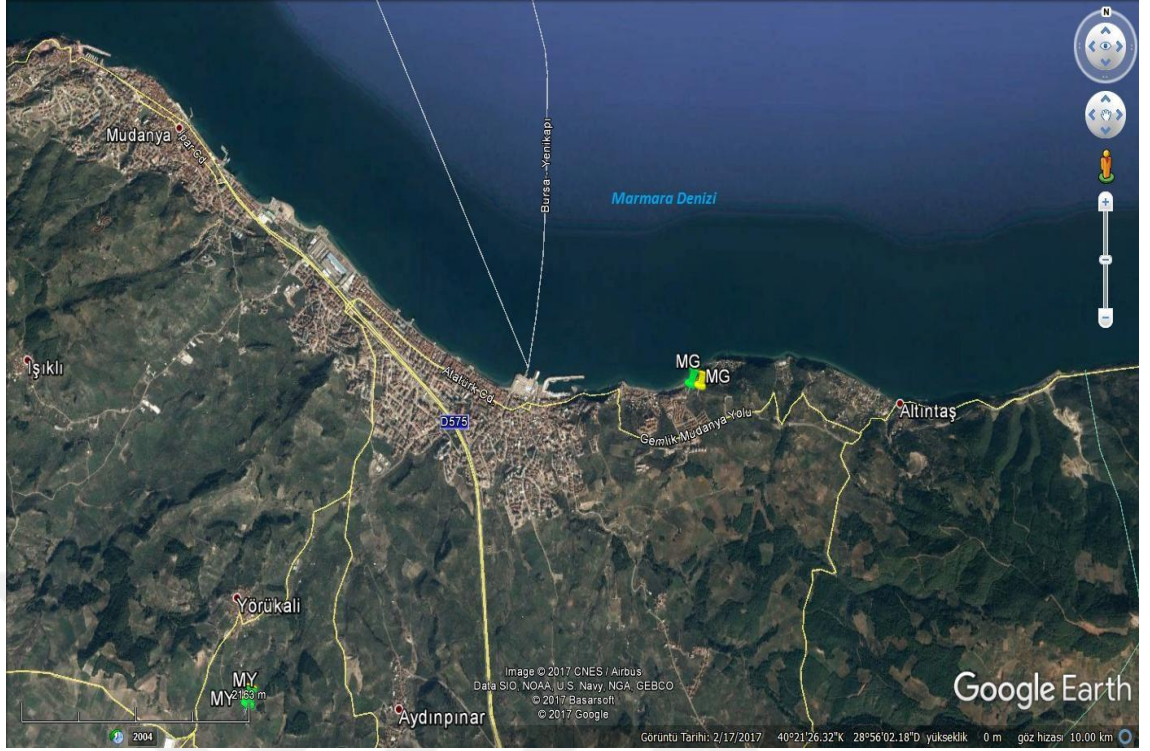
Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü 2. Bölge (U2) Bursa çevre yoluna yaklaşık 1 km, Görükle Beldesi'ne 3 km mesafededir. Nilüfer Organize Sanayi Bölgesi'ne uzaklığı ise 8 km'dir. Ayrıca bölgeye 500 metre mesafede bir de göl yer almaktadır. Hava örnekleri  $40^{\circ}15'3.49''K$   $28^{\circ}51'20.83''D$  koordinatlarından toplanmışken, çam örnekleri  $40^{\circ}15'1.77''K$   $28^{\circ}51'25.27''D$  koordinatlarından toplanmıştır (Şekil 3.4). İki örnekleme noktası arasındaki mesafe yaklaşık 100 metre iken bölgenin yarı kırsal özelliğindedir. Bölgeden bir ve iki yıllık iğne ve dal numuneleri toplanmıştır.





**Şekil 3.4.** Uludağ üniversitesi görükle kampüsü 2. örnekleme noktası

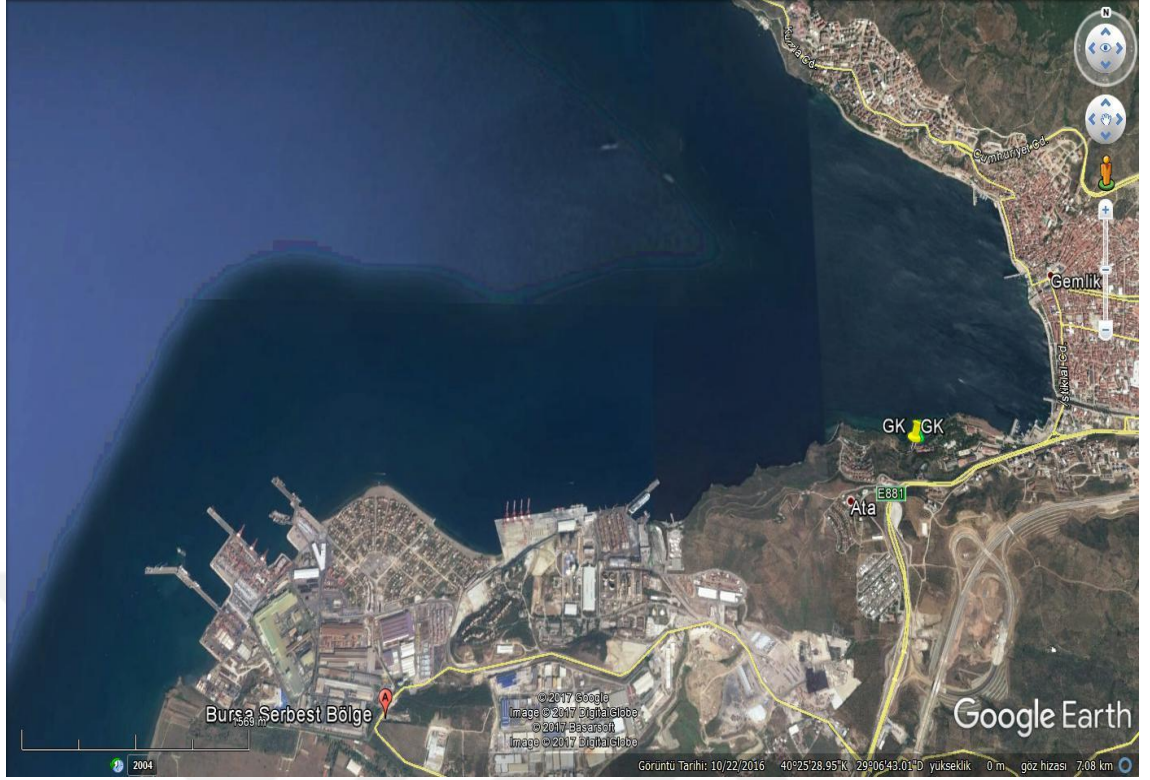
Mudanya Güzelyalı (MG) örnekleme noktasındaki hava örnekleri ve çam ağacı arasında yaklaşık 100 metre vardır. Bölgenin yakınında bazı yerleşim noktaları yer almakta iken Mudanya merkezine yaklaşık 1,5 km uzaklıktadır. Bölgenin yaklaşık 200 metre uzağında Marmara Denizi de yer almaktadır. Hava örneklerinin koordinatları  $40^{\circ}21'20.50''K$   $28^{\circ}56'56.11''D$  iken, çamlar  $40^{\circ}21'20.62''K$   $28^{\circ}56'52.09''D$  koordinatlarından toplanmıştır (Şekil 3.5). Bölgeden bir yıllık çam numuneleri toplanmış olup bölge yarı kırsal olarak kabul edilmiştir.



**Şekil 3.5.** Mudanya güzelyalı örnekleme noktası

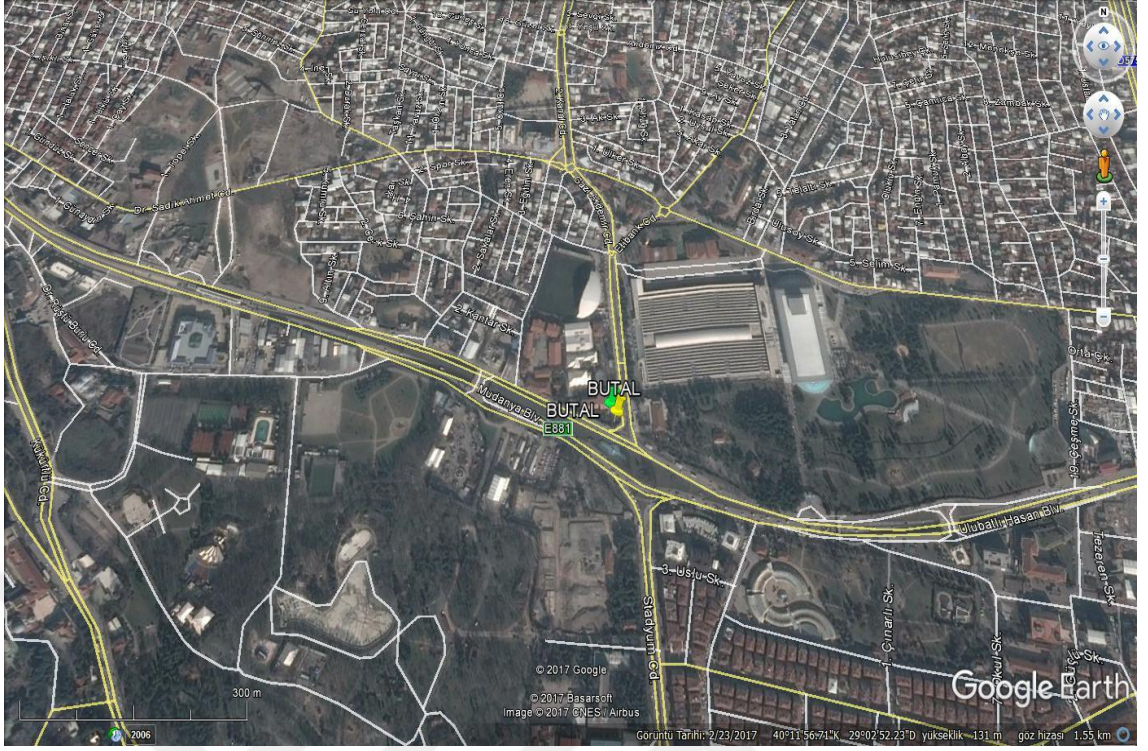
Uludağ Üniversitesi'nin Gemlik kampüsünde (GK) gerçekleştirilen örnekleme de hava örnekleycisi  $40^{\circ}25'17.09''K$   $29^{\circ}8'29.08''D$  koordinatlarından alınmışken buraya yaklaşık 25 metre uzaklıktaki  $40^{\circ}25'17.18''K$   $29^{\circ}8'30.11''D$  koordinatlarından bir yıllık çam bileşenleri toplanmıştır (Şekil 3.6). Örneklemenin yapıldığı bölge denize yaklaşık 150 metre uzaklıkta yer almaktadır. Şehir merkezine mesafesi yaklaşık 2 km iken çeşitli sanayilerin bulunduğu serbest bölgeye uzaklığı ise yaklaşık 3,5 km'dir. Bu bölge kentsel olarak sınıflandırılmıştır.





**Şekil 3.6.** Gemlik kampüsü örnekleme noktası

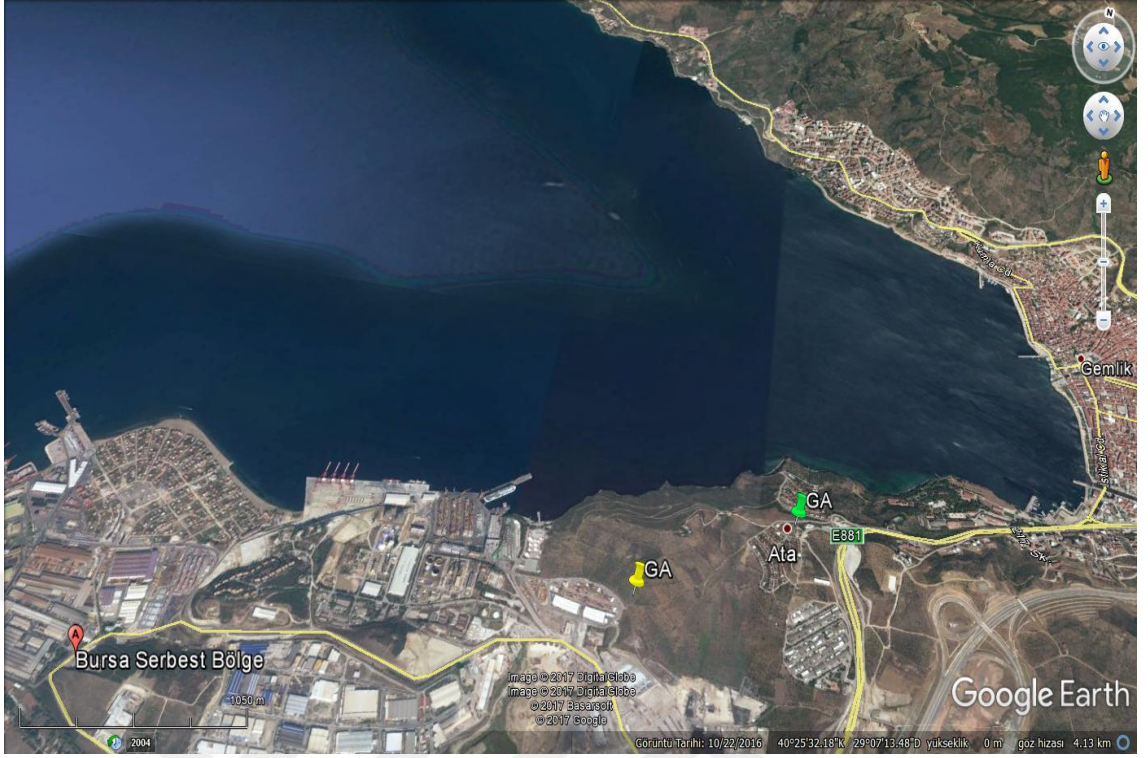
TÜBİTAK Bursa Test ve Analiz Laboratuvarı (BUTAL) bahçesindeki platformda gerçekleştirilen örneklemede hava örnekleycileri  $40^{\circ}11'54.05''\text{K}$   $29^{\circ}2'55.07''\text{D}$  koordinatlarından alınmışken çam bileşenleri  $40^{\circ}11'54.45''\text{K}$   $29^{\circ}2'54.68''\text{D}$  koordinatlarından toplanmıştır (Şekil 3.7). Bu örnekleme noktası kent içerisindeki İzmir-Ankara yolu üzerindeki Merinos kavşağının orada bulunmaktadır. Diğer tüm örnekleme noktalarına kıyasla en yoğun trafik bu noktada gerçekleşmektedir ve bölge kentsel olarak sınıflandırılmıştır.



**Şekil 3.7.** BUTAL örnekleme noktası

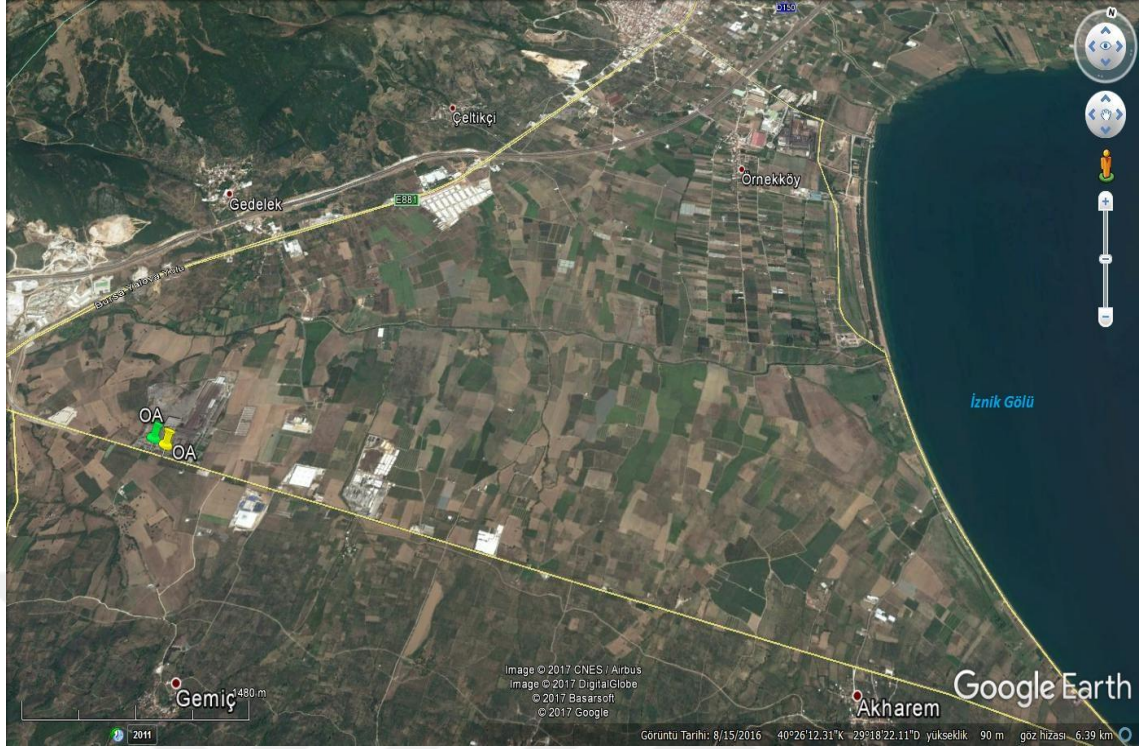
Gemlik Atatepe (GA) bölgesindeki hava örnekleycileri Gemlik Serbest Bölge'sinin hemen yanındaki zeytin bahçelerindeki ağaçlara yerleştirilmiş olup koordinatları  $40^{\circ}24'51.28''K$   $29^{\circ} 7'37.72''D$ 'dir (Şekil 3.8). Bu örnekleme noktasının yakınında çam ağacı bulunmadığından çam bileşenleri yaklaşık 1 km ötede yer alan Gemlik Atatepe Sosyal Tesisleri'nin oradan toplanmıştır. Hava örnekleyciler Bursa-Yalova yoluna yaklaşık 900 metre mesafedeyken çam bileşenleri bu yola 200 metre mesafededir. Bu bölge yarı endüstriyel olarak sınıflandırılmıştır.





**Şekil 3.8.** Gemlik atatepe örnekleme noktası

Orhangazi örnekleme noktası (OA)'da hava örnekleri  $40^{\circ}25'23.45''K$   $29^{\circ}16'9.35''D$  koordinatlarından alınmışken çam bileşenleri  $40^{\circ}25'24.69''K$   $29^{\circ}16'3.96''D$  koordinatlarından toplanmıştır (Şekil 3.9). Örnekleme noktası Gemlik-İznik yolu üzerindedir. Bölgenin hemen yakınında çelik fabrikası yer almakta ve endüstriyel bölge olarak sınıflandırılmıştır.



**Şekil 3.9.** Orhangazi örnekleme noktası

Çam ağaçlarından örnek alınırken ağacın dört bir yanından bileşenlerinin toplanmasına özen gösterilmiştir. Çamların örneklemesinde dalların kesimi için makas kullanılmış ve her kullanımdan önce ACE:HEX (1:1) karışımı ile metal kısımları temizlenmiştir.

PUF diskler ise pens yardımı ile alınmış olup tekrar kullanılmadan önce ACE:HEX karışımı ile temizlenmiştir.

Alınan çam bileşen ve PHÖ örnekleri alüminyum folyoya sarılmış ve kilitli naylon poşetler içerisinde muhafaza edilerek soğutucular içerisinde taşınmıştır. Laboratuvara getirilen çam örnekleri 4 °C'lik dolaplarda muhafaza edilirken PUF disk örnekleri ise -20 °C'lik derin dondurucularda tutulmuştur.

### **3.2. Örnek Hazırlama ve Ekstraksiyon**

Laboratuvara getirilen PUF örnekleri yaklaşık 200 mL ACE:HEX (1:1) karışımı ile sokslet ekstraksiyon yöntemi ile ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon işleminde PUF diskler dikkatli bir şekilde dörde katlanarak soksletin içerisine yerleştirilmiş ve disklerin sifon

hizasının altında kalmasına dikkat edilmiştir. Ekstraksiyon işlemi 24 saat süre ile gerçekleştirilmiştir.

Çam örneklerinin dal ve iğneleri makas yardımıyla 1-1,5 cm'lik ufak parçalara ayrılmıştır. Kesme işleminde makas kullanılmış olup kullanılmadan önce DCM:PE (1:1) karışımı ile temizlenmiştir. Dallardan 2-3 gram, çam iğnelerinden ise 5-6 gram tartılarak 100mL'lik şişelere koyulmuştur. Şişelere 50 mL'lik DCM:PE karışımı dökülerek 1mL'lik verim düzeltme (standartı) eklenmiştir.

Daha yüksek verimler elde edebilmek için çam bileşenleri çalkalayıcı ve ultrasonik cihazda olmak üzere iki farklı ekstraksiyona tabi tutulmuştur (Chen ve ark. 2006). Örnekler çalkalayıcı da 50 mL DCM:PE (1:1) karışımı ile  $\approx 16$  saat tutulduktan sonra ultrasonik ekstraksiyon cihazına koyularak ilk adımında 15 dakika ekstrakte edilmiştir. Bu sürenin sonunda DCM:PE karışımı yeni bir şişeye alınmış ve çam bileşenlerinin bulunduğu şişelere 40 mL'lik ACE:HEX (1:1) karışımı eklenmiş ve yeniden 30 dakika boyunca ultrasonik ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Ekstrakte işleminden sonra ACE:HEX karışımı ile DCM:PE karışımı birleştirilmiştir.

Ekstraksiyon işlemlerinden önce tüm örnekler surrogate verim düzeltme standartı ilave edilmiştir. Bu standart PCB #14, 65 ve 166 türlerini içermektedir.

### **3.3. Örneklerin Yoğunlaştırılması**

Ekstraksiyon adımından sonra kimyasalların hacminin azaltılarak daha konsantre hale getirilmesi döner buharlaştırıcı (Heidolph Rotary Evaporators Laborota 4001) vasıtası ile yapılmıştır. Ekstrakte edilen örnekler cam balonlara alınarak döner buharlaştırıcıya yerleştirilmiştir. Döner buharlaştırıcı 30 dev/dak ve 23-35 °C'de çalıştırılmıştır. Örnek hacmi ilk olarak 5 mL'ye indirilmiş ve üzerine 10 ml HEX ilave edilmiştir. Sonrasında örneğin hacmi 2 mL'ye kadar azaltılmıştır (Cindoruk ve Tasdemir 2010b). Bir sonraki aşamaya kadar örnekler derin dondurucuda saklanmıştır.

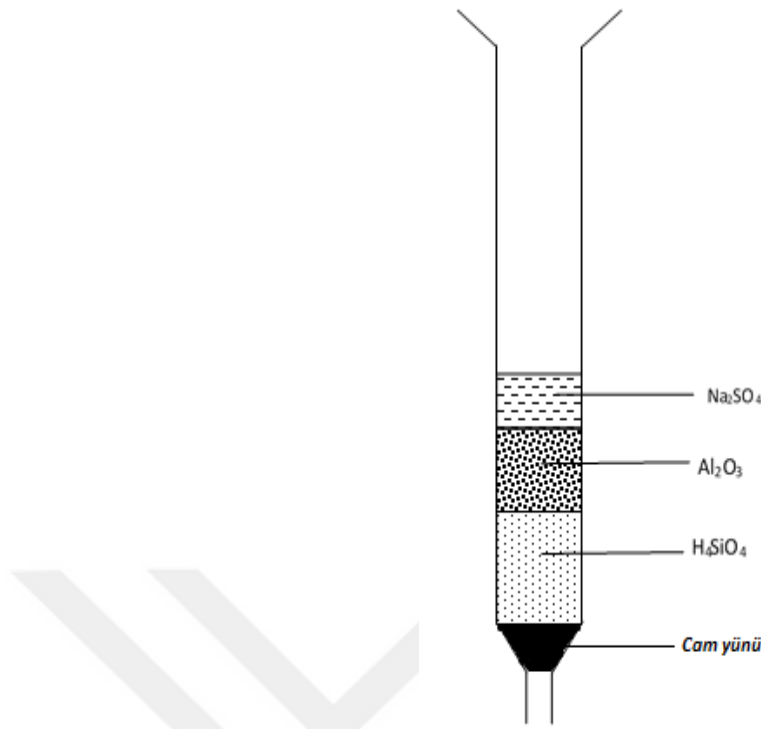
### **3.4. Örneklerin Fraksiyonu**

Örneklerin temizlenmesi ve fraksiyonlarına ayrılması aşamasında içinde silisik asit, alümina ve sodyum sülfat bulunan bir kolon kullanılmıştır (Şekil 3.10).

Fraksiyon öncesinde, silisik asit ve alüminyum oksitin aktivasyon ve deaktivasyon işlemleri yapılmıştır. Bu sebep ile silisik asit ( $H_4SiO_4$ ; Sigma Aldrich;  $\leq 100$  mesh) 24 saat boyunca  $105\text{ }^\circ\text{C}$ 'lik etüvde tutularak aktivite edilmiştir. Desikatörde soğutulduktan sonra 3 gram tartılarak üzerine  $100\ \mu\text{L}$  saf su eklenmiştir (Tasdemir ve ark. 2004). Suyun homojen olarak dağılımı için iyice sallandıktan sonra deaktivasyon işlemi tamamlanmıştır. Alüminyum oksit ( $Al_2O_3$ ; Merck) ise fraksiyonda kullanılacak sodyum sülfat ( $Na_2SO_4$ ) ve cam yünü ile beraber  $450\text{ }^\circ\text{C}$ 'lik kül fırınında tutulmuştur. Alüminyum oksit desikatörde soğuduktan sonra 2 gram tartılarak üzerine  $120\ \mu\text{L}$  saf su eklenmiş ve homojen dağılım için iyice sallanmıştır (Tasdemir ve Holsen 2006). Hem silisik asit hem de alüminyum oksit fraksiyonda kullanılmadan önce 1 saat beklenmiştir.

Hazırlanan kimyasallar iç çapı 1,5 cm olan ve uç kısmına cam yünü yerleştirilmiş kolona silisik asit, alüminyum oksit ve sodyum sülfat olacak şekilde sırasıyla ilave edilmiştir (Şekil 3.1). Kolon öncelikle olası kirlilikler için sırasıyla 20 mL DCM ve 20 mL'lik petrol eteri (PE) ile yıkanmış ve ardından 2 mL'lik yoğunlaştırılmış örnek kolona dökülmüştür. Örnek kolona dökülmeden hemen önce altına 50 mL'lik şişe konulmuştur. Örnek kolondan tamamen geçtikten sonra üzerine 25 mL'lik PE ilave edilmiş ve PCB'ler bu aşamada toplanmıştır.





**Şekil 3.10.** Fraksiyon kolonu

### **3.5. Fraksiyon Sonrası Hacim Azaltma ve Asit ile Yıkama**

Fraksiyondan sonra yaklaşık 27 mL'lik örneklerin döner buharlaştırıcı aracılığı ile hacimleri önce 5 mL'ye ve ardından 15 mL HEX ilave edilerek hacimleri 2 mL'ye indirilmiştir.

Örneklere, içerisindeki organik kirleticilerin giderilmesi amacıyla asit yıkama adımı uygulanmıştır. Bu adımda örnekler önce santrifüj tüplerine alınmış, sonrasında üzerlerine sülfirik asit ( $H_2SO_4$ ) ilave edilmiştir. Tüplerin kapakları iyice kapatıldıktan sonra el ile bir süre çalkalanmış ve daha sonra santrifüje koyulmuştur (Hermle Z 306). Cihaz 2000 devirde 2 dakika çalışmıştır. Santrifüjden çıkan örneklerin rengi şeffaf olup olmadığına bakılmış ve şeffaf oluncaya kadar asit ile tekrar yıkanmıştır. Asit yıkama adımından çıkan numuneler azot gazı altında 1 mL'ye indirilmiştir. GC-ECD'de okumaya hazır hale getirilen tüm örnekler  $-20\text{ }^\circ\text{C}$ 'de derin dondurucuda saklanmıştır.

### **3.6. Jel Geçirgenlik Kromatografisi (GPC)**

Çam örneklerindeki safsızlıkları uzaklaştırmak için GPC kolonu kullanılan bir metottur (Subedi ve ark. 2015, Odabasi ve ark. 2016). Bu çalışmada, 6 gr biobead S-X3 50-100 mL hacmindeki ağzı kapatılabilen balon jojeye konulmuş ve üzerine biobeadin üstünü kaplayacak ve üzerinde en az 20 mL solvent olacak şekilde HEX:DCM (1:1) eklenmiştir. Kapağı kapatılarak hafifçe çalkalanmış ve 2 gün boyunca bekletilmiştir.

GPC işleminde uzunluğu 60 cm ve iç çapı 20 mm olan cam kolonlar kullanılmıştır. Her bir kolonun ucuna solvent akışını engellemeyecek miktarda (5 mm) cam yünü konulmuştur. Kolon yarısına kadar HEX:DCM ile doldurulup musluk açılarak cam yününden havanın çıkmasına izin verilerek musluk kapatılmıştır. Bekletilen çamurumsu biobead kolona dökülerek çökmesine müsaade edilmiştir.

GPC prosedürü uygulanmadan önce en az 30 mL HEX:DCM kolonlardan geçirilerek kolonlar temizlenmiştir. Daha sonra medya üstünde 1 mm'lik solvent kaldığında pastör pipet ile 1 mL'lik örnek kolona ilave edilmiştir. Medya örneği emdiği anda 15 mL HEX:DCM (1:1) kolondan geçirilmiş ve tamamı beherde toplanmıştır. 15 mL atık solvent olup analiz edilmemiştir. Ardından kolona 35 mL solvent daha eklenmiş ve tamamı balon jojede toplanmıştır. Toplanan 35 mL solvent döner buharlaştırıcıda 1 mL'ye indirilmiş ve örnekler 2 mL'lik viallere konulup -20°C'deki derin dondurucuda GC-ECD analizine kadar saklanmıştır.

### **3.7. Nem İçeriğinin Belirlenmesi**

Çam bileşenlerinin nem içeriğinin belirlenebilmesi amacı ile laboratuvar ortamında getirilen çam iğnelerinden 4-5 gram, dallardan ise 2-3 gram alınarak 105 °C'lik etüvde 1 gün boyunca kurutulmuştur. Etüvden çıkan bu örneklerin tekrar tartılması yolu ile çam bileşenlerinin nem içeriği belirlenmiştir. Çam bileşenlerindeki nem içeriklerinin ortalaması Çizelge 3.2'de verilmiştir.

**Çizelge 3.2.** Çam bileşenlerinin ortalama nem içerikleri

Örnek İsmi	Ortalama Nem İçeriği (%)	Standart Sapması
U1CY1	38,79	6,22
U1CD1	40,11	5,85
U1CD2	46,06	2,06
U2CY1	35,37	4,78
U2CD1	38,91	5,37
U2CY2	40,05	2,96
U2CD2	42,46	3,87
MKCY	36,71	6,59
MKCD	38,69	8,82
MYCY	37,64	4,26
MYCD	42,08	5,15
OACY	33,41	8,30
OACD	46,03	4,11
GKCY	39,22	6,22
GKCD	47,26	3,93
GACY	32,95	6,91
GACD	33,48	6,75
BUTCY	33,24	4,19
BUTCD	38,46	6,29

### **3.8. Lipid İçeriğinin Belirlenmesi**

Bu çalışma kapsamında çam dal ve iğnelerinin lipid tayini de gerçekleştirilmiştir. Numuneler, örnekleme günlerine paralel olacak şekilde 30'ar gün aralıklarla alınmıştır. Elle yaklaşık 250'şer gram olarak toplanan örnekler poşetlere konularak laboratuvarda muhafaza edilmiştir. Alınan örneklerden 10 gram tartılmış olup üzerine PE:DCM (1:1) karışımı dökülmüştür. Numuneler çalkalayıcıda 15 saat tutulmuş olup, ardından

ultrasonik banyoda 45 dakika bekletilmiştir. Daha sonra bu kimyasallar ısıtıcı vasıtasıyla buharlaştırılarak çam bileşenlerinin lipid içeriği belirlenmiştir. Bölgelerin lipid yüzdeleri Tablo 3.3’de gösterilmiştir.

**Çizelge 3.3.** Kampüs bölgelerindeki çam numunelerinin lipid içeriği

Örnek	Mart (%)	Nisan (%)	Mayıs (%)	Haziran (%)
U1AÇY	5,14	2,07	3,79	2,35
U1AÇD	3,70	4,06	3,05	2,84
U2AÇY	2,94	2,94	-	2,41
U2AÇD	3,19	3,83	-	1,35
GKAÇY	0,90	3,01	4,42	1,13
GKAÇD	2,06	2,57	4,73	3,68

### 3.9. Örneklerin Analizi

Örneklerin analizi ECD içeren Agilent 7890A marka gaz kromatografisinde gerçekleştirilmiştir (GC-ECD) ve 82 türün (PCB#4/10, PCB#9/7, PCB#6, PCB#8/5, PCB#19, PCB#12/13, PCB#18, PCB#15/17, PCB#16/32, PCB#26, PCB#31, PCB#28, PCB#21/53, PCB#22, PCB#45, PCB#52, PCB#47, PCB#49/48, PCB#44, PCB#37/42, PCB#41/64/71, PCB#100, PCB#74, PCB#61/70, PCB#66/95, PCB#91, PCB#56/60, PCB#92, PCB#84, PCB#89/101, PCB#99, PCB#119, PCB#83, PCB#81/87, PCB#86, PCB#85, PCB#135/144, PCB#114/149, PCB#118, PCB#123, PCB#131, PCB#153, PCB#132/105, PCB#138/163, PCB#126, PCB#128, PCB#167, PCB#174, PCB#156/171/202, PCB#172, PCB#180, PCB#200, PCB#170/190, PCB#169, PCB#199, PCB#207, PCB#194, PCB#205, PCB#206) okunması hedeflenmiştir. Okuma esnasında kullanılan program; 70 °C’de 2 dakika, 25°C /dk artış ile 150 °C’ye, 3 °C /dk. ile 200 °C’ye, 8 °C/dk ile 280 °C’ye ulaşılmış ve bu sıcaklıkta 8 dk bekletilmiş, daha sonra 10 °C/dk ile 300 °C’ye getirilmiş ve bu sıcaklıkta 2 dakika beklenmiştir. Enjektör giriş sıcaklığı 250 °C ve dedektör sıcaklığı 320 °C’dir. Taşıyıcı gaz olarak 1,9 mL/dk debi ile helyum gazı kullanılmıştır ve helyum gazı ile beraber make-up gazı olarak yüksek saflıkta azot gazı kullanılmıştır. Kolon olarak DB5-MS kılcal kolon (30 m. x 0,250 mm. x 0,25 µm) kullanılmıştır.

### 3.10. Kalite Kontrolü

Örneklerin taşınması, laboratuvar ortamında analizinin yapılması esnasında sonuçlara etki edebilecek kirliliklerin elimine edilebilmesi amacı ile toplanan örnekler ile eş zamanlı olarak şahit numuneler toplanmıştır. Çam bileşenlerinden sekiz adet şahit hazırlanmışken, PUF disklerden dört adet şahit numune alınmıştır. Çam bileşenleri için laboratuvar ortamında PE:DCM karışımı hazırlanmış olup tüm deney prosedüründen geçirilmiştir. PHÖ'lerin şahitleri ise, sokslet ekstraksiyondan çıkan PUF disklerin 105 °C'lik etüvde 1 gün boyunca kurutulması ve temizlenmiş bu disklerin örnekleme esnasında atmosfer ile direk teması ile gerçekleştirilmiştir. Elde şahit verilerinin ortalaması ve 3 standart sapmasının toplamı ile LOD'leri (limit of detection) hesaplanmış ve sonuçlara yansıtılmıştır.

Örneklerin verimlerinin hesaplanabilmesi amacı ekstraksiyon adımında PHÖ ve çam bileşenleri örneklerine 1 mL'lik surrogate (Verim belirleme) standardı eklenmiştir. Bu standart HEX ile hazırlanmış olup içerisinde PCB#14, 65 ve 166 türlerini içermektedir. Çizelge 3.4'de PUF disklerin ortalama verimleri gösterilmişken Çizelge 3.5'de çam bileşenlerindeki verimler verilmiştir.

**Çizelge 3.4.** PUF disklerin ortalama verimleri

<b>Surrogate</b>	<b>MY</b>	<b>U1</b>	<b>U2</b>	<b>MG</b>	<b>GK</b>	<b>BUTAL</b>	<b>GA</b>	<b>OA</b>
PCB#14	40,08±	36,72±	57,51±	36,57±	44,23±	36,21±	45,03±	49,77±
(%)	15,35	11,56	28,37	11,83	22,34	5,09	4,44	18,13
PCB#65	55,76±	41,29±	53,39±	49,24±	53,15±	46,39±	44,76±	49,47±
(%)	17,02	11,04	16,19	9,42	13,12	3,25	4,53	17,23
PCB#166	89,85±	28,18±	22,92±	24,05±	25,02±	23,14±	22,05±	25,70±
(%)	148,31	15,23	2,44	4,09	4,76	2,22	2,09	5,20

**Çizelge 3.5.** Çam bileşenlerinin ortalama verimleri

31

<b>Surrogate</b>	<b>U1CY1</b>	<b>U1CD1</b>	<b>U1CD2</b>	<b>U2CY1</b>	<b>U2CD1</b>	<b>U2CY2</b>	<b>U2CD2</b>	<b>MGCY</b>	<b>MGCD</b>	<b>MYCY</b>	<b>MYCD</b>
PCB#14	19,63±	27,42±	20,02±	17,48±	32,03±	12,32±	40,29±	12,42±	29,49±	28,26±	11,39±
(%)	15,45	26,39	26,42	9,41	45,09	16,24	41,35	9,50	30,77	22,95	7,81
PCB#65	49,42±	47,12±	31,52±	36,32±	50,09±	26,74±	36,45±	40,26±	41,36±	35,38±	30,50±
(%)	40,83	25,50	36,85	17,95	34,07	25,27	24,90	34,94	28,96	27,45	20,48
PCB#166	16,19±	22,69±	14,46±	18,28±	20,67±	9,30±	19,96±	12,30±	15,50±	15,80±	20,04±
(%)	9,73	13,29	13,31	8,85	9,32	8,38	13,62	10,17	18,40	10,72	14,55

**Çizelge 3.4.** Çam bileşenlerinin ortalama verimleri (devamı)

<b>Surrogate</b>	<b>OACY</b>	<b>OACD</b>	<b>GKCY</b>	<b>GKCD</b>	<b>GACY</b>	<b>GACD</b>	<b>BUTCY</b>	<b>BUTCD</b>
PCB#14	38,67±	49,74±	19,25±	15,86±	31,45±	22,81±	43,22±	48,63±
(%)	37,83	40,50	14,18	13,60	37,81	28,44	48,88	13,81
PCB#65	47,61±	60,49±	28,39±	36,16±	45,39±	48,86±	57,27±	75,29±
(%)	32,06	35,80	16,05	18,78	34,41	34,16	42,46	37,13
PCB#166	21,37±	17,89±	18,40±	21,69±	18,35±	18,52±	21,71±	20,78±
(%)	11,74	10,66	10,51	10,73	13,12	11,36	12,75	13,50

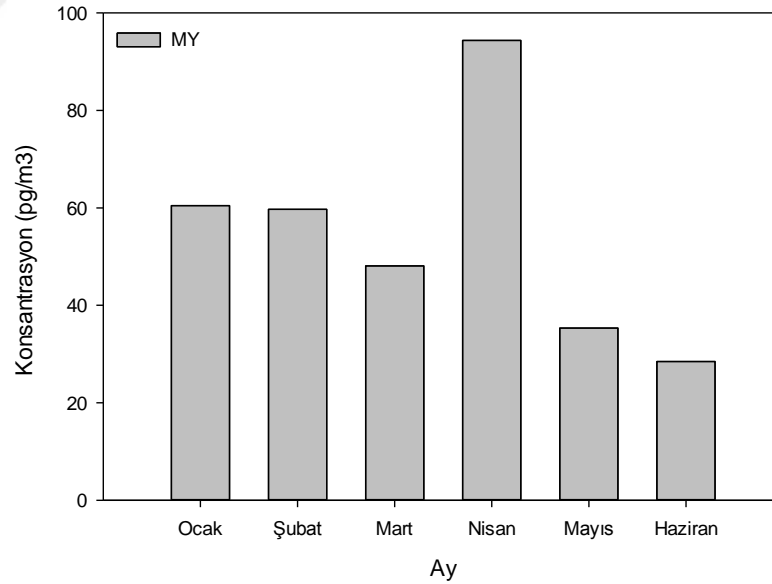
## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Kırsal Bölge Örnekleri

#### 4.1.1. Dış ortam hava örnekleri

Dış ortamdaki PCB konsantrasyonu PUF diskler kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Hesaplanan kütleler, örnekleme yapıldığı gün ve örnekleme katsayısına (R) bölünerek bulunmuştur. R değerinin bölgeden bölgeye farklılık gösterdiği literatürdeki çalışmalarda görülmüştür (Li ve ark. 2009, Birgul ve ark. 2017). Yapılan bu çalışmada R değeri literatürde kabul görmüş 3,5 m<sup>3</sup>/gün olarak alınarak konsantrasyona geçiş sağlanmıştır (Chaemfa ve ark. 2009).

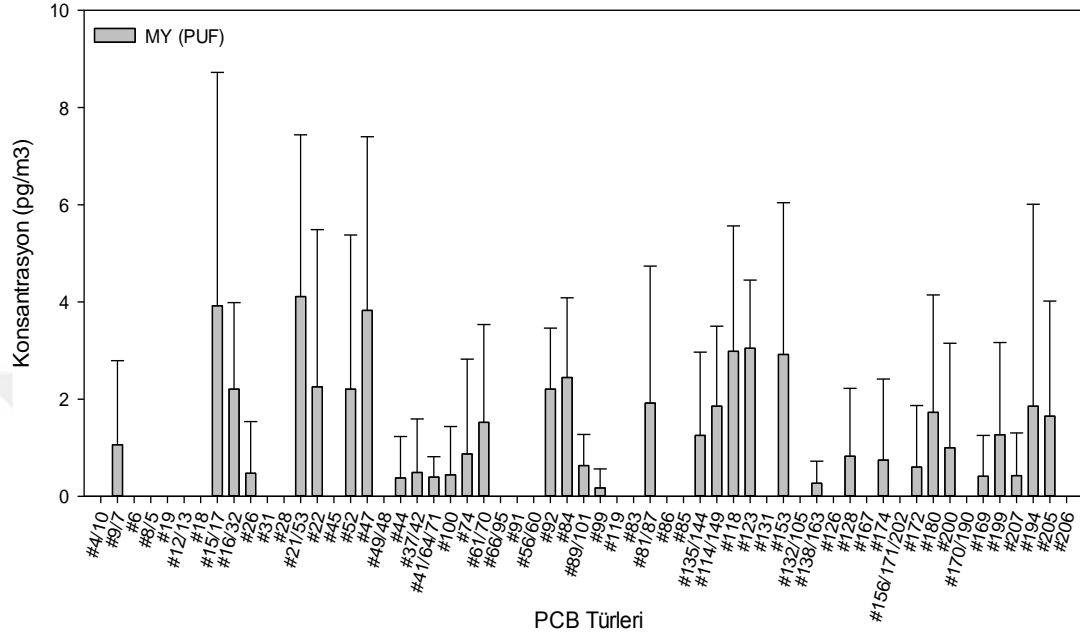
Mudanya Yörükali (MY) bölgesinde elde edilen 6 aylık verilerin ortalaması 54,41±21,67 pg/m<sup>3</sup> bulunmuştur. Bu bölgenin aylık konsantrasyonları Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Bölge atmosferinde en yüksek konsantrasyon Nisan ayında 94,38 pg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir.



**Şekil 4.1.** Kırsal bölge atmosferik PCB konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi  
Bölge atmosferinde PCB#21/53 (4,11 pg/m<sup>3</sup>), PCB#15/17 (3,92 pg/m<sup>3</sup>), PCB#47 (3,83 pg/m<sup>3</sup>), PCB#123 (3,04 pg/m<sup>3</sup>), PCB#118 (2,98 pg/m<sup>3</sup>) türleri ise bölge atmosferinde en

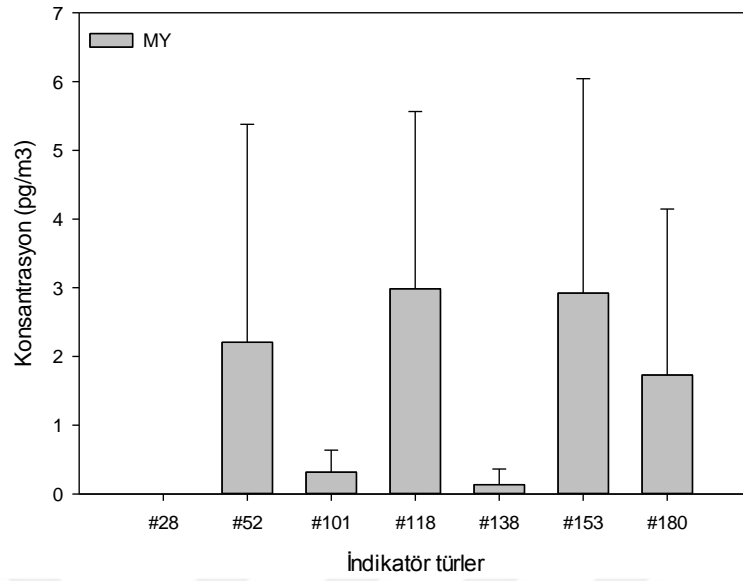


yüksek çıkan beş tür olarak hesaplanmış olup toplam atmosferik konsantrasyonunun %32,9'unu oluşturmaktadırlar (Şekil 4.2).



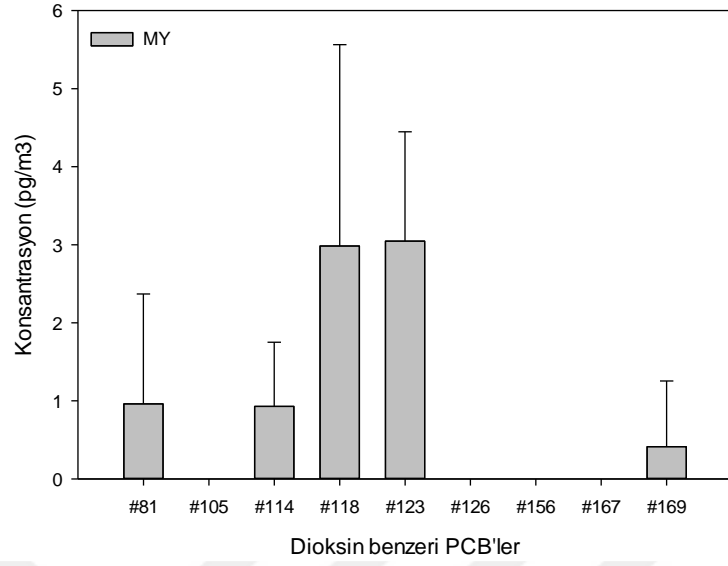
**Şekil 4.2.** Kırsal bölge atmosferinde tespit edilen PCB tür ve seviyeleri

PCB'lerin dağılımının ve varlığının izlenmesi için 7 PCB türü (PCB#28, PCB#52, PCB#101, PCB#118, PCB#138, PCB#153 ve PCB#180) indikatör olarak kullanılmaktadır (Motelay-Massei ve ark. 2004, Zhang ve ark. 2008). Bu türlerin konsantrasyonu  $10,29 \text{ pg/m}^3$  olarak hesaplanmıştır. Bölgede en yüksek çıkan indikatör türler PCB#118 ( $2,98 \text{ pg/m}^3$ ), PCB#153 ( $2,92 \text{ pg/m}^3$ ), PCB#52 ( $2,21 \text{ pg/m}^3$ ) olarak tespit edilmiştir. Bölgede PCB#28'e 6 aylık örnekleme süresi içerisinde hiçbir ayda rastlanmamış olup indikatör türlerin şekilsel gösterimi Şekil 4.3'de gösterilmiştir.



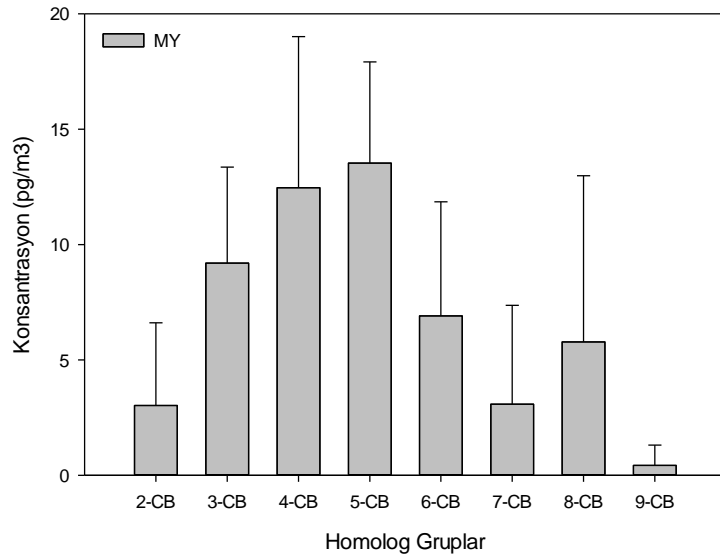
**Şekil 4.3.** Kırsal bölge atmosferik indikatör PCB tür ve seviyeleri

Bu çalışmada ayrıca dioksin-benzeri PCB'ler (dl-PCB'ler) olarak bilinen (PCB#77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169, 189) 12 türden PCB#77, 157 ve 189 haricindeki 9 türe bakılmıştır (Şekil 4.4). Yörükali bölgesinde (MY) dl-PCB türlerinin konsantrasyonu  $8,33 \text{ pg/m}^3$  olarak bulunmuştur. Bu türler atmosferik konsantrasyonun %15,31'ini oluşturmaktadır. PCB#123 ( $3,05 \text{ pg/m}^3$ ) ve PCB#118 ( $2,98 \text{ pg/m}^3$ ) en yüksek konsantrasyona sahip iki tür olarak bulunmuştur. Bölgede PCB#126'ya örnekleme süresince hiçbir ayda rastlanmamışken PCB#169'un toplam ortalama konsantrasyonu  $0,41 \text{ pg/m}^3$  olarak hesaplanmıştır.



**Şekil 4.4.** Kırsal bölge atmosferik dl-PCB tür ve seviyeleri

Yapılan GC okumalarında 82 PCB türene bakılmış olup bu türlerin 10 tanesi 2-CB, 11 tanesi 3-CB, 18 tanesi 4-CB, 18 tanesi 5-CB, 12 tanesi 6-CB, 6 tanesi 7-CB, 5 tanesi 8-CB, 2 tanesi 9 CB'dir. MY örnekleme noktasındaki homolog grupların dağılımı 5-CB (%24,9)>4-CB (%22,9)>3-CB (%16,9)>6-CB (%12,7)>8-CB (%10,6)>7-CB (%5,7)>2-CB (%5,6)>9-CB (%0,8) şeklinde dağılmıştır (Şekil 4.5)

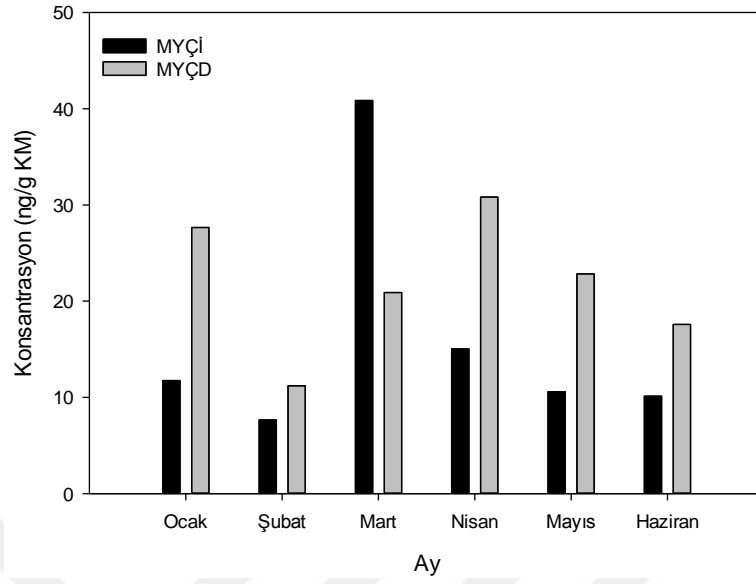


**Şekil 4.5.** Kırsal bölge atmosferik PCB homolog grup dağılımları

Astovize ve ark.'ları tarafından Arjantin'de banliyö bölgesinde  $\Sigma 42$  türe bakılmış ve toplam ortalama konsantrasyon  $23 \pm 13 \text{ pg/m}^3$  olarak bulunmuştur (Astoviza ve ark. 2016). Bu çalışmada aynı türlere bakıldığında (bakılamayan 12 tür haricinde) ortalama konsantrasyon MY bölgesindeki ortalama konsantrasyon  $31,74 \pm 16,50 \text{ pg/m}^3$  olarak bulunmuştur. Motelay- Massei ve ark.'larının 2000-2001 yıllarında kırsal bölgede gerçekleştirdiği çalışmada ise 13 PCB türüne bakılmıştır. PCB konsantrasyonları 65,6-269  $\text{pg/m}^3$  aralığında değişim göstermiş ortalama konsantrasyon  $151,53 \text{ pg/m}^3$  olarak tespit edilmiştir (Motelay-Massei ve ark. 2005). Mandalakis ve Stephanou 2001 yılında Almanya'nın kırsal bir bölgesinde gerçekleştirdikleri çalışmada ise toplam ortalama konsantrasyonu  $110 \pm 80 \text{ pg/m}^3$  olarak tespit etmişlerken, indikatör türlerin konsantrasyonu  $25 \text{ pg/m}^3$  olarak raporlamışlardır (Mandalakis ve Stephanou 2007). Yapılan bu çalışmada ise indikatör türlerin ortalama konsantrasyonu  $10,29 \pm 7,65 \text{ pg/m}^3$  olarak hesaplanmış ve Almanya'da elde edilen değer in altında kaldığı gözlemlenmiştir. Toplam ortalama konsantrasyonların ise Motelay-Massei'nin raporladığı türlere bakıldığında (PCB#101 hariç) bu türlerin ortalama konsantrasyonu  $11,60 \pm 8,96 \text{ pg/m}^3$  olarak hesaplanmıştır. Elde edilen ortalama konsantrasyonlar Mandalakis ve Stephanou ve Motelay-Massei'nin yaptığı çalışmaya kıyasla oldukça düşük çıkmışken Astovize ve ark.'larının yaptığı çalışmadan daha yüksek konsantrasyon tespit edilmiştir. Astovize ve ark.'larının yaptığı çalışmada 5-CB (%38), 6-CB (%23), 3-CB (%18), 4-CB (%16)'lerin toplam konsantrasyonun %95'ini oluşturduğu ifade edilmiştir. Bu çalışmada ise bu homolog gruplar toplam konsantrasyonun %77'sini oluşturmakta atmosferde ağır türler de %13'lük yer edinmektedir.

#### **4.1.2. Çam örnekleri**

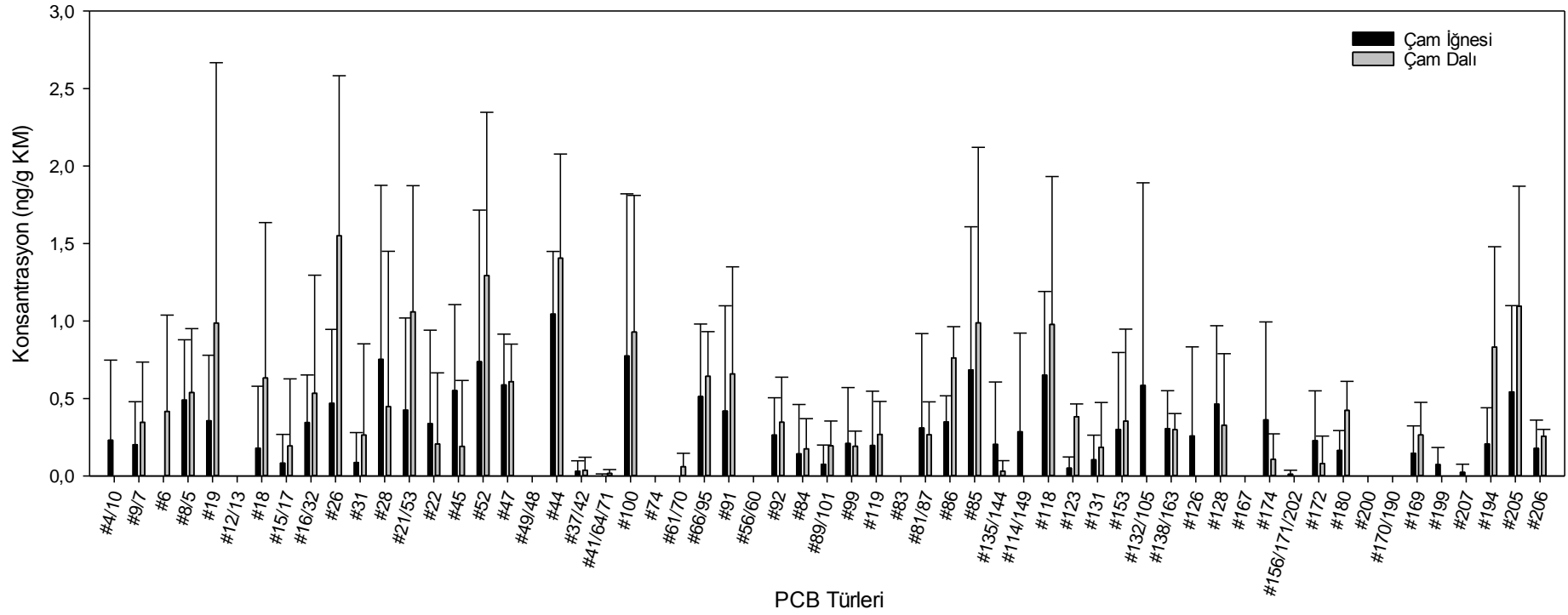
Mudanya Yörükali (MY) bölgesinde çam ağaçları ile gerçekleştirilen örneklemede yalnızca bir yıllık iğne ve dallar incelenmiştir. Bölgede çam iğnelerindeki ortalama konsantrasyon  $16,00 \pm 11,33 \text{ ng/g KM}$ , dallarda ise  $21,48 \pm 6,42 \text{ ng/g KM}$  olarak hesaplanmıştır. Bölgenin aylık bazındaki toplam konsantrasyonları Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Kırsal bölge çam ağacı bileşenlerinde PCB konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi

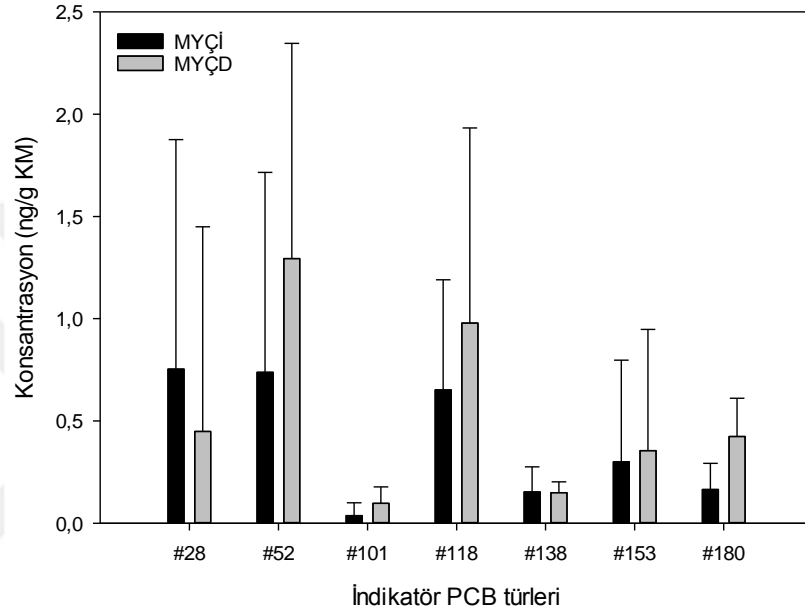
MY bölgesindeki çam iğnelerinde PCB#44, 100, 28, 52, 85 en yüksek konsantrasyona sahip beş tür olarak belirlenmiştir. Bu türler toplam iğne konsantrasyonunun %25'ini oluştururken türlerin konsantrasyonları sırasıyla 1,05 ng/g KM, 0,78 ng/g KM, 0,75 ng/g KM, 0,74 ng/g KM, 0,68 ng/g KM olarak hesaplanmıştır.

Dal örneklerinde ise PCB#26 (1,55 ng/g KM), 44 (1,41 ng/g KM), 52 (1,29 ng/g KM), 205(1,10 ng/g KM), 21/53 (1,06 ng/g KM) en yüksek konsantrasyona sahip beş tür olarak bulunmuştur. Bu türlerin toplam dal konsantrasyonunun %29,3'ünü oluşturmaktadır. Altı aylık örnekleme süresince toplamda 44 tür görülmüştür (Şekil 4.7).



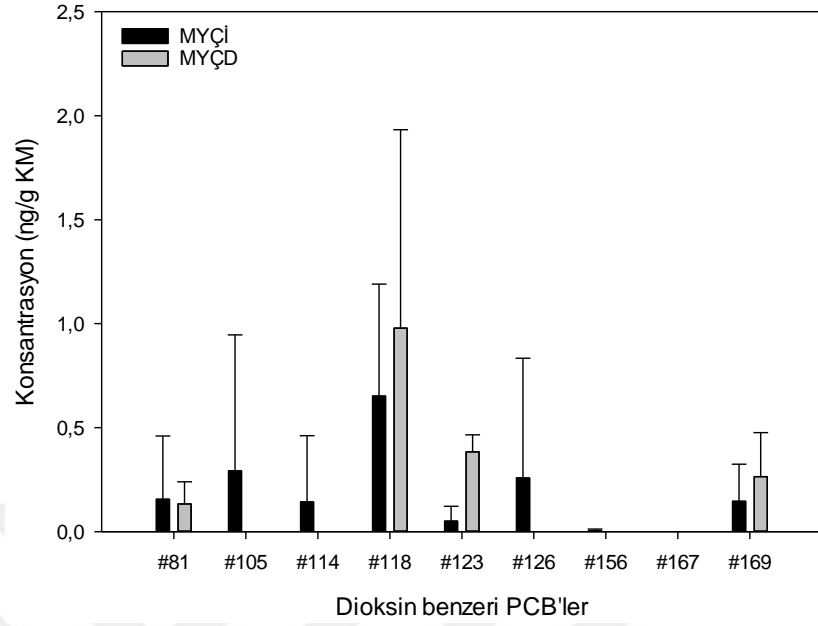
Şekil 4.7. Kırsal bölge çam bileşenlerinde görülen tür ve seviyeleri

MY bölgesinde çam iğnelerinde toplam ortalama indikatör konsantrasyonu 2,80 ng/g KM, dallarda ise 3,75 ng/g KM olarak hesaplanmıştır. Bu türler sırasıyla toplam konsantrasyonun %17,5 ve %17,2'sini oluşturmaktadır. İğnelerde PCB#28 (0,75 ng/g KM), dallarda PCB#52 (1,29 ng/g KM) en yüksek konsantrasyona sahip tür olarak bulunmuştur.



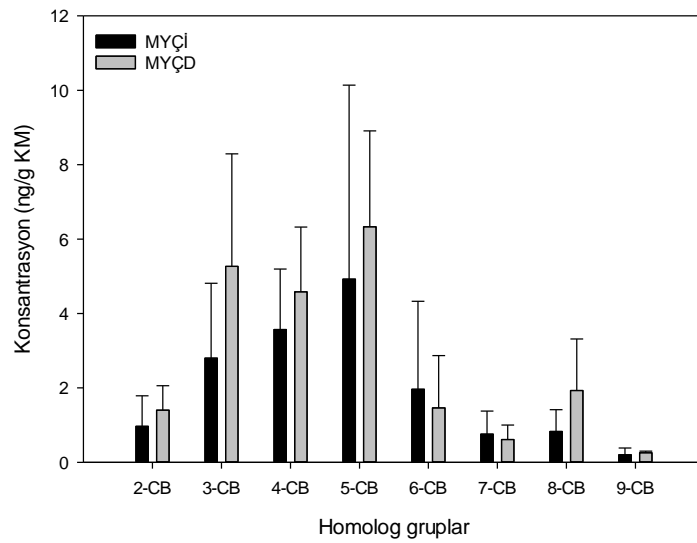
**Şekil 4.8.** Kırsal bölge çam bileşenlerindeki indikatör PCB tür ve seviyeleri

Mudanya Yörükali bölgesinde çam iğnelerinde dioksin benzeri PCB türlerinin toplam ortalama konsantrasyonu 1,70 ng/g KM, çam dallarında ise 1,76 ng/g KM olarak tespit edilmiştir. Bu değerlerin toplam çam iğne ve dal konsantrasyonlarına oranları ise sırasıyla %10,6 ve %8,1 olarak hesaplanmıştır. En yüksek konsantrasyona sahip türler iğne ve dallarda PCB#118 olarak tespit edilmiştir. Bu türlerin konsantrasyonu sırasıyla 0,65 ng/g KM ve 0,98 ng/g KM olarak hesaplanmıştır. Her iki bölge için tüm dioksin benzeri türlerin konsantrasyonları Şekil 4.9'da verilmiştir.



**Şekil 4.9.** Kırsal bölge çam bileşenlerindeki dl-PCB tür ve seviyeleri

Yörükali bölgesindeki çam iğnelerinde 5-CB'ler toplam konsantrasyonun %30,8'lik kısmını oluşturmaktayken diğer gruplar 4-CB>3-CB>6-CB>2-CB>8-CB>7-CB>9-CB şeklinde sıralanmıştır. Bölgedeki dal örneklerinde de iğnelerde olduğu gibi 5-CB'ler baskın homolog grubu olarak tespit edilmiş (%29) sıralama 3-CB>4-CB>8-CB>6-CB>2-CB>7-CB>9-CB olarak şeklinde gerçekleşmiştir (Şekil 4.10).

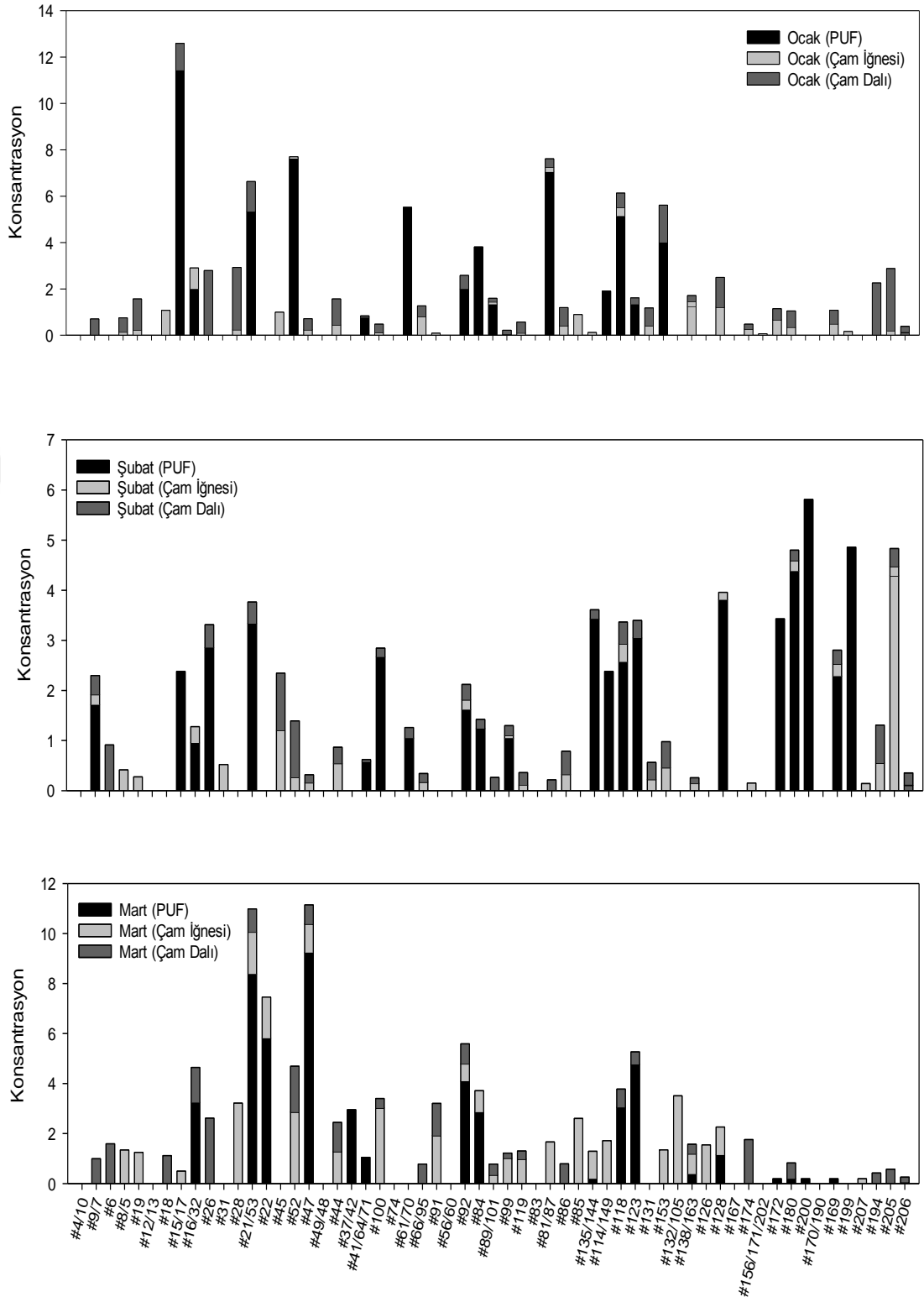


**Şekil 4.10.** Kırsal bölge çam bileşenlerindeki PCB homolog grup dağılımları

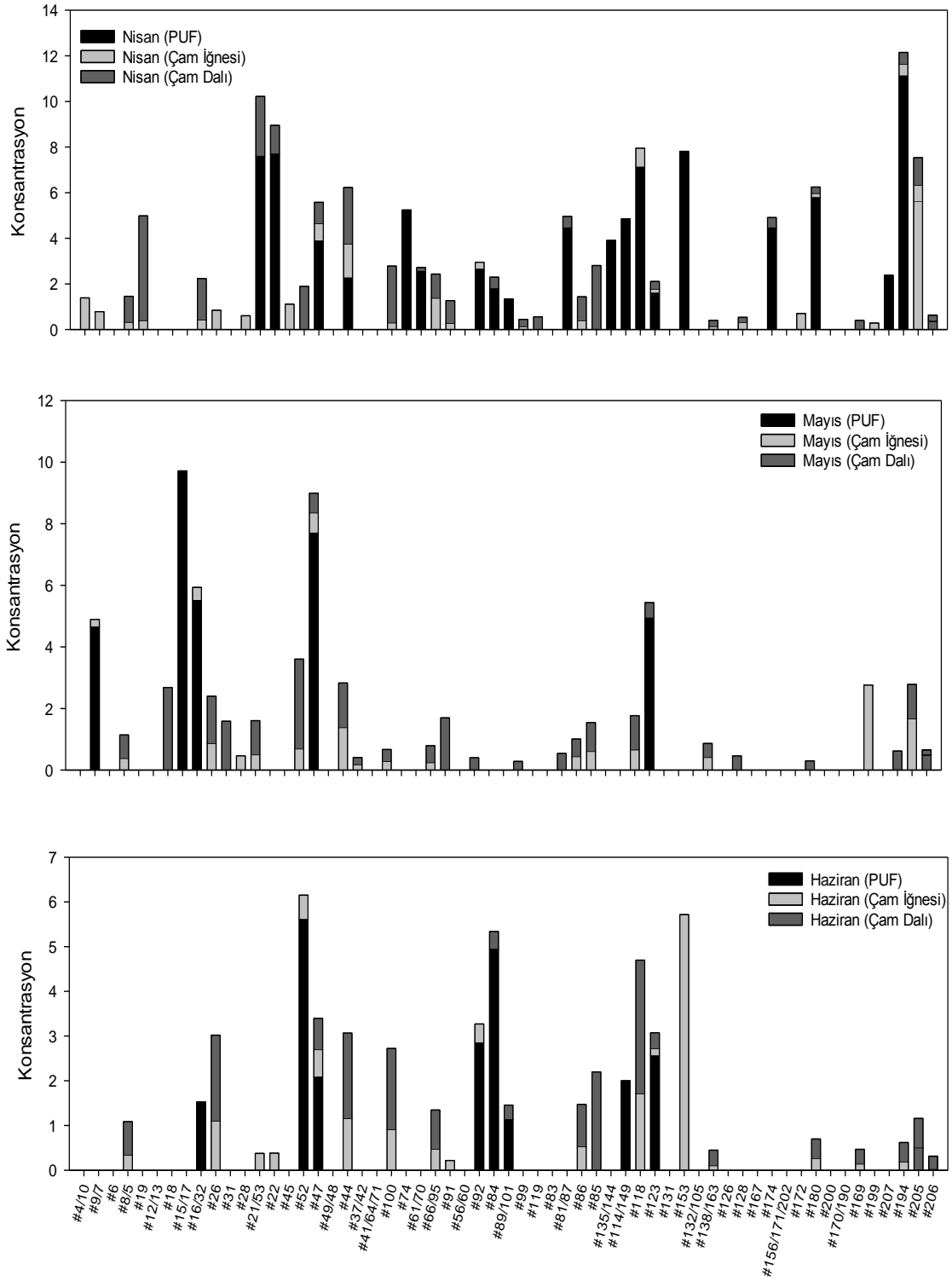


Grimalt ve van Drooge'un (2006) 2002 yılında çam iğneleri ile gerçekleştirdikleri örneklemede PCB#118 hariç altı indikatör türe bakmışlardır. Toplam ortalama konsantrasyonu 3,2 ng/g KM olarak tespit etmişlerken bu çalışmada PCB#118 dikkate alınmadığında konsantrasyon  $2,13 \pm 2,62$  ng/g KM olarak tespit edilmiş, Grimalt ve van Drooge'un çalışmasından daha düşük sonuç tespit edilmiştir. 2002 yılında yapılan çalışmada en baskın indikatör türlerini PCB#101 ve PCB#138 olarak tespit etmişlerken PCB#28 en düşük konsantrasyonlu tür olarak bulunmuştur (Grimalt ve van Drooge 2006). Bu çalışmada ise PCB#101 ve #138 en düşük konsantrasyona sahip iki tür olarak bulunmuşken PCB#28 en yüksek konsantrasyonlu türdür. Nitekim literatürde çam iğnelerinde indikatör türler arasında PCB#28'in baskın tür bulunduğu çalışmalar da mevcuttur (Holt ve ark. 2016). Holt ve ark.'larının (2016) gerçekleştirmiş oldukları çalışmada çam iğnelerinde dl-PCB'lere de bakılmış olup en baskın iki türü PCB#118 ve #105 olarak tespit etmişlerdir. Bu sonuçlar yapılan bu çalışma ile benzerlik göstermektedir. Dalian'da gerçekleştirilen çam iğneleri kullanılarak gerçekleştirilen başka bir çalışmada ise 3-CB, 4-CB ve 5-CB'li homolog grupları şehir genelinde baskın olarak bulunmuşlardır (Chen ve ark. 2006). Bu sonuçların yapılan bu çalışma ile benzerlik gösterdiği görülmüştür. Odabaşı ve ark.'larının 2015 ve 2016 yılında gerçekleştirdikleri çalışmalarda bir yıllık iğne numunelerinin ile beraber dal numunelerine de bakmışlardır (Odabasi ve ark. 2015, Odabasi ve ark. 2016). 1 yıllık iğne numunelerinin konsantrasyonları 2010 ve 2011 yılında yaptıkları çalışmalarda sırasıyla 2,5 ng/g KM ve 2.1 ng/g KM, dal numunelerinde ise 1,2 ng/g KM ve 1.1 ng/g KM'lik konsantrasyon elde etmişlerdir. Elde edilen bu konsantrasyonlar MY bölgesi ile karşılaştırıldığında düşük kalmıştır ancak Odabaşı ve ark.'larının seçtiği bu bölgeler tüm endüstriyel faaliyetlerden uzak bir nokta olacak şekilde seçildiğinden yapılan bu çalışmadan düşük çıkmış olmasının sebebi olarak gösterilebilir. Odabaşı ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalarda iğne konsantrasyonları dal konsantrasyonlarından yüksek çıkmış olmasına karşın bu çalışmada tersi sonuç elde edilmiştir.

Bölge atmosferinde ve çam bileşenlerinde tespit edilen PCB türlerinin aylık bazda birlikte gösterimi Şekil 4.11'de sunulmuştur.



Şekil 4.11. Kırsal bölgedeki PCB türleri konsantrasyonlarının aylık bazda gösterimi

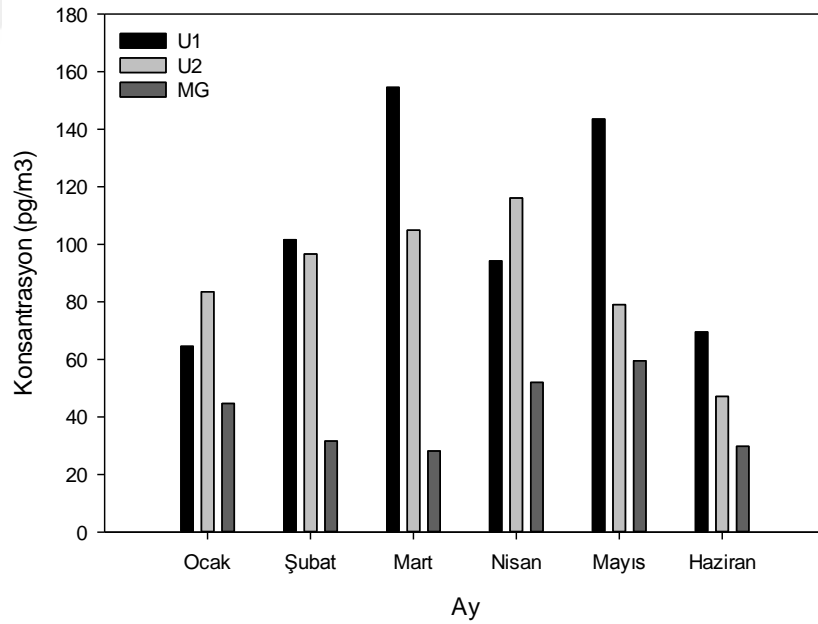


Şekil 4.11. Kırsal bölgedeki PCB türleri konsantrasyonlarının aylık bazda gösterimi (devam)

## 4.2. Yarı Kırsal Bölge Örnekleri

### 4.2.1. Dış ortam hava örnekleri

Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü'nde Ocak 2016 ile Haziran 2016 tarihleri arasında iki farklı noktaya PUF diskler yerleştirilmiştir. Altı aylık örnekleme sonucunda elde edilen ortalama değerlerin ay bazındaki gösterimi Şekil 4.12'de verilmiştir. Birinci bölgedeki (U1) PCB konsantrasyonu 64,38-154,57  $\text{pg}/\text{m}^3$  aralığında, ikinci bölgedeki (U2) konsantrasyon ise 47,15-116,10  $\text{pg}/\text{m}^3$  aralığında değişim göstermiş olup bölgelerdeki ortalama konsantrasyonlar U1 bölgesi için  $104,68 \pm 34,06 \text{ pg}/\text{m}^3$ , U2 bölgesi için ise  $87,91 \pm 22,07 \text{ pg}/\text{m}^3$  bulunmuştur. Mudanya bölgesinde Güzelyalı (MG) bölgesinde yapılan örneklemede 6 aylık verilerin ortalaması  $40,97 \pm 11,94 \text{ pg}/\text{m}^3$  olarak hesaplanmıştır. U1-U2 arasında t testi yapılmış ve istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunmamıştır ( $P > 0,05$ ). U1-MG ve U2-MG arasında yapılan t testinde ise istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmuştur ( $P < 0,05$ ).

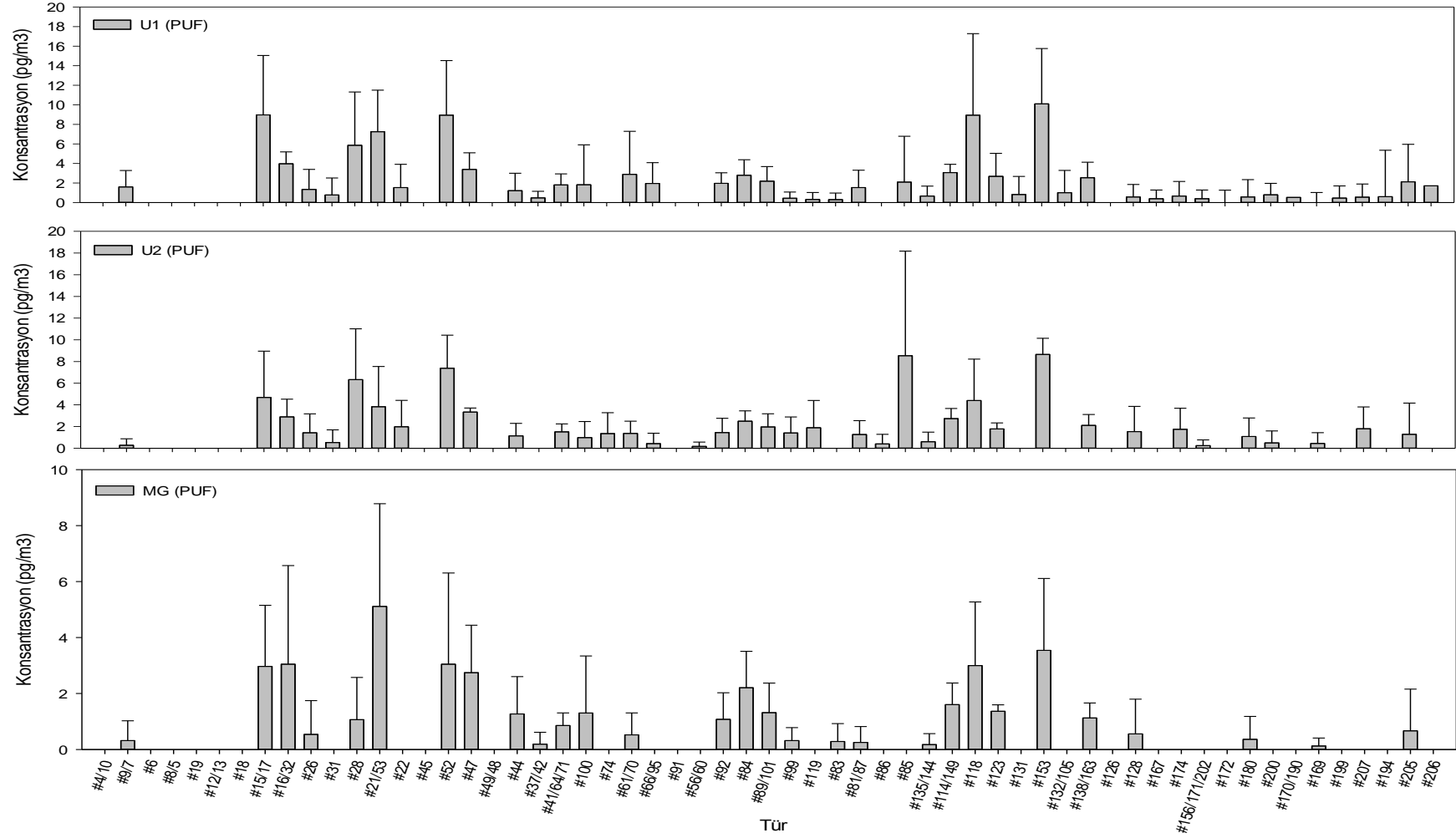


Şekil 4.12. Yarı kırsal bölgedeki atmosferik PCB konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi

Altı aylık örnekleme sırasında U1 bölge atmosferinde bulunan en yüksek konsantrasyonlu beş tür PCB#153 ( $10,10 \text{ pg}/\text{m}^3$ ), PCB#15/17 ( $8,97 \text{ pg}/\text{m}^3$ ), PCB#118 ( $8,94 \text{ pg}/\text{m}^3$ ), PCB#52 ( $8,94 \text{ pg}/\text{m}^3$ ), PCB#21/53 ( $7,25 \text{ pg}/\text{m}^3$ ), olarak hesaplanmıştır. Bu türler toplam

atmosferik konsantrasyonun %42,21'ini oluşturmaktadır. Öte yandan, U2 bölgesinde ise PCB#153 (8,65 pg/m<sup>3</sup>), PCB#85 (8,54 pg/m<sup>3</sup>), PCB#52 (7,38 pg/m<sup>3</sup>), PCB#28 (6,33 pg/m<sup>3</sup>), PCB#15/17 (4,68 pg/m<sup>3</sup>) bu bölgedeki en yüksek beş türü oluştururken, bu türler toplam atmosferik konsantrasyonun %35,64'üne tekabül etmektedir. Her iki örnekleme noktasındaki baskın türlere bakıldığında 3 tür (PCB#153, 52 ve 15-17) her iki bölge de yüksek konsantrasyonlarda rastlanmıştır. U1 bölgesindeki baskın olan PCB#118 ve PCB#21/53 türlerinin U2 bölgesindeki konsantrasyonları sırasıyla 4,68 pg/m<sup>3</sup> ve 4,39 pg/m<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir. U1 bölgesinde baskın olan PCB#85 ve PCB#28 ise U1 bölgesinde sırasıyla 2,10 pg/m<sup>3</sup> ve 5,85 pg/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır.

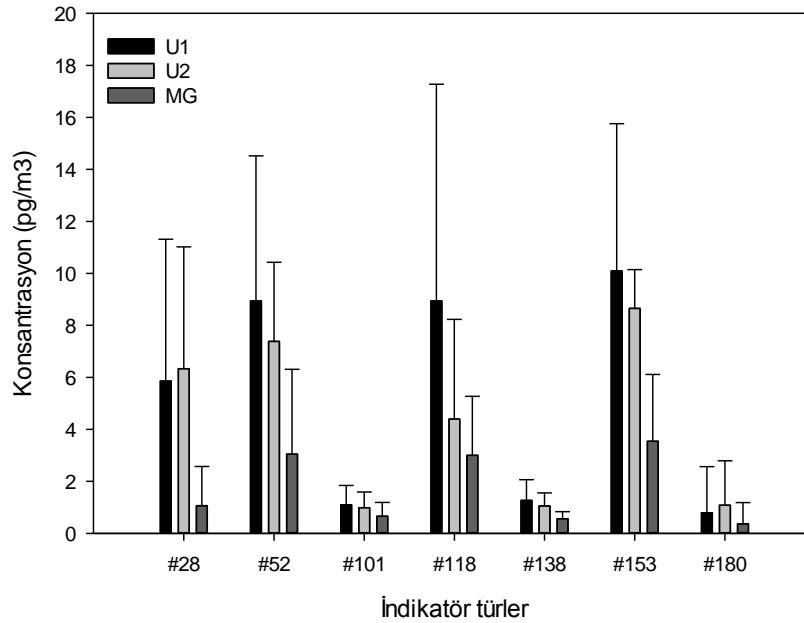
Örnekleme çalışması sonucunda Mudanya Güzelyalı (MG) bölge atmosferinde en yüksek konsantrasyona sahip 5 tür PCB#21/53, 153, 16/32, 52, 118 olarak tespit edilmiş ve konsantrasyonları sırasıyla 5,11 pg/m<sup>3</sup>, 3,54 pg/m<sup>3</sup>, 3,04 pg/m<sup>3</sup>, 3,04 pg/m<sup>3</sup> ve 3,00 pg/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Bu türler ise toplam konsantrasyonun %43,3'lük bölümünü oluşturmaktadır. Yarı kırsal bölgelerde tespit edilen türler Şekil 4.13'de gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Yarı kırsal bölge atmosferinde tespit edilen PCB tür ve seviyeleri

Altı aylık örnekleme sonucunda U1 bölgesindeki indikatör türlerin konsantrasyonunun ortalaması 36,98 pg/m<sup>3</sup> olarak bulunmuş olup elde edilen ortalama değerler 0,79-10,10 pg/m<sup>3</sup> aralığında değişmiştir. Bu türler U1 bölgesindeki atmosferik toplam PCB konsantrasyonunun %35,33'üne denk düşmektedir. En yüksek konsantrasyona sahip türler PCB#153 (10,10 pg/m<sup>3</sup>), PCB#118 (8,94 pg/m<sup>3</sup>), PCB#52 (8,93 pg/m<sup>3</sup>) olarak hesaplanmıştır. U2 bölgesinde ise indikatör türlerin konsantrasyonu 0,98-8,65 pg/m<sup>3</sup> aralığında değişim göstermekte ve ortalaması 29,88±7,45 pg/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Elde edilen veriler ışığında bu türler bölgedeki toplam PCB konsantrasyonunun %34'ünü oluşturmaktadır. Bu bölgedeki en yüksek seviyede rastlanan türler ise PCB#153 (8,65 pg/m<sup>3</sup>), PCB#52 (7,38 pg/m<sup>3</sup>), PCB#28 (6,33 pg/m<sup>3</sup>) olarak bulunmuştur.

MG bölgesindeki toplam ortalama indikatör PCB tür konsantrasyonu 12,24 pg/m<sup>3</sup> olarak bulunmuş ve indikatör türlerin toplam atmosferik konsantrasyonunun %29,87'sini oluşturduğu görülmüştür. PCB#153 (3,53 pg/m<sup>3</sup>), PCB#52 (3,05 pg/m<sup>3</sup>), ve PCB#118 (3,00 pg/m<sup>3</sup>), bölgeden en yüksek rastlanan indikatör türler olmuştur. Şekil 4.14'de bölgelerdeki indikatör PCB türlerinin ortalama konsantrasyonları ifade edilmiştir.

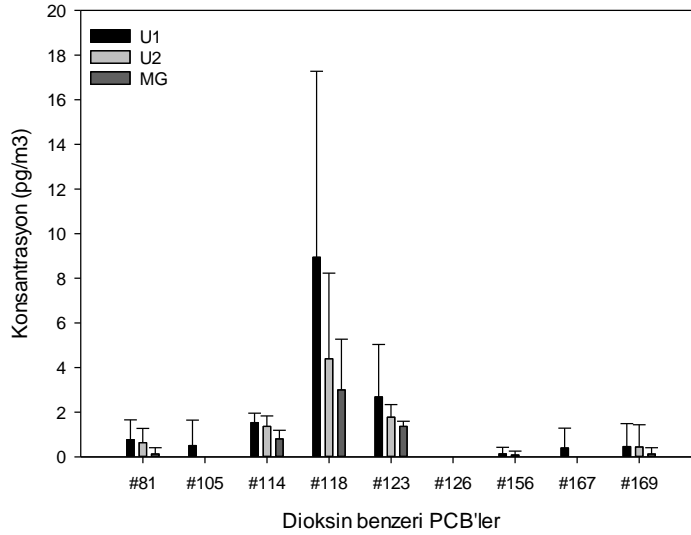


**Şekil 4.14.** Yarı kırsal bölgedeki atmosferik indikatör PCB tür ve seviyeleri

dl-PCB'lerin U1 bölgesindeki toplam ortalama konsantrasyonları 15,42±10,41 pg/m<sup>3</sup> olarak bulunmuş ve toplam konsantrasyonunun %14'ünü oluşturduğu görülmüştür. Bu

bölgede tespit edilebilmiş en yüksek ve en düşük konsantrasyona sahip türler sırasıyla PCB#118 (8,94 pg/m<sup>3</sup>), PCB#156 (0,13 pg/m<sup>3</sup>) olmuştur. U1 bölgesinde PCB#126'ya hiçbir ayda rastlanmamışken PCB#169'un ortalama konsantrasyonu 0,46 pg/g<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. U2 bölgesinde ise dl-PCB'lerin ortalaması 8,70 pg/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmış ve bu türlerin toplam atmosferik konsantrasyonun %9,90'nını oluşturduğu görülmüştür. U2 bölgesinde çıkan en yüksek tür U1 bölgesinde olduğu gibi PCB#118 (4,40 pg/m<sup>3</sup>) olmuştur. U2'de PCB#126'ya rastlanmamışken PCB169'un konsantrasyonu 0,44 pg/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır.

Mudanya Güzelyalı (MG) bölgesindeki atmosferdeki dl-PCB'lerin konsantrasyonu 5,42 pg/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmış ve toplam ortalama atmosferik PCB konsantrasyonun %13,2'sini oluşturduğu belirlenmiştir. Bölgede en yüksek konsantrasyonlu iki dl-PCB türü PCB#118 (3,00 pg/m<sup>3</sup>) ve PCB#123 (1,37 pg/m<sup>3</sup>) olarak tespit edilmiştir. En yüksek TEF değerine sahip türlerden biri olan PCB#126'ya hiçbir ayda rastlanmamışken PCB#169'a yalnızca Mayıs ayında rastlanmış olup konsantrasyonu 0,13 pg/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Bölge atmosferinde görülen dl-PCB'lerin ortalama konsantrasyonları Şekil 4.15'de gösterilmiştir.



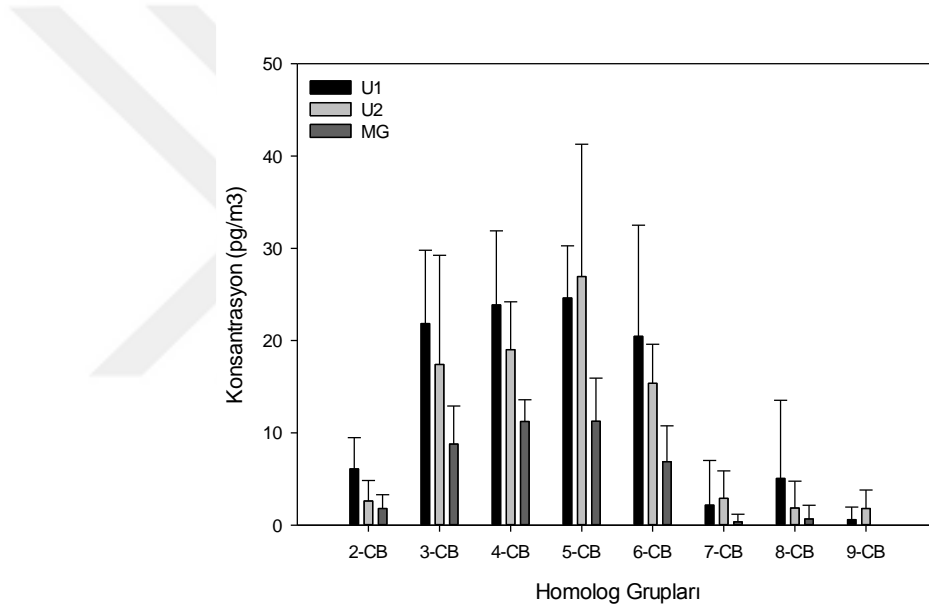
**Şekil 4.15.** Yarı kırsal bölgenin atmosferik dl-PCB tür ve seviyeleri

U1 ve U2 bölgesinde homolog dağılımları Şekil 4.16'da ifade edilmiştir. U1 bölgesinde atmosferde ölçülen homolog grupları arasında en yüksek oranı %23,52 ile 5-CB'ler



oluştururken diğer türler sırasıyla 4-CB (%22,8), 3-CB (%20,8), 6-CB (%19,4), 2-CB (%5,8), 8-CB (%4,8), 7-CB (%2,1) ve 9-CB (%0,6) olmuştur. U2 bölgesinde ise 5-CB'ler %30,7 ile en yüksek rastlanan homolog grubu olurken diğer grupların sıralaması ise 4-CB (%21,6)>3-CB(%19,8)>6-CB(%17,5)>7-CB(%3,3)>2-CB(%2,1)>8-CB (%2,1)>9-CB (%2,0) şeklindedir.

MG bölgesinde homolog gruplar incelendiğinde 5-CB'lerin (%27,5) baskın grubun olduğu görülmektedir. Diğer gruplar ise 4-CB (%27,4)>3-CB (%21,4)>6-CB (%16,8)>2-CB (%4,4)>8-CB (%1,6)>7-CB (%0,9) şeklinde dağılım göstermiştir. Bu bölgede 9-CB'li türlere rastlanmamıştır.



**Şekil 4.16.** Yarı kırsal bölgenin atmosferik PCB homolog grup dağılımları

Uludağ Üniversitesi Görükle kampüsü ve Mudanya literatürdeki bazı çalışmalarda örnekleme noktası olarak kullanılmıştır. 2008-2009 yıllarında kampüs bölgesi ve Mudanya bölgesinde gerçekleştirilen bir çalışmada 83 türün toplam ortalama konsantrasyonu sırasıyla 412  $\text{pg}/\text{m}^3$  ve 570  $\text{pg}/\text{m}^3$  olarak hesaplanmıştır (Cindoruk ve Tasdemir 2010a). İndikatör türlerin ortalama konsantrasyonu ise kampüste 67, 8  $\text{pg}/\text{m}^3$  olarak tespit edilmişken Mudanya örnekleme noktasında 94,4  $\text{pg}/\text{m}^3$  olarak hesaplanmıştır. 2013 yılında Uludağ Üniversitesi Görükle kampüsünde gerçekleştirilen başka bir çalışmada ise 87 PCB türüne bakılmış olup toplam ortalama konsantrasyonları 345  $\text{pg}/\text{m}^3$  olarak tespit edilmiştir (Sakin ve Tasdemir 2016). Aynı çalışmada indikatör

türlere de bakılmış olup toplam ortalama konsantrasyonları  $43,4 \text{ pg/m}^3$  olarak hesaplanmıştır. Yine Uludağ Üniversitesi Görükle kampüsünde 2014 yılında Birgül ve ark.'larının gerçekleştirdiği çalışmada toplam ortalama konsantrasyon 43 PCB türü için  $43,8 \pm 24,4 \text{ pg/m}^3$  olarak tespit edilmiştir (Birgül ve ark. 2017). Bu çalışmada ise elde edilen konsantrasyonlar U1 bölgesi için  $104,68 \pm 34,06 \text{ pg/m}^3$ , U2 bölgesi için ise  $87,91 \pm 22,07 \text{ pg/m}^3$ , Mudanya Güzelyalı bölgesi içinse  $40,97 \pm 11,94 \text{ pg/m}^3$  olarak hesaplanmıştır. Bu değerler Cindoruk ve Tasdemir, Sakin ve Tasdemir'in yaptığı çalışmalardan oldukça düşük kaldığı görülmüştür. Ancak literatürdeki bu çalışmalar yüksek hacimli hava örnekleyicileri (HVAS) ile gerçekleştirilmiştir. HVAS ile yapılan örneklemeler partikül fazdaki PCB'leri içerdiğinden PUF diskler ile gerçekleştirilen konsantrasyonlardan daha yüksek çıktığı literatürde araştırmalarda görülmüştür (Mari ve ark. 2008). İndikatör türlerin konsantrasyonları bu çalışmada U1 bölgesinde  $36,98 \pm 14,44 \text{ pg/m}^3$  ve U2 bölgesinde  $29,88 \pm 7,45 \text{ pg/m}^3$  olarak tespit edilmiştir. Her iki çalışmaya da tarihsel sırayla bakıldığında bölgedeki indikatör konsantrasyonların düşüş trendi gösterdiği belirlenmiştir. Birgül ve ark.'larının yaptığı çalışmada ise bakılan 43 türün 12 tanesine bu çalışmada bakılamamış olup, kalan 31 PCB türü baz alındığında U1 bölgesinde toplam ortalama konsantrasyon  $62,43 \pm 24,56 \text{ pg/m}^3$ , U2 bölgesinde ise  $49,57 \pm 8,79 \text{ pg/m}^3$  olarak bulunmuştur. Birgül ve ark.'larının yaptığı çalışmada örnekleme süreleri 44-71 gün arasında değişmiş olup örnekleme katsayısı  $5,03-7,64 \text{ m}^3/\text{gün}$  aralığında değişmiştir. Bu çalışmada ise örnekleme aralığı 30 gün olup örnekleme katsayısı hesaplaması yapılamamış, örnekleme katsayısı literatürde kabul görmüş  $3,5 \text{ m}^3/\text{gün}$  olarak alınmıştır. Bu durumun Birgül ve ark.'larının bulduğu konsantrasyonun yapılan bu çalışmadan daha düşük çıkmış olmasının sebebi olabileceği düşünülmektedir. Motelay-Massei ve ark.'larının kırsal bölgede 2000-2001 yılları arasında kırsal bölgede gerçekleştirdiği çalışmada yarı-kırsal bölgede ölçtükleri konsantrasyonlar  $66,6-129 \text{ pg/m}^3$  aralığında değişim göstermişken ortalama konsantrasyon  $89,17 \text{ pg/m}^3$  olarak hesaplanmıştır (Motelay-Massei ve ark. 2005). Bu değerler Görükle Kampüs bölgesinde ölçülen değerlerde farklılık göstermektedir. Mandalakis ve Stephanou 2001 yılında kırsal bir bölgede gerçekleştirdikleri çalışmada ise indikatör türlerin konsantrasyonu  $25 \text{ pg/m}^3$  olarak tespit etmişlerdir (Mandalakis ve Stephanou 2007). Bu değerler U2 bölgesindeki sonuçlara yakınken U1 bölgesinden daha düşük kaldığı görülmüştür.

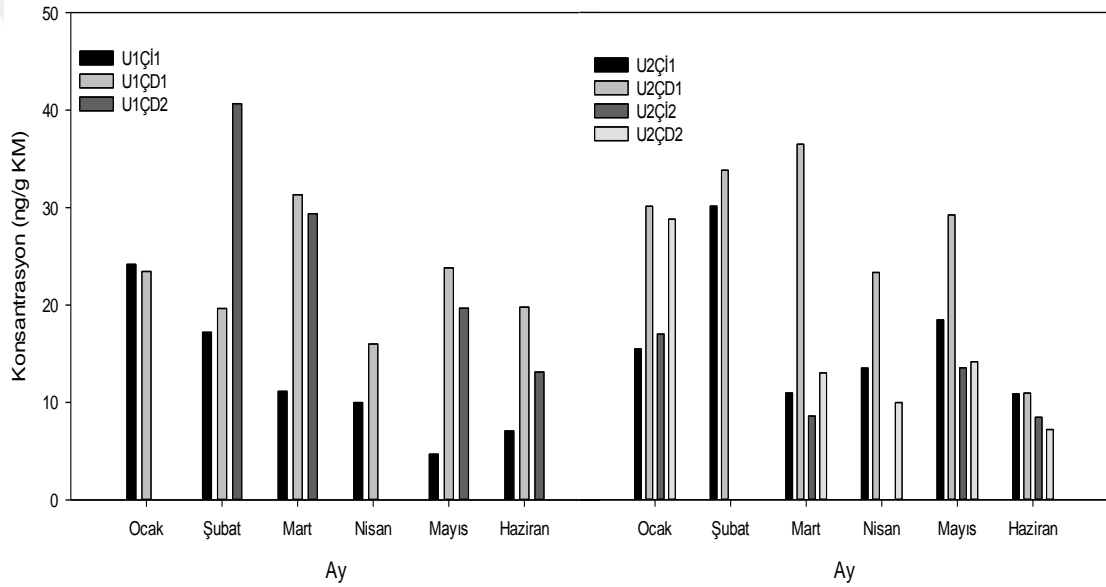
Yapılan bu çalışmada Görükle kampüsündeki iki bölge ve MG bölgesinde baskın homolog grupları aynı bulunmuştur. Birgül ve ark.'larının gerçekleştirdiği örneklemelelerde 4-CB ve 3-CB'ler baskın tür olarak bulunmuştur. Bu çalışma da ise en baskın tür 5-CB'ler olurken bu grubu 4-CB'ler ve 3-CB'ler izlemektedir. İki bölgedeki baskın türler aynı iken yalnızca 2,8,7,9-CB'lerin sıralaması değişmiştir. U2 bölgesinde U1'e kıyasla 9-CB'li ağır türler daha yüksek oranda tespit edilmiştir. Bu durum örnekleme noktasına yakın daha önceleri üniversitenin elektronik çöp atık sahası bulunmasına yorulabilir. Sakin ve Tasdemir'in 2013'deki kampüste gerçekleştirdiği çalışmada ise 4-CB'ler (%25,9) baskın tür olarak çıkmış olup bu homolog grubunu 3-CB (%23,9) ve 5-CB'ler(%23,16) izlemiştir. Yapılan bu çalışmadaki bu homolog gruplarının yüzdeleri benzerlik göstermekteyken 6-CB'li homolog grupları içeren türler de yüksek konsantrasyonlarda elde edilmiş (% 17-19), 2-CB'lerin yüzdesi 3-5 aralığında değişmiştir. Sakin ve Tasdemir'in çalışmasında ise 2-CB'ler %15,4 oranında tespit edilmişken 6-CB'ler %2,19 oranında tespit edilmiştir.

Cindoruk ve Tasdemir'in 2008'de Görükle kampüs ve Mudanya'da gerçekleştirdiği çalışmada 3-CB ve 4-CB'lerin toplam oranı sırasıyla %57 ve %60 olarak hesaplanmıştır. Cindoruk ve Tasdemir'in Görükle kampüsünde 2004-2005 yıllarında gerçekleştirildiği çalışmada ise bu homolog gruplarının toplama oranı %75 olarak tespit edilmiş olup bu çalışmada da 2-CB'ler örneklenememiştir. (Cindoruk ve Tasdemir 2007). 2016 yılında gerçekleştirilen bu çalışmada ise Görükle kampüsündeki toplam oran U1 için %41 olarak hesaplanmışken, U2'de %41, Mudanya Güzelyalı'da ise %48 olarak tespit edilmiştir.

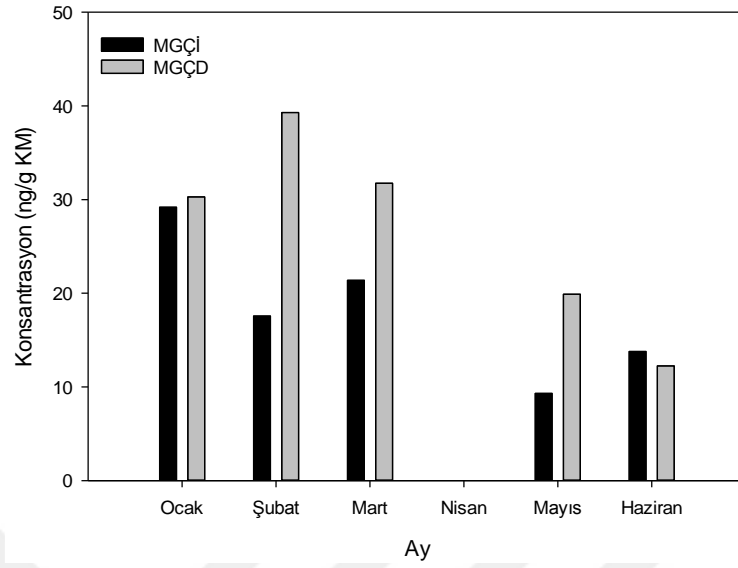
#### **4.2.2. Çam örnekleri**

Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü'nden altı aylık örnekleme süresince U1 bölgesinden bir yaşında çam iğnesi (U1Çİ1), bir (U1ÇD1) ve iki yaşındaki dal örnekleri (U1ÇD2), U2 bölgesinden ise bir (U2Çİ1) ve iki yaşındaki (U2Çİ2) çam iğne (U2Çİ2) ve dal örnekleri (U2ÇD2) toplanmıştır. U1 bölgesinde elde edilen verilere göre bir yıllık çam iğnelerinin toplam ortalama konsantrasyonları  $12,40 \pm 6,54$  ng/g KM, bir (U1ÇD1) ve iki yıllık dalların (U1ÇD2), konsantrasyonu ise sırasıyla  $22,34 \pm 4,79$  ng/g KM,  $25,71 \pm 10,39$  ng/g KM olarak belirlenmiştir. U2 bölgesinde bir yıllık (U2Çİ1) ve iki yıllık çam iğnelerinin (U2Çİ2) ortalama PCB konsantrasyonları sırasıyla  $16,56 \pm 6,61$  ng/g KM

ve  $11,90 \pm 3,59$  ng/g KM olarak hesaplanmıştır. Bir yıllık çam dallarının konsantrasyonu (U2ÇD1) ise  $27,32 \pm 8,39$  ng/g KM olarak hesaplanmışken iki yıllık çam dallarının konsantrasyonu (U2ÇD2)  $14,63 \pm 7,49$  ng/g KM olarak tespit edilmiştir. Bu bölgelerin aylık bazdaki PCB dağılımları Şekil 4.17.'de gösterilmiştir. MG bölgesinde toplam ortalama konsantrasyon çam iğnelerinde  $18,25 \pm 6,78$  ng/g KM olarak hesaplanmışken dallarda  $26,70 \pm 13,21$  ng/g KM olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.18). U1, U2 ve MG bölgelerindeki çam iğne ve dal bileşikleri birbirleri ile ilişkisi istatistiksel açıdan karşılaştırıldığında bir yıllık iğne, bir ve iki yıllık dal örnekleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p > 0,05$ ).



**Şekil 4.17.** UUK'ndeki çam ağacı bileşenlerindeki PCB konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi



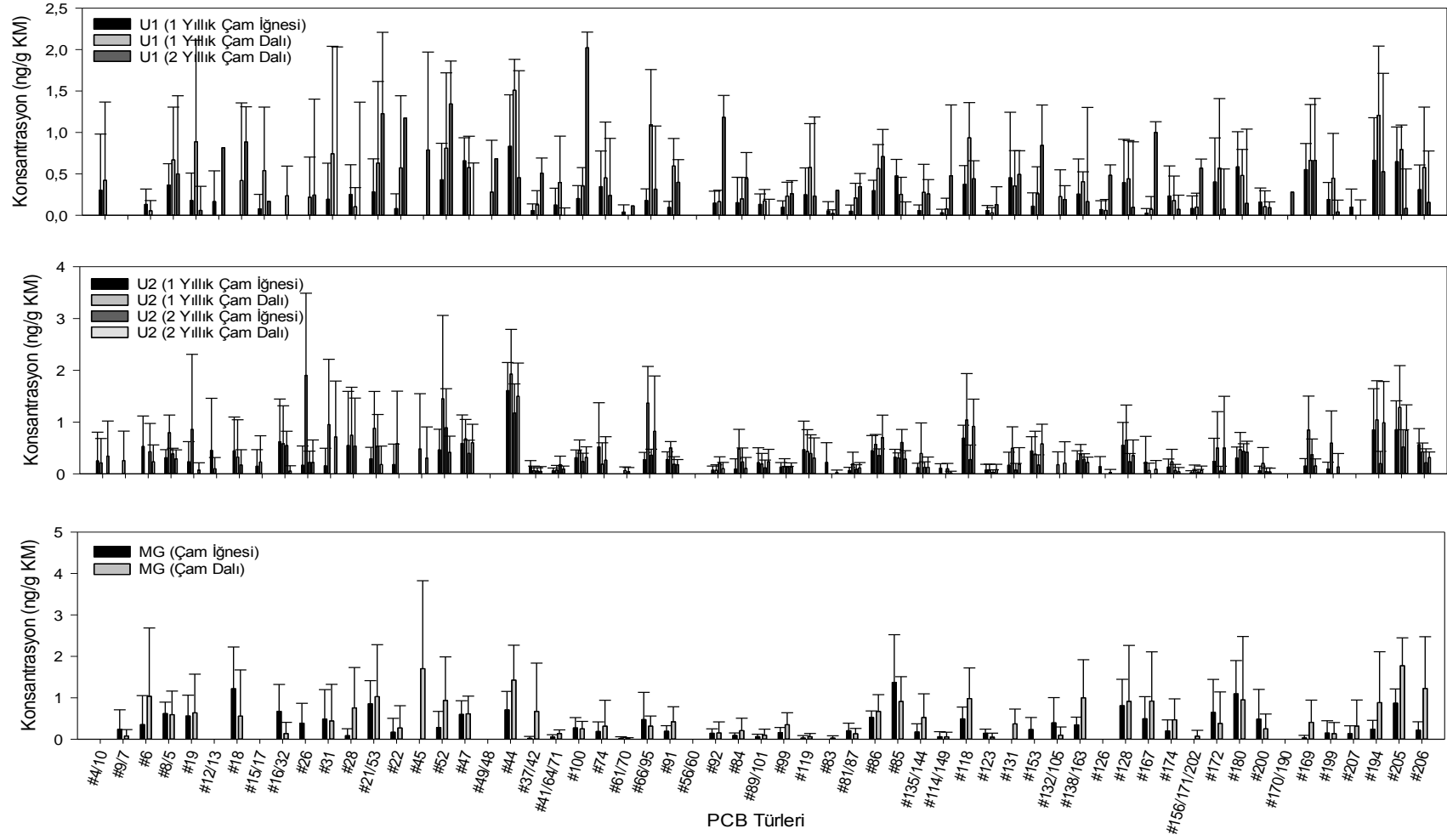
**Şekil 4.18.** MG bölgesindeki çam ağacı bileşenlerinde PCB konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi

U1 bölgesindeki çam iğnelerinde en yüksek konsantrasyona sahip beş tür PCB#44 (0,83 ng/g KM), PCB#194, (0,66 ng/g KM), PCB#47 (0,66 ng/g KM), PCB#205 (0,65 ng/g KM), PCB#180 (0,58 ng/g KM), olarak bulunmuş olup bu PCB türleri bir yaşındaki iğnelerdeki PCB konsantrasyonunun %27,3'ünü oluşturmaktadır. Bölgedeki dal numuneleri incelendiğinde ise bir yıllık dallarda PCB#44 (1,51 ng/g KM), PCB#194 (1,21 ng/g KM), PCB#66/95 (1,09 ng/g KM), PCB#118 (0,94 ng/g KM), PCB#19 (0,89 ng/g KM) bu bölgede en yüksek konsantrasyona sahip beş tür olarak belirlenmiş olup bu türlerin toplam konsantrasyona oranı %25,2 olarak hesaplanmıştır. U2 bölgesinde gerçekleştirilen altı aylık örnekleme süresince PCB#44 (2,02 ng/g KM), PCB#194 (1,44 ng/g KM), PCB#21/53 (1,34 ng/g KM), PCB#26(1,23 ng/g KM), PCB#66/95 (1,18 ng/g KM) en yüksek konsantrasyona sahip beş tür olarak hesaplanmış ve bu tür/çiftleri toplam PCB konsantrasyonunun %28,1'ini oluşturduğu görülmüştür.

U2 bölgesindeki bir yıllık çam iğnelerinde PCB#44 (1,61 ng/g KM), PCB#205 (0,85 ng/g KM), PCB#194 (0,85 ng/g KM), PCB#118 (0,69 ng/g KM), PCB#16/32 (0,62 ng/g KM) en yüksek konsantrasyona sahip beş tür iken, bu türler toplam konsantrasyonunun %27,9'unu oluşturmaktadır. U2 bölgesinin iki yıllık çam iğnelerinde ise PCB#44 (1,18 ng/g KM), PCB#52 (0,89 ng/g KM), PCB#85 (0,61 ng/g KM), PCB#16/32 (0,55 ng/g KM), PCB#28 (0,54 ng/g KM) en yüksek konsantrasyona sahip beş tür olarak

bulunmuştur. Bu türlerin toplam çam iğne PCB konsantrasyonunun %31,55'ine tekabül etmektedir. Bölgedeki bir yıllık dallarda U2 bölgesinde bir yıllık dallarda PCB#44 (1,93 ng/g KM), PCB#26 (1,90 ng/g KM), PCB#52 (1,45 ng/g KM), PCB#66/95 (1,37 ng/g KM), PCB#205 (1,28 ng/g KM) bu bölgede en yüksek konsantrasyona sahip beş tür olarak tespit edilmiş olup bu PCB türlerin toplam konsantrasyona oranı %29,0 olarak hesaplanmıştır. İki yıllık dallarda ise toplam iki yıllık dal konsantrasyonunun %34,6'sını oluşturan PCB#44 (1,50 ng/g KM), PCB#194 (0,99 ng/g KM), PCB#118 (0,92 ng/g KM), PCB#205 (0,84 ng/g KM), PCB#66/95 (0,82 ng/g KM) ise en yüksek konsantrasyona sahip beş tür olarak tespit edilmiştir.

MG bölgesinde altı aylık örnekleme süresince toplamda 48 tür/çifti tespit edilmiştir. Çam iğnelerinde PCB#85, 18, 180, 205, 21/53 en yüksek konsantrasyona sahip beş tür olarak bulunmuşken bu PCB tür/çiftlerinin konsantrasyonları sırasıyla 1,37 ng/g KM, 1,22 ng/g KM, 1,09 ng/g KM, 0,87 ng/g KM, 0,85 ng/g KM olarak hesaplanmıştır. Bu PCB'ler toplam iğne konsantrasyonunun %29,7'sini oluşturmaktadır. Bölgedeki dal örneklerinde ise toplamda 50 tür/çifti görülmüş olup PCB#205, 45, 44, 206 ve 6 en yüksek konsantrasyonlu beş tür olarak tespit edilmiştir. Bu türler toplam dal konsantrasyonunun %26,9'unu oluşturmaktadır. Altı aylık bu örnekleme sürecinde bölgelerde görülen türler Şekil 4.19'da gösterilmiştir.



Şekil 4.19. Yarı kırsal bölgedeki çam bileşenlerinde görülen PCB tür ve seviyeleri

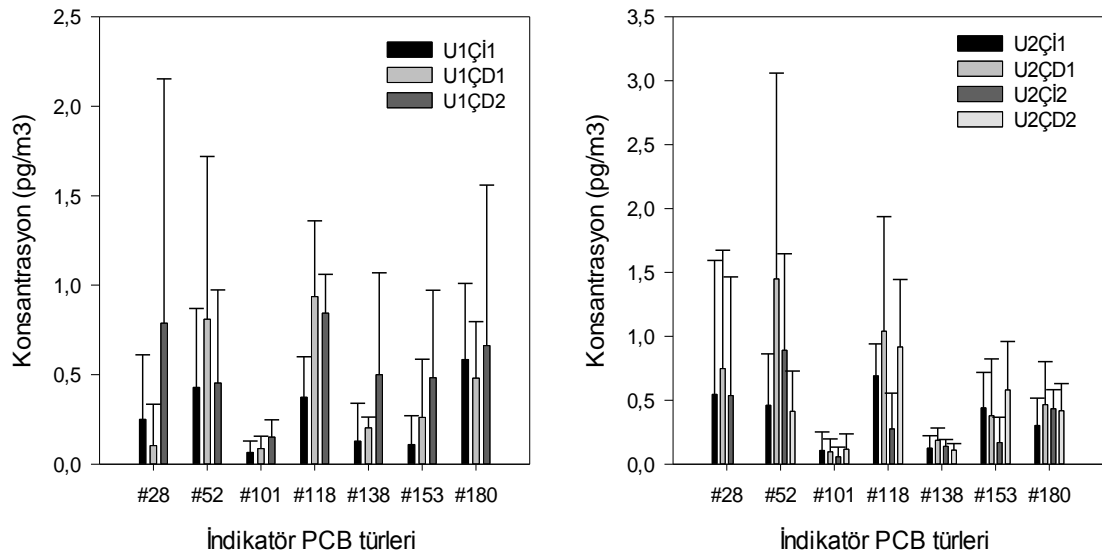
U1 bölgesindeki çam iğnelerindeki indikatör türlerin ortalaması  $1,94 \pm 0,94$  ng/g KM olarak hesaplanmıştır. Bu türlerin toplam bir yıllık çam iğne konsantrasyonuna oranı ise %15,7 olarak bulunmuştur. En yüksek konsantrasyona sahip tür PCB#180 (0,58 ng/g KM) olarak bulunmuştur. Bir ve iki yıllık çam dallarındaki indikatör türlerin toplam konsantrasyonu sırası ile  $2,88 \pm 1,0$  ng/g KM ve  $3,88 \pm 1,79$  ng/g KM olarak hesaplanmış ve toplam konsantrasyona oranları %12,9 ve %15,1 olarak bulunmuştur. Bölgedeki bir yıllık dallarda en yüksek ve en düşük türler PCB#118 (0,94 ng/g KM) ve PCB#101 (0,09 ng/g KM) olarak tespit edilmiştir. İki yıllık dallarda ise PCB#118 (0,84 ng/g KM) en yüksek konsantrasyona sahip tür olarak bulunmuşken PCB#101 (0,15 ng/g KM) yine en düşük konsantrasyona sahip türdür.

U2 bölgesinde ise bir yıllık çam iğnelerindeki ortalama indikatör türlerin konsantrasyonu  $2,67 \pm 1,63$  ng/g KM olarak hesaplanmış olup bu türlerin toplam PCB konsantrasyonuna oranı %16,1 olarak bulunmuştur. Bölgede en yüksek konsantrasyona sahip tür PCB#118 (0,70 ng/g KM), en düşük konsantrasyona sahip tür ise PCB#101 (0,05 ng/g KM) olarak bulunmuştur. Bölgedeki iki yıllık iğnelerde tespit edilen türlerin ortalaması  $2,50 \pm 1,13$  ng/g KM olarak hesaplanmış olup bu türlerin toplam konsantrasyonun %21,0'ını oluşturduğu görülmüştür. PCB#52 (0,89 pg/g KM) en yüksek konsantrasyona sahip tür olarak hesaplanmışken, PCB#101 (0,06 ng/g KM) diğer bileşenlerde olduğu gibi en düşük konsantrasyona sahip tür olarak tespit edilmiştir.

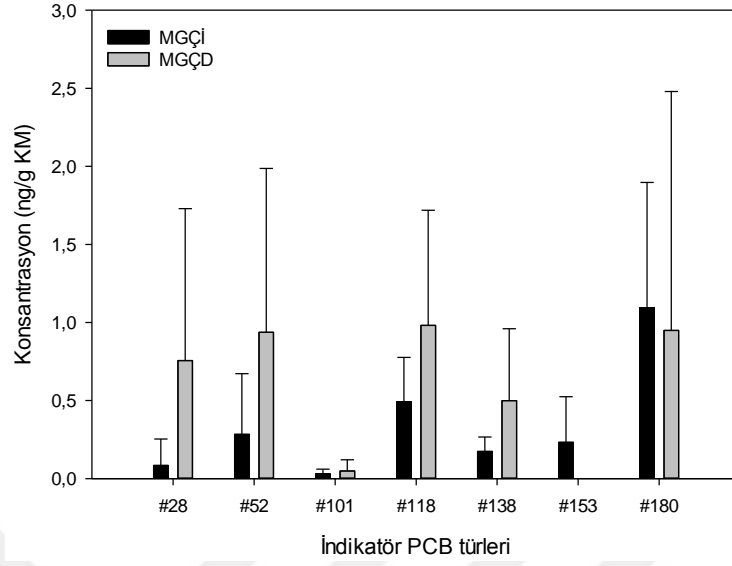
U2 bölgesindeki bir ve iki yıllık dallardaki indikatör PCB seviyeleri sırasıyla  $4,36 \pm 1,61$  ng/g KM ve  $2,55 \pm 0,74$  ng/g KM olarak hesaplanmış ve toplam ortalama PCB konsantrasyonuna oranları sırası ile %16,0 ve %17,5 olarak hesaplanmıştır. Bir yıllık dallarda PCB#52 1,44 ng/g KM'lik konsantrasyon ile en yüksek tür PCB#101 ise (0,10 ng/g KM) en düşük tür olarak tespit edilmiştir. İki yıllıklarda ise PCB#118 0,91 ng/g KM'lik konsantrasyon ile baskın indikatör PCB türü olarak tespit edilmişken PCB#138 (0,11 ng/g KM) en düşük konsantrasyonlu indikatör PCB türü olarak belirlenmiştir. Bölgedeki iki yıllık bu dallarda PCB#28'e hiçbir ayda rastlanmamıştır. Kampüs çam numunelerinde elde edilen indikatör türlerin grafiksel olarak ifadesi Şekil 4.20'de gösterilmiştir.



MG bölgesinde çam iğnelerindeki toplam ortalama indikatör konsantrasyonu  $2,39 \pm 1,16$  ng/g KM, dallarda ise  $4,17 \pm 2,23$  ng/g KM olarak tespit edilmiştir. Bu türlerin toplam konsantrasyona oranları sırasıyla %13,1 ve %15,6 olarak hesaplanmıştır. Çam iğnelerinde tüm indikatör türlere rastlanırken çam dallarında PCB#153 haricindeki indikatör türleri görülmüştür (Şekil 4.20). Bölgede iğne örneklerinde PCB#101 (0,03 ng/g KM) en düşük konsantrasyona sahip indikatör türü iken PCB#180 (1,09 ng/g KM) en yüksek konsantrasyonlu tür olarak tespit edilmiştir. Bölgedeki dallarda da iğnelerde olduğu gibi PCB#118 (0,05 ng/g KM) en düşük konsantrasyonlu indikatör türü olarak hesaplanırken PCB#118 (0,98 ng/g KM) en yüksek konsantrasyonlu tür olarak tespit edilmiştir. Şekil 4.21’de MG bölgesi çam bileşenlerinde görülen indikatör türler grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.20. UÜK’ndeki çam bileşenlerindeki indikatör PCB tür ve seviyeleri



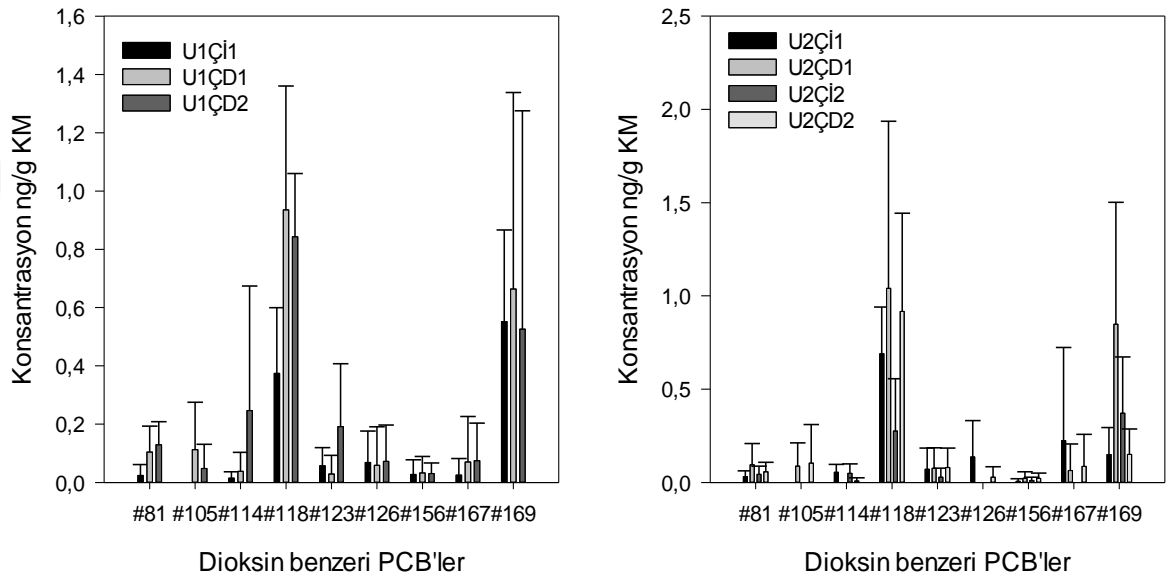
**Şekil 4.21.** MG'daki çam bileşenlerindeki indikatör PCB tür ve seviyeleri

Kampüste örnekleme noktalarında dioksin-benzeri PCB (dl-PCB) türlerinin ortalaması Şekil 4.22'de gösterilmiştir. U1 bölgesinde bir yıllık çam iğnelerindeki dioksin benzeri PCB'lerin toplam ortalama konsantrasyonu  $1,14 \pm 0,22$  ng/g KM olarak hesaplanırken bir yıllık dallarda  $2,04 \pm 0,81$  ng/g KM, iki yıllık dallarda ise  $1,44 \pm 1,16$  ng/g KM olarak tespit edilmiştir. En yüksek konsantrasyona sahip PCB türü çam iğnesinde sırasıyla PCB#169 ( $0,55$  ng/g KM), bir yıllık dallarda PCB#118 ( $0,94$  ng/g KM), iki yıllıklarda ise PCB#118 ( $0,84$  ng/g KM) ve) olarak tespit edilmiştir.

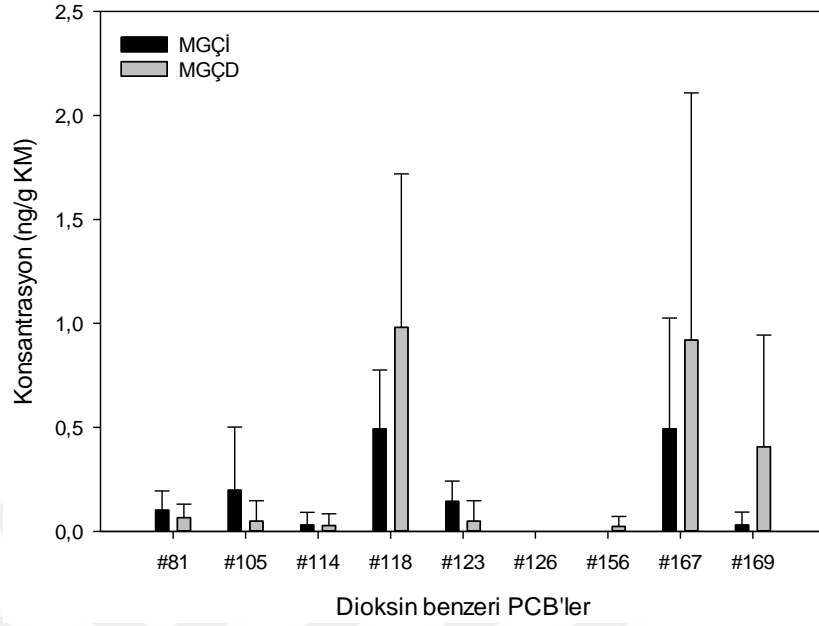
U2 bölgesinde bir yıllık çam iğnelerinde ortalama konsantrasyon  $1,36 \pm 0,79$  ng/g KM olarak hesaplanmış, en yüksek dl-PCB türleri sırasıyla PCB#118  $0,69$  ng/g KM olarak bulunmuştur. İki yıllık iğnelerde ise ortalama konsantrasyon  $0,78 \pm 0,56$  ng/g KM olarak bulunmuşken PCB#169  $0,37$  ng/g KM'lik konsantrasyon ile numunede tespit edilmiş en yüksek tür olarak belirlenmiştir. Bölgedeki bir yıllık çam dallarında dl-PCB'lerin ortalama konsantrasyonu  $2,32 \pm 0,79$  ng/g KM olarak bulunmuş ve çam iğnelere benzer olarak en yüksek konsantrasyona sahip tür PCB#118 ( $1,04$  ng/g KM) olmuştur. İki yıllık dallarda ise ortalama konsantrasyon  $1,45 \pm 0,24$  ng/g KM olarak hesaplanmışken PCB#118  $0,92$  ng/g KM ile en yüksek konsantrasyonlu PCB türü olarak tespit edilmiştir.

MG bölgesindeki dioksin benzeri türlerin konsantrasyonu iğnelerde  $1,49 \pm 0,95$  ng/g KM olarak tespit edilmişken bir yıllık dallarda  $3,15 \pm 1,29$  ng/g KM olarak tespit edilmiştir.

Çam iğnelerinde PCB#167 en yüksek konsantrasyonlu tür olarak tespit edilmiştir. Bölgede dioksin benzeri türlerin, çam iğnelere oranı %6,8 olarak hesaplanmıştır. Dallarda PCB#118 0,98 ng/g KM'lik konsantrasyon ile en yüksek tür olarak tespit edilmiştir. Dallarda tespit edilen dioksin benzeri türlerin toplam ortalama dal konsantrasyonuna oranı %7,9 olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.23'de Güzelyalı bölgesindeki görülen dl-CB'ler gösterilmiştir.



Şekil 4.22. UÜK'ndeki çam bileşenlerindeki dl-PCB tür ve seviyeleri

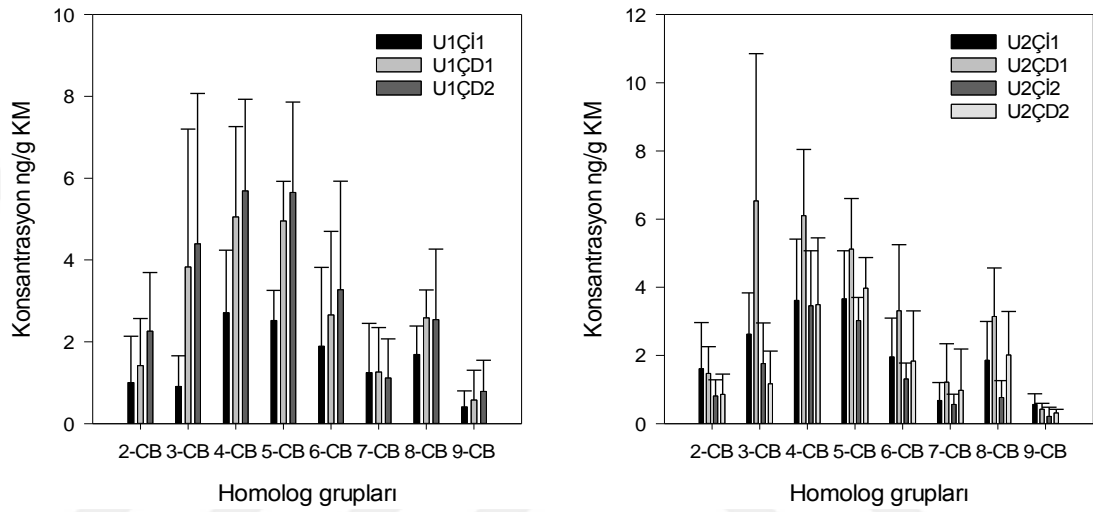


**Şekil 4.23.** MG çam bileşenlerindeki dl-PCB tür ve seviyeleri

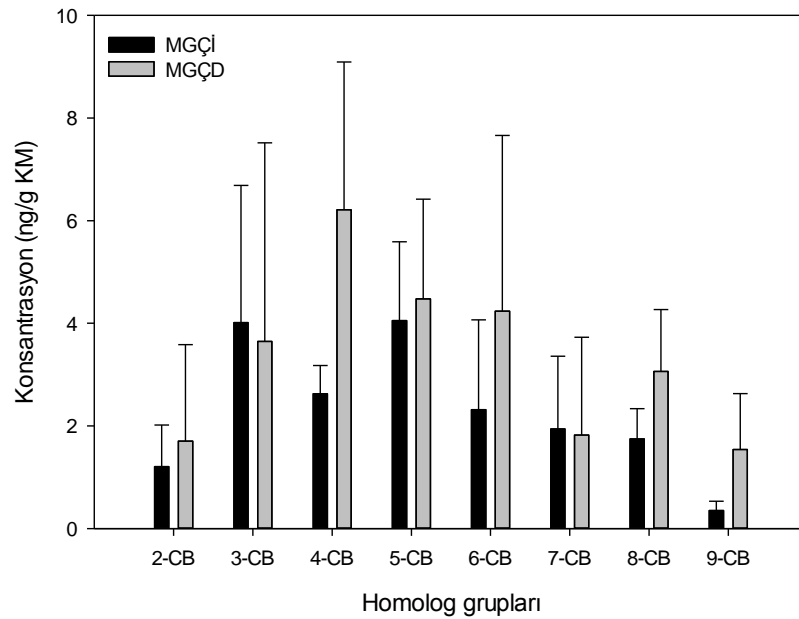
Kampüs çam bileşenlerindeki homolog dağılımlar Şekil 4.24’de gösterilmiştir. Örnekleme esnasında ağır türler de her bir numunede tespit edilebilmiştir. U1 bölgesinde bir yıllık çam iğnelerinde PCB homolog grupları 4-CB>5-CB>6-CB>8-CB>7-CB>2-CB>3-CB>9-CB’ler olarak sıralanmışlardır. Bir yıllık çam dallarında ise homolog grupların sıralaması 4-CB>5-CB>3-CB>6-CB>8-CB>2-CB>7-CB>9-CB olarak tespit edilmiştir. İki yıllık dallarda ise homolog gruplar 4-CB>5-CB>3-CB>6-CB>8-CB>2-CB>7-CB>9-CB’ler olarak belirlenmiştir.

U2 bölgesinde 1 yıllık iğnelerin oranı 5-CB’ler %22,1 ve 4-CB’lerde %21,8 olarak hesaplanmıştır. PCB homolog grupların sıralaması 5-CB>4-CB>3-CB>6-CB>8-CB>2-CB>7-CB>9-CB şeklinde gerçekleşmiştir. İki yıllık iğnelerde ise 4-CB’lerin oranı %29,0 çıkarken 5-CB’ler %25,4 olarak tespit edilmiş ve sıralama 4-CB>5-CB>3-CB>6-CB>2-CB>8-CB>7-CB>9-CB olarak belirlenmiştir. Bölgedeki bir yıllık dallarda ise 3-CB ve 4-CB’ler oranları sırasıyla %23,9 ve %22,3 olarak bulunmuş ve en baskın iki homolog grup olarak sıralanmıştır. Diğer gruplar ise 5-CB>6-CB>8-CB>2-CB>7-CB>9-CB olarak belirlenmiştir. İki yıllık dallarda ise 5-CB ve 4-CB’ler en baskın homolog grubu olurken, oranları %27,2 ve %23,8 olarak hesaplanmış olup bunları 8-CB>6-CB>3-CB>7-CB>2-CB>9-CB izlemiştir.

MG bölgesinde çam iğnelerinde 5-CB'ler %22,2'lik oran ile bölgede en baskın homolog grup olmuştur. Diğerleri sırasıyla 3-CB>4-CB>6-CB>7-CB>8-CB>2-CB>9-CB'ler olarak belirlenmiştir. Dallarda ise 4-CB'ler %23,7'lik oran ile en yüksek homolog grubu olarak tespit edilmiştir. Diğer gruplar ise 5-CB>6-CB>8-CB>3-CB>7-CB>2-CB>9-CB olarak sıralanmıştır. Şekil 4.25'de MG bölgesinin homolog grup dağılımları gösterilmiştir.



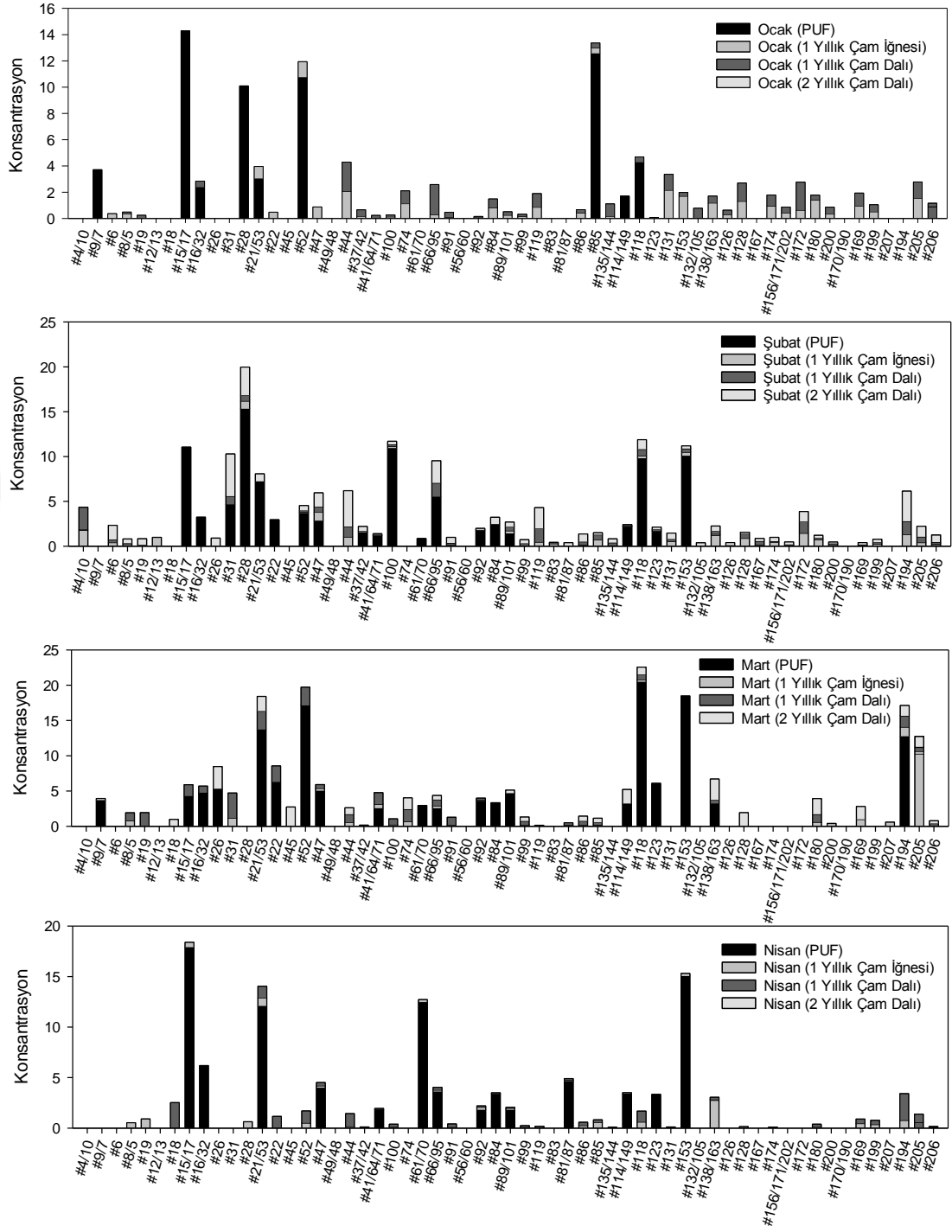
Şekil 4.24. UÜK'ndeki çam bileşenlerindeki PCB homolog grup dağılımları



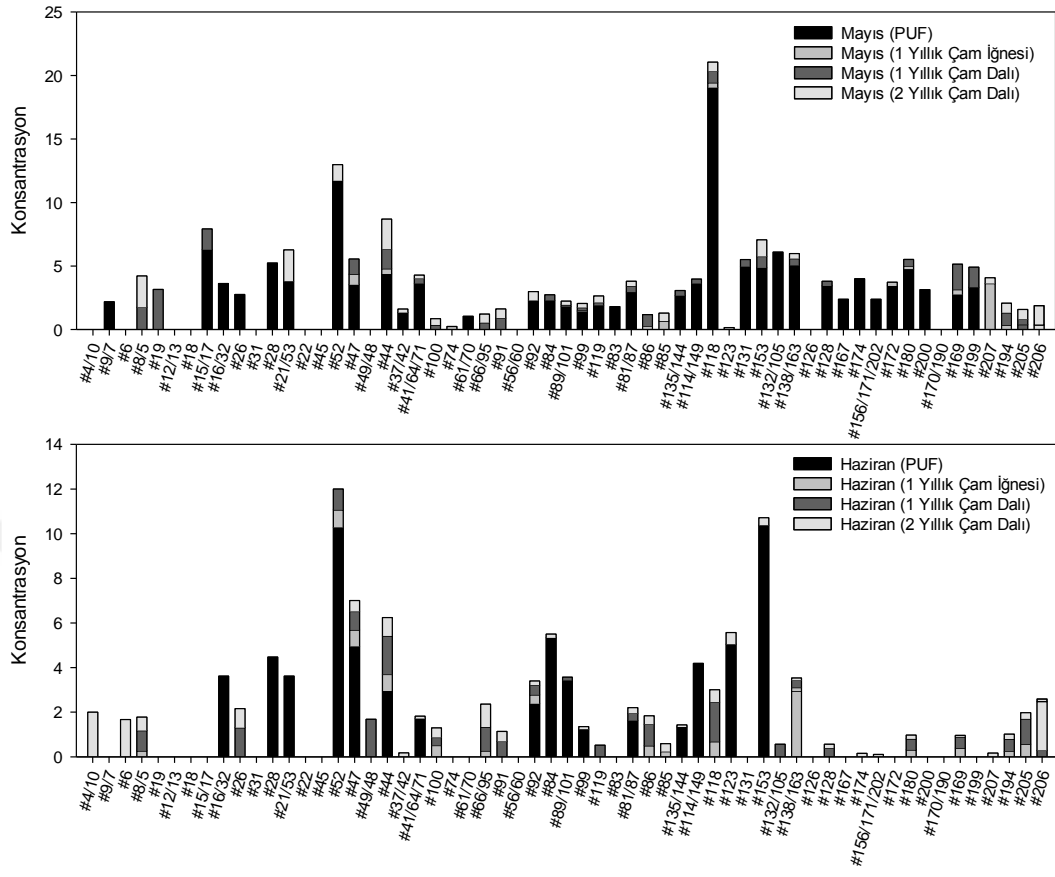
Şekil 4.25. MG'daki çam bileşenlerindeki PCB homolog grup dağılımları

Yarı kırsal bölgedeki konsantrasyonlara PCB#118 türü dahil edilmeden bakıldığında U1 bölgesindeki bir yıllık çam iğnesi numunelerde  $1,57\pm 1,04$  ng/g KM, U2 bölgesindeki bir ve iki yıllık çam iğnelerinde sırasıyla  $1,98\pm 1,58$  ng/g KM,  $2,22\pm 1,24$  ng/g KM ve MG bölgesinde ise  $1,90\pm 1,05$  ng/g KM olarak tespit edilmiş ve tüm bölgelerdeki konsantrasyonlar Grimalt ve van Drooge'un 2002 yılında yaptıkları çalışmadan daha düşük sonuçlar vermiştir. Dalian'da yapılan çalışmada olduğu gibi 3-CB,4-CB ve 5-CB'ler U2 bölgesinde baskın halde bulunmuşken U1 bölgesinde 3-CB'lerin konsantrasyonu oldukça düşük olmuştur. Odabaşı ve ark.'larının 2010 ve 2011 de bir yıllık ve iki yıllık iğne numunelerinde tespit edilen konsantrasyonlar (sırasıyla 2010 2,5 ng/g KM, 4,5 ng/g KM; 2011 2,1 ng/g KM ve 1,7 ng/g KM) bu çalışmada elde edilen konsantrasyonların yine çok altında kalmıştır. Ayrıca bu bölgede de U2 bölgesi 2 yıllık numuneler haricinde dal konsantrasyonları, iğne konsantrasyonlarından daha yüksek bulunmuştur.

Şekil 4.26, Şekil 4.27 ve Şekil 4.28'de dış ortamda ve çam bileşenlerinde görülen PCB türleri aylık bazda birlikte gösterilmiştir.



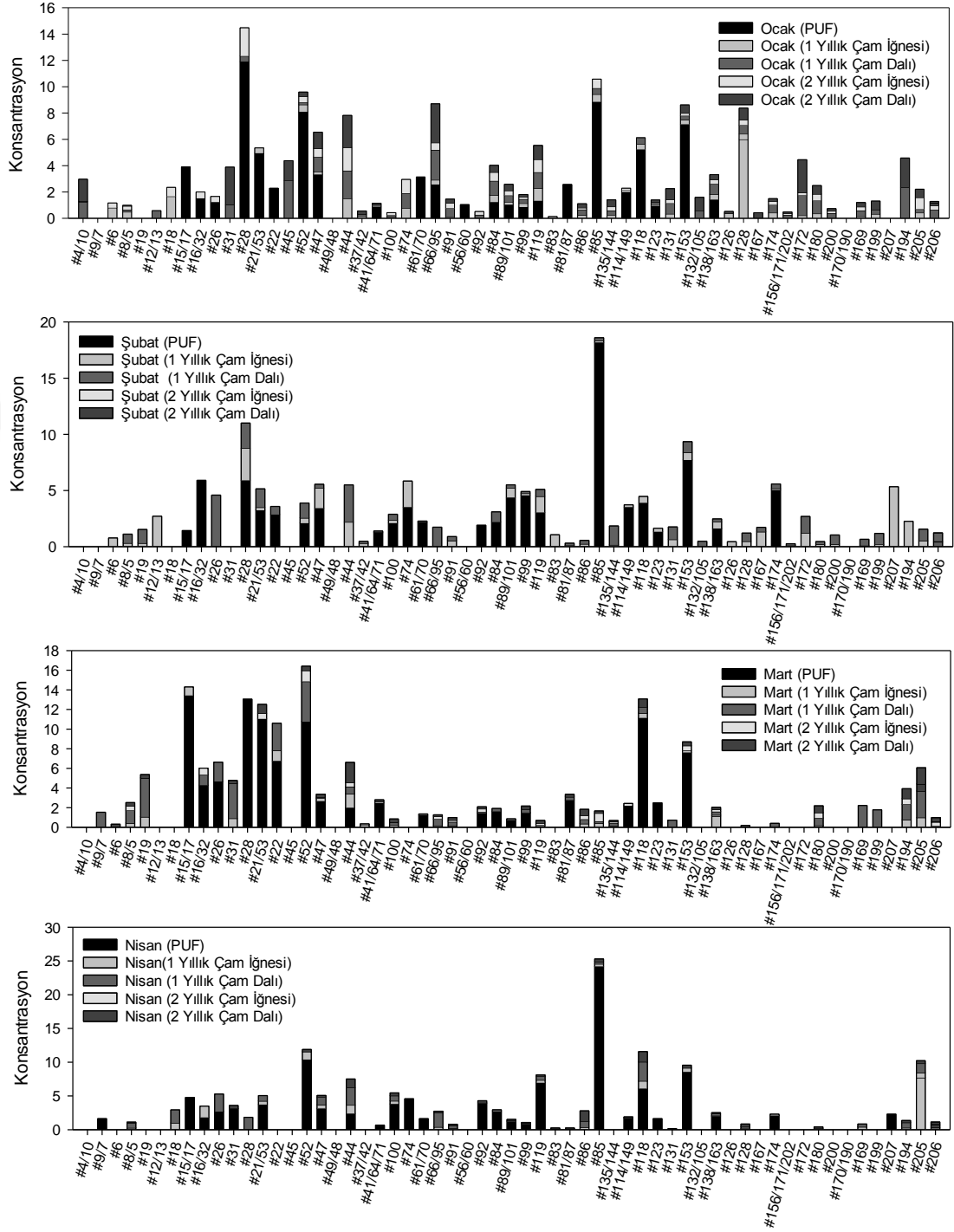
Şekil 4.26. U1 bölgesinde PCB türler konsantrasyonlarının aylık bazda gösterimi



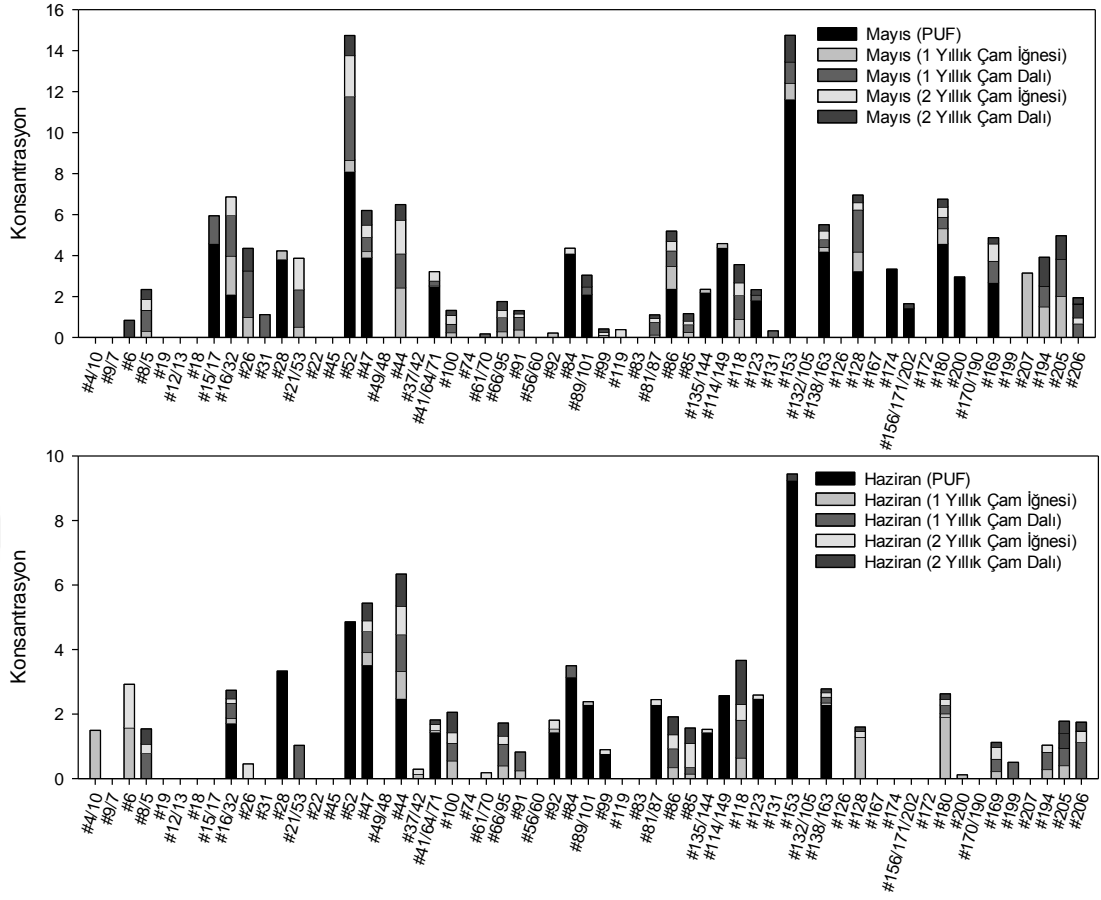
Şekil 4.26. U1 bölgesinde PCB tür konsantrasyonlarının aylık bazda gösterimi (devam)



Şekil 4.27’de U2 bölgesindeki konsantrasyonlar gösterilmiştir.

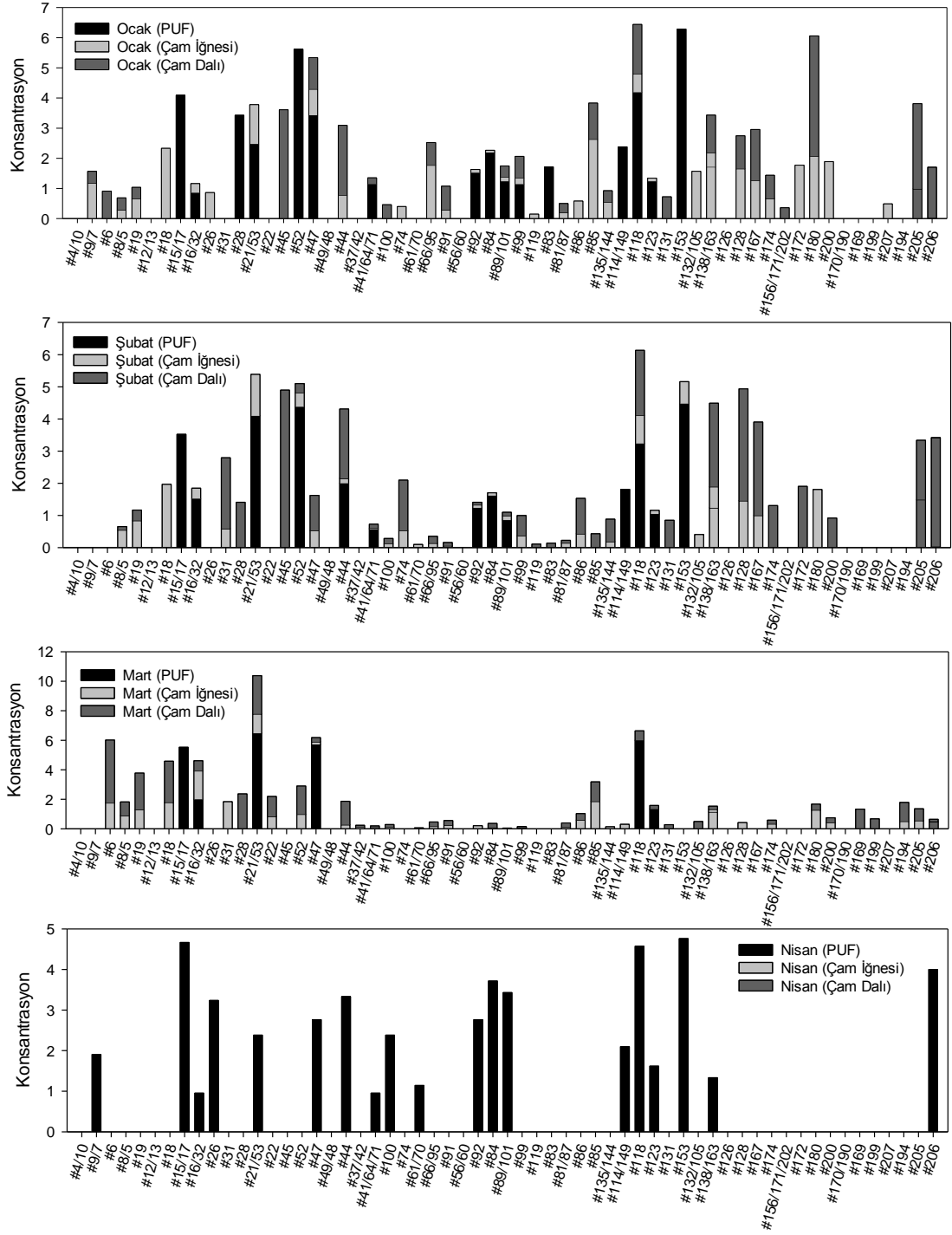


Şekil 4.27. U2 bölgesinde PCB tür konsantrasyonlarının aylık bazda gösterimi

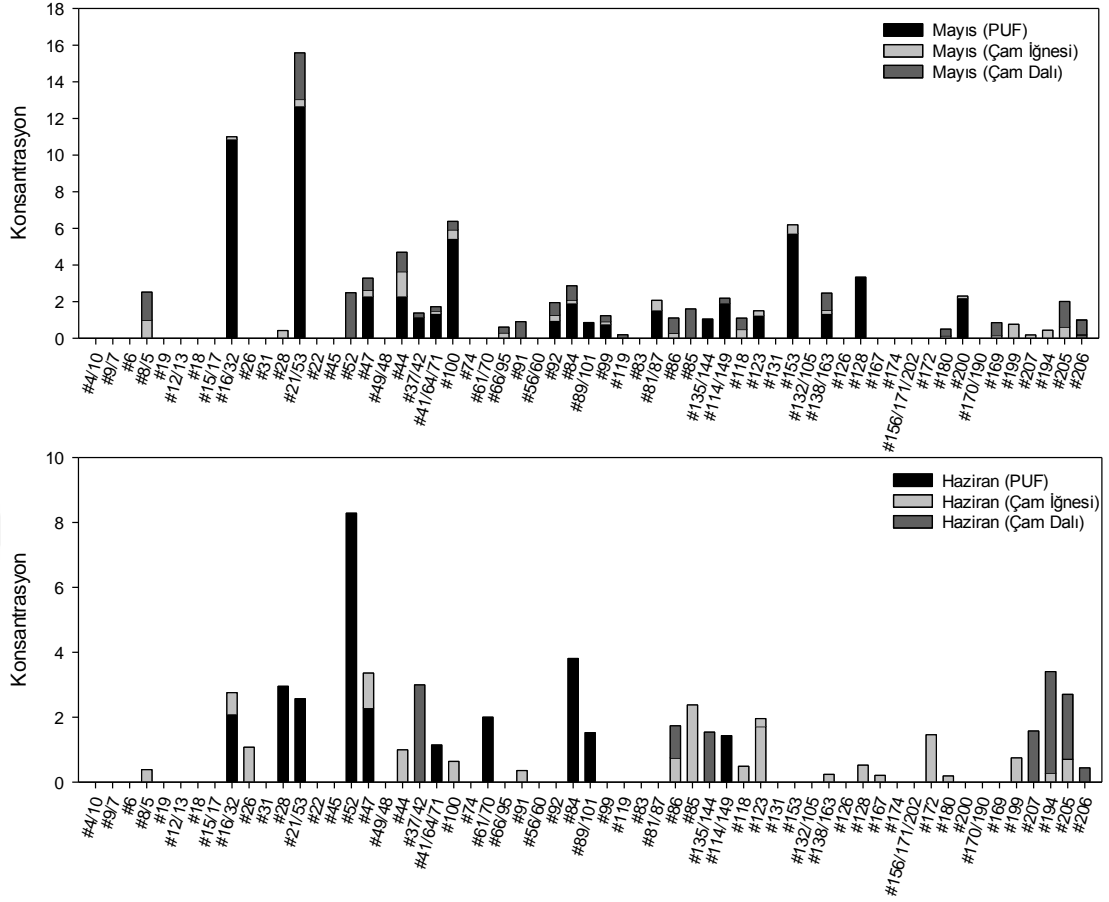


Şekil 4.27. U2 bölgesinde PCB tür konsantrasyonlarının aylık bazda gösterimi (devam)

Şekil 4.28’de MG bölgesindeki konsantrasyonlar gösterilmiştir.



Şekil 4.28. MG bölgesinde PCB tür konsantrasyonlarının aylık bazda gösterimi



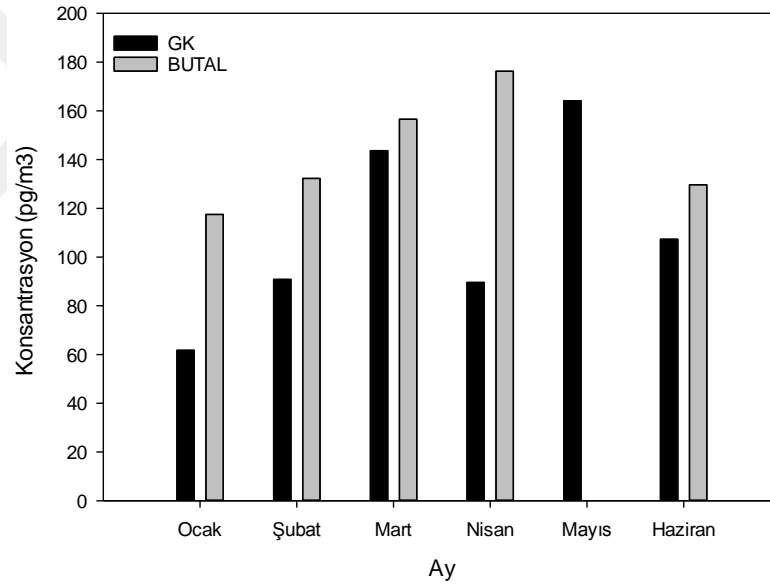
Şekil 4.28. MG bölgesinde PCB tür konsantrasyonlarının aylık bazda gösterimi (devam)

### 4.3. Kentsel Bölge Örnekleri

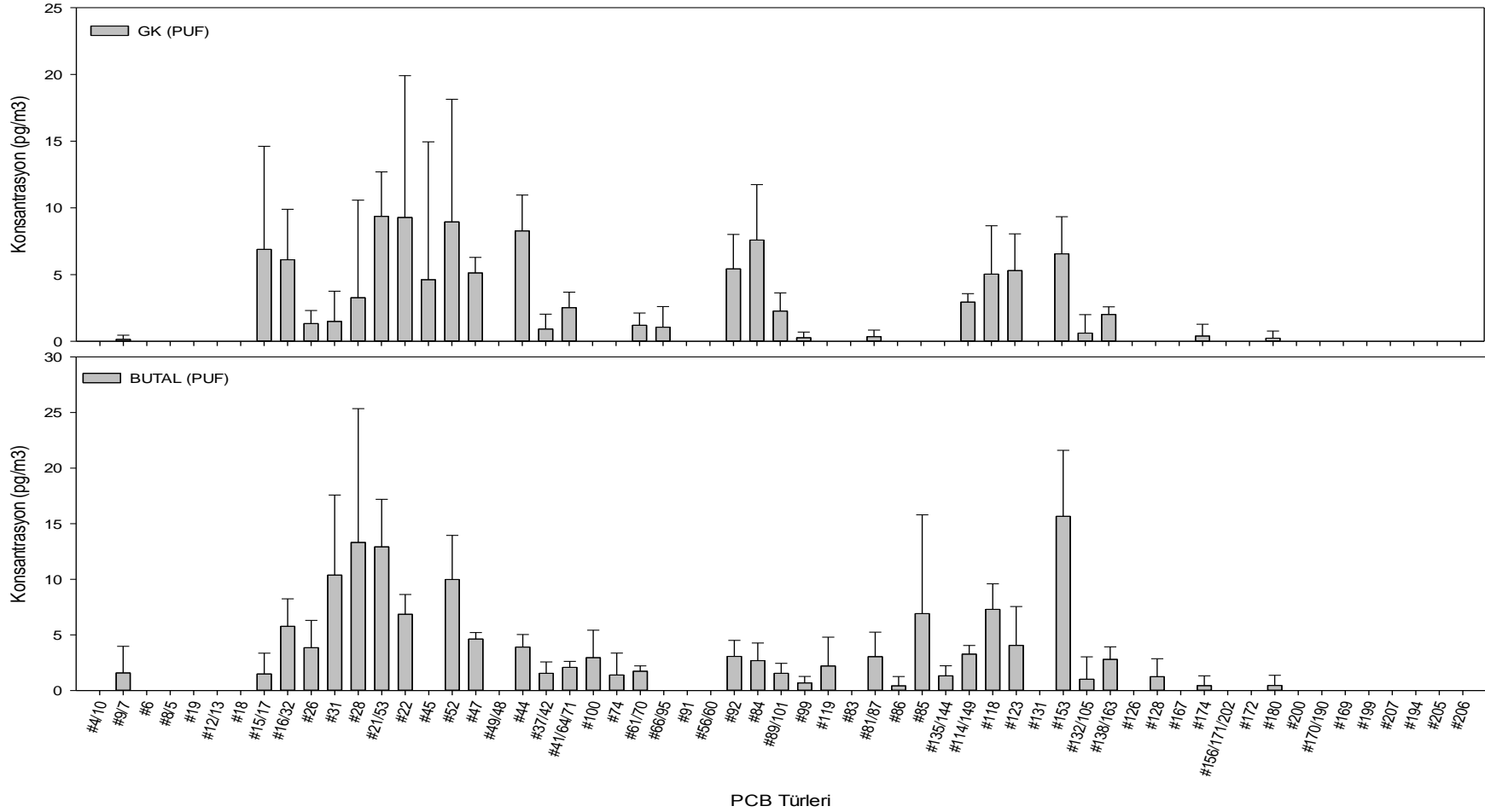
#### 4.3.1. Dış ortam hava örnekleri

Gemlik Kampüsü'nde (GK) gerçekleştirilen örneklemede atmosferde PCB konsantrasyonları 61,71-164,19  $\text{pg}/\text{m}^3$  aralığında değişim göstermiştir. Altı aylık örnekleme sonucunda atmosferik PCB konsantrasyonunun ortalaması  $109,57 \pm 34,62$   $\text{pg}/\text{m}^3$  olarak hesaplanmıştır. Kampüs atmosferinde en yüksek konsantrasyona Mayıs ayında rastlanırken en düşük konsantrasyona Ocak ayında rastlanmıştır. En yüksek konsantrasyona sahip beş tür PCB#21/53 (9,37  $\text{pg}/\text{m}^3$ ), PCB#22 (9,29  $\text{pg}/\text{m}^3$ ), PCB#52 (8,95  $\text{pg}/\text{m}^3$ ), PCB#44 (8,27  $\text{pg}/\text{m}^3$ ), PCB#84 (7,59  $\text{pg}/\text{m}^3$ ) olurken atmosferik konsantrasyonun %39,7'sini oluşturduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.30). Bursa Test ve

Analiz Laboratuvarı'nın (BUTAL) bahçesinde gerçekleştirilen örneklemede Mayıs ayında numune alınamamıştır. Bölge atmosferindeki PCB konsantrasyonları 117,52-176,29  $\text{pg}/\text{m}^3$  aralığında değişim göstermiştir. BUTAL bölgesinde tespit edilmiş en yüksek konsantrasyona sahip beş tür PCB#153 (15,65  $\text{pg}/\text{m}^3$ ), PCB#28 (13,31  $\text{pg}/\text{m}^3$ ), PCB#21/53 (12,91  $\text{pg}/\text{m}^3$ ), PCB#31 (10,38  $\text{pg}/\text{m}^3$ ), PCB#52 (9,98  $\text{pg}/\text{m}^3$ ) olarak tespit edilmişken bu türlerin toplam atmosferik konsantrasyona oranı %43,69 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.30).ve toplam ortalama konsantrasyon  $142,48 \pm 21,12 \text{ pg}/\text{m}^3$  olarak hesaplanmıştır. Bölgede en yüksek konsantrasyon nisan ayında görülmüşken ocak ayında en düşük konsantrasyona rastlanmıştır (Şekil 4.29). İki bölge arasında t testi uygulandığında iki bölge arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı bulunmuştur ( $P > 0,05$ )



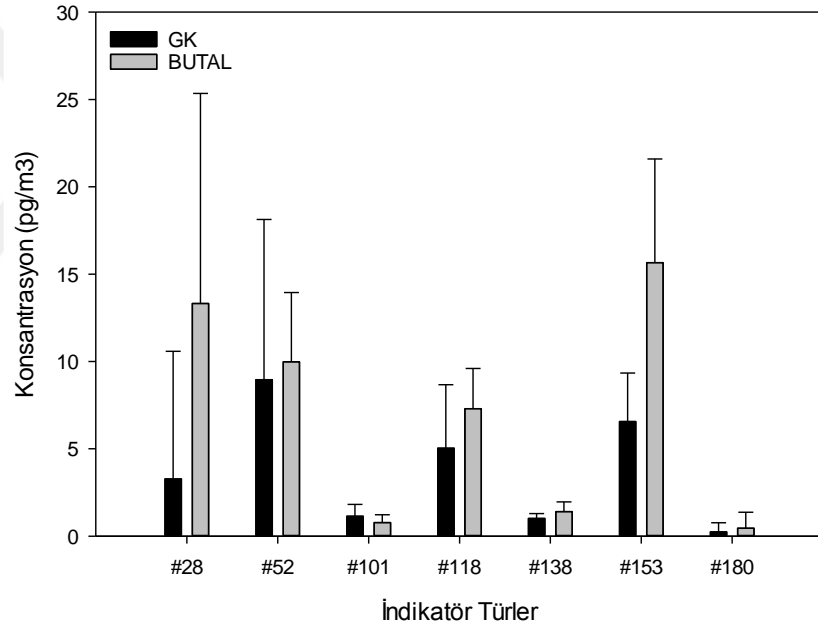
**Şekil 4.29.** Kentsel bölge atmosferik PCB konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi  
Kampüs atmosferinde en yüksek konsantrasyona mayıs ayında rastlanırken en düşük konsantrasyona ocak ayında rastlanmıştır. En yüksek konsantrasyona sahip beş tür PCB#21/53 (9,37  $\text{pg}/\text{m}^3$ ), PCB#22 (9,29  $\text{pg}/\text{m}^3$ ), PCB#52 (8,95  $\text{pg}/\text{m}^3$ ), PCB#44 (8,27  $\text{pg}/\text{m}^3$ ), PCB#84 (7,59  $\text{pg}/\text{m}^3$ ) olurken atmosferik konsantrasyonun %39,7'sini oluşturduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.30).



Şekil 4.30. Kentsel bölge atmosferinde tespit edilen PCB tür ve seviyeleri

GK atmosferindeki indikatör türlerin toplam konsantrasyonu  $26,19 \pm 19,33 \text{ pg/m}^3$  olarak hesaplanmıştır. Bu türler atmosferik konsantrasyonun %23,9'unu oluşturmaktadır. PCB#52 ( $8,95 \text{ pg/m}^3$ ), PCB#153 ( $6,56 \text{ pg/m}^3$ ) ve PCB#118'in ( $5,03 \text{ pg/m}^3$ ) en baskın türler olduğu görülmektedir. Diğer indikatör türlerin konsantrasyonları bu üç türe kıyasla düşük kalmıştır (Şekil 4.31).

BUTAL bölge atmosferindeki indikatör PCB türlerin konsantrasyonları  $0,46-15,66 \text{ pg/m}^3$  aralığında değişim göstermiş ortalamaları ise  $48,88 \pm 11,52 \text{ pg/m}^3$  olarak hesaplanmıştır. Bu türler bölge atmosferinin %34,3'ünü oluşturmaktadır. Bölgede PCB#153 en yüksek konsantrasyona sahip türken PCB#180 ise en düşük konsantrasyona sahip tür olarak bulunmuştur (Şekil 4.31).

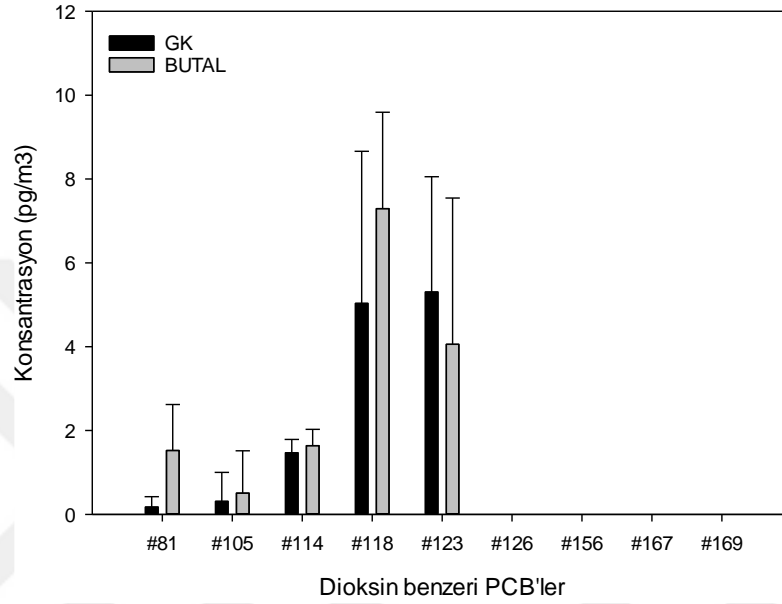


**Şekil 4.31.** Kentsel bölge atmosferik indikatör PCB tür ve seviyeleri

Kampüs atmosferindeki dl-PCB'lerin konsantrasyonları  $0,17-5,3 \text{ pg/m}^3$  aralığında değişim göstermiş, toplam ortalama konsantrasyonları  $12,29 \pm 4,49 \text{ pg/m}^3$  bulunmuştur. Bu türler toplam ortalama atmosferik konsantrasyonun %11'ini oluşturmaktadır. Bölge atmosferinde en yüksek PCB konsantrasyona sahip dl-PCB PCB#123 ( $5,30 \text{ pg/m}^3$ ) olup PCB#126 ve 169'a örnekleme süresince hiçbir ayda rastlanmamıştır.

BUTAL örnekleme noktasında dl-PCB'lerin ortalaması  $15,02 \pm 5,10 \text{ pg/m}^3$  olarak hesaplanmıştır. Bu türler atmosferik PCB konsantrasyonun %10,5'ini oluşturmaktadır.

PCB#118 ve PCB#123 en yüksek konsantrasyona sahip türler iken konsantrasyonları sırasıyla 7,29  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ve 4,05  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak hesaplanmıştır. Bölge atmosferinde PCB#105 (0,50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en düşük konsantrasyona sahip tür iken PCB#126, 156, 167 ve 169'a hiçbir ayda rastlanmamıştır (Şekil 4.32).

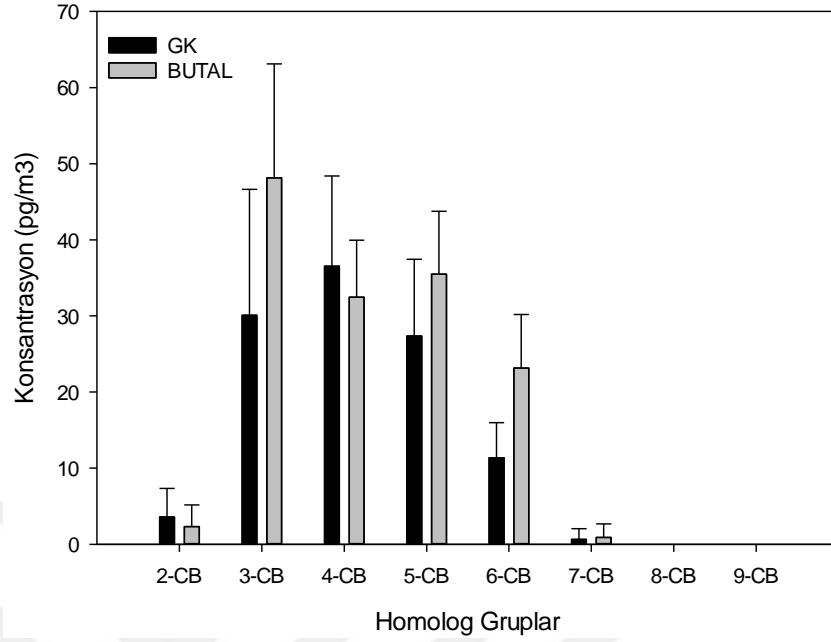


**Şekil 4.32.** Kentsel bölge atmosferik dl-PCB türleri ve seviyeleri

GK atmosferinde 4-CB, 3-CB ve 5-CB'ler en yüksek konsantrasyona sahip homolog grupları olarak tespit edilmişlerdir. Bu gruplar toplam atmosferik konsantrasyonun sırasıyla %33,4, %27,5 ve %25,0'ini oluşturmaktadır. Diğer homolog gruplarının sıralanışı ise 6-CB(%10,3)>2-CB(%3,3)>7-CB(%0,6) şeklindedir. Örnekleme çalışmasında 8-CB ve 9-CB'li homolog gruplarına ise rastlanmamıştır.

BUTAL bölge atmosferinde toplam konsantrasyonun %33,8'ünü oluşturan 3-CB'li homolog grupları en baskın grup olarak bulunmuştur. Diğer gruplar ise 5-CB (%24,9)>4-CB(%22,8)>6-CB (%16,3)>2-CB (%1,6)>7-CB(%0,6)şeklinde sıralanmaktadır. Bölge atmosferinde 8-CB ve 9-CB'lere ise rastlanmamıştır (Şekil 4.33).





**Şekil 4.33.** Kentsel bölge atmosferik PCB homolog grup dağılımları

BUTAL örnekleme noktasında literatürde daha önceden yapılmış PCB çalışmaları mevcuttur. Cindoruk ve Taşdemir (2010) 2008-2009 yıllarında HVAS ile yaptıkları örneklemede bölge atmosferindeki 83 türe bakmışlar ve ortalama konsantrasyonu  $394 \text{ pg/m}^3$ , indikatör türlerin ortalamasını ise  $68,2 \text{ pg/m}^3$  olarak tespit etmişlerdir. Yolsal ve ark.'larının bu bölgede yine HVAS kullanarak gerçekleştirdiği çalışmada ise 82 türe bakılmış olup toplam ortalama konsantrasyon  $360 \pm 210 \text{ pg/m}^3$  olarak hesaplanmış, PCB# 81/87, #194, #205, ve #206'ya örnekleme süresince rastlanmamıştır (Yolsal ve ark. 2014). BUTAL bölgesinde gerçekleştirilen çalışmada literatürdeki bu çalışmada dl-PCB'lere de bakılmış olup PCB#118 en yüksek konsantrasyonlu tür olarak bulunmuş, toplam dl-PCB'lere oranını %49,4 olarak tespit etmişlerdir ve PCB#81'e örnekleme süresince rastlanmamışlardır. Bu çalışmada da PCB#118'in dl-PCB'lere oranı yaklaşık olarak Yolsal ve ark.'larının yaptığı çalışmaya yakın olarak tespit edilmiştir (%48,6).

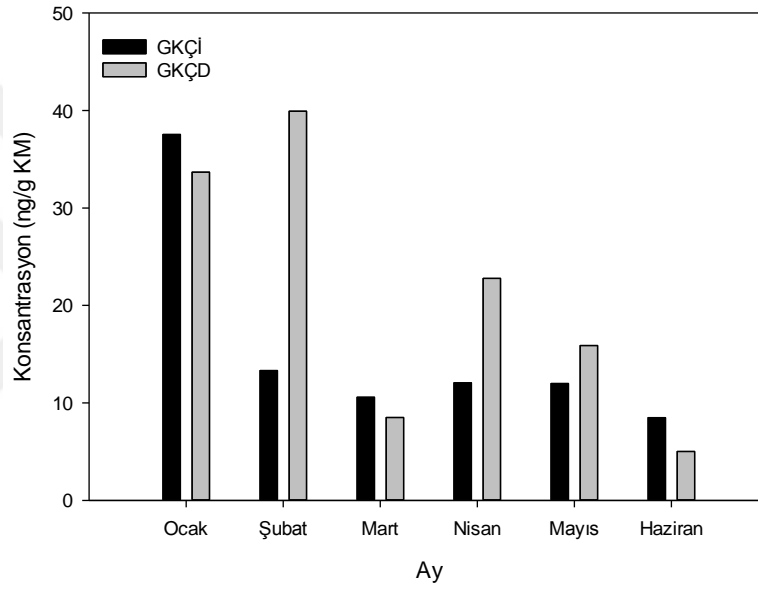
Bu çalışmada ise atmosferik ortalama konsantrasyonlar ve indikatör türlerin konsantrasyonu sırasıyla  $142,48 \pm 21,12 \text{ pg/m}^3$  ve  $48,88 \pm 11,52 \text{ pg/m}^3$  olarak tespit edilmiş Cindoruk ve Taşdemir'in yaptığı çalışmadan daha düşük konsantrasyonlar elde edilmiştir. Yolsal ve ark.'larının yaptığı çalışmada indikatör türlerden PCB#28 ve #52 en yüksek konsantrasyonlu tür olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada ise PCB#153 en yüksek

konsantrasyona sahip indikatör tür olarak bulunmuşken bu türü Yolsal ve ark.'larının çalışmasında olduğu gibi PCB#28 ve PCB#52 izlemektedir. PCB#194, #205 ve #206'ya bu çalışmada da rastlanmamış ancak PCB# 81/87 ( $3,05 \text{ pg/m}^3$ ) tespit edilebilmiştir. PCB#118 bu çalışmada da en yüksek konsantrasyona sahip dl-PCB olarak tespit edilmiştir. GK bölgesinde de bu çalışmalara benzer sonuçlar bulunmuştur. PCB#194, #205 ve #206'ya bu bölgede de tespit edilememiş ancak PCB# 81/87 düşük konsantrasyonda da olsa atmosfer örneklerinde tespit edilebilmiştir. Bölgenin toplam konsantrasyonu  $109,57 \pm 34,6 \text{ pg/m}^3$  olarak hesaplanmış olup yine diğer çalışmalardan düşük bulunmuştur. Bölgede tespit edilmiş indikatör türlerin ortalama konsantrasyonu yukarıdaki iki çalışmanın oldukça altında kalmıştır. PCB#123 baskın dl-PCB olarak tespit edilmişine karşın PCB#118 ile arasında konsantrasyon farkı oldukça küçüktür.

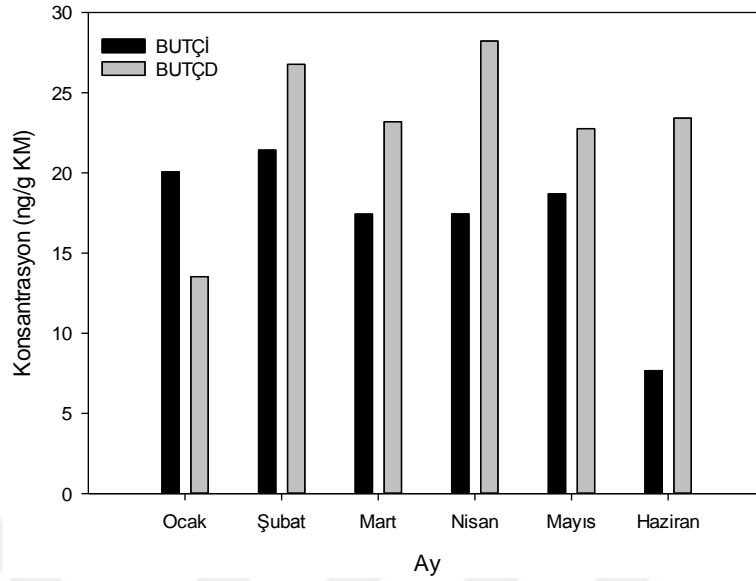
Yeo ve ark.'larının 2004 yılında Kore'de gerçekleştirdiği çalışmada kentsel bölgede ortalama konsantrasyonları  $130,41 \pm 62,57 \text{ pg/m}^3$  olarak tespit etmişler ve baskın türü %12,3'lük oran ile PCB#28 olarak tespit etmişlerdir (Yeo ve ark. 2004). Homolog gruplarında ise 3-CB (%28), 4-CB (%25) ve 5-CB'leri (%24) baskın gruplar olarak bulmuşlardır. Bu çalışmada BUTAL bölgesindeki ortalama konsantrasyon Kore'de gerçekleştirilen çalışmaya yakın sonuçlar vermiştir. Ayrıca bu çalışmada GK bölgesinde PCB#28 %3'lük bir orana sahip iken BUTAL bölgesinde PCB#28 %9,3'lük bir oranda en yüksek ikinci tür olarak tespit edilmiştir. Her iki bölgeye homolog gruplar açısından bakıldığında Yeo ve arkadaşlarında olduğu gibi baskın gruplar sırasıyla 3,4 ve 5-CB'ler olarak tespit edilmiştir. GK bölgesinde 3-CB ve 5-CB'ler Yeo ve ark.'larının yaptığı çalışma ile yaklaşık benzer sonuçlar verirken 4-CB'ler daha yüksek oranda tespit edilmiştir. BUTAL bölgesinde ise 3-CB'ler Yeo ve ark.'larının yaptığı çalışmadan daha yüksek olarak bulunmuşken 4-CB ve 5-CB'ler yaklaşık olarak aynı oranda tespit edilmiştir. Yeo ve arkadaşları aynı bölge içerisinde kırsal bölgede de çalışma yapmışlar ve kentsel bölgedeki konsantrasyonları 3,3 kat yüksek sonuç elde etmişlerdir. Bu çalışmada ise kırsal bölge ile kentsel bölgede konsantrasyonlar ele alındığında GK bölgesinde kırsal bölge olarak seçilen MY'den iki kat, BUTAL ise 2,6 kat yüksek konsantrasyona sahip olarak hesaplanmıştır.

#### 4.3.2. am rneklere

GK'nde gerçekleştirilen örneklemede am iğnelereinin toplam ortalama PCB konsantrasyonu  $15,66 \pm 9,90$  ng/g KM olarak tespit edilmişken (şekil 4.34) dalların konsantrasyonu  $20,96 \pm 12,65$  ng/g KM olarak hesaplanmıştır. BUTAL bölgesinde ise am iğnelereinde toplam ortalama PCB konsantrasyonu  $17,13 \pm 4,46$  ng/g KM olarak bulunmuşken dallardaki PCB konsantrasyonu  $23,42 \pm 4,68$  ng/g KM olarak bulunmuştur (şekil 4.35).



şekil 4.34. GK'ndeki am ağacı bileşenlerinde PCB konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi



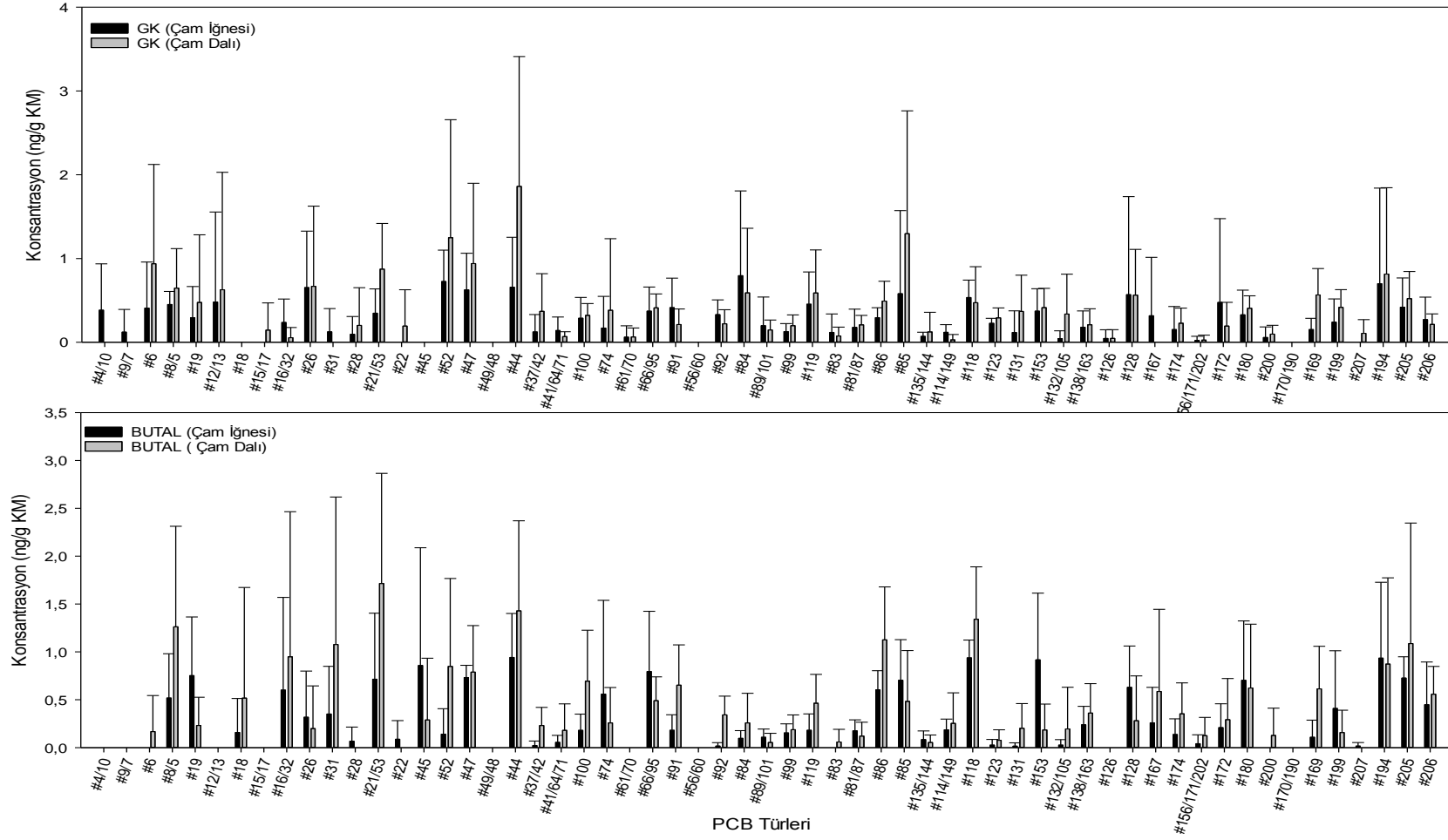
**Şekil 4.35.** BUTAL'ı çam bileşenlerindeki PCB konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi

GK'ndeki altı aylık örnekleme sonucunda iğnelerde toplamda 52 tür/çifti görülmüşken dal numunelerinde 50 PCB tür/çifti görülmüştür. Bölgede iğnelerde PCB#84 (0,80 ng/g KM), PCB#52 (0,73ng/g KM), PCB#194 (0,70 ng/g KM), PCB#44 (0,66 ng/g KM), PCB#26 (0,65 ng/g KM) en yüksek konsantrasyona sahip beş tür olarak tespit edilmiştir. Bu PCB tür/çiftleri toplam iğne konsantrasyonunun %22,5'ini oluşturmaktadır. Dal örneklerinde ise PCB#44 (1,86 ng/g KM), PCB#85 (1,30 ng/g KM), PCB#52 (1,25 ng/g KM), PCB#47 (0,94 ng/g KM), PCB#6 (0,94 ng/g KM) en yüksek konsantrasyona sahip beş tür olarak tespit edilmiş ve toplam ortalama iğne konsantrasyonunun %29,97 oluşturduğu hesaplanmıştır.

BUTAL bölgesinde çam iğnelinde toplam ortalama konsantrasyon  $23,42 \pm 4,68$  ng/g KM olarak hesaplanmış ve 47 tür/çifti görülmüştür. Bölgedeki çam iğnelinde PCB#44 (0,94 ng/g KM), PCB#118 (0,94 ng/g KM), PCB#194 (0,94 ng/g KM), PCB#153 (0,92 ng/g KM), PCB#45 (0,86 ng/g KM) en yüksek konsantrasyonlu beş tür olarak tespit edilmiş ve oranları %26,8 olarak bulunmuştur. PCB#4/10, 9/7, 6, 12/13, 15/17, 49/48, 61/70, 56/60, 83, 126, 200 ve 170/190 türlerine ise hiçbir ayda rastlanmamıştır. Dallarda ise PCB#21/53 (1,71 ng/g KM), PCB#44 (1,43 ng/g KM), PCB#118 (1,34 ng/g KM), PCB#8/5 (1,26 ng/g KM), PCB#86 (1,13 ng/g KM) en yüksek konsantrasyonlu beş tür olurken oranları %29,3 olarak bulunmuştur. PCB#4/10, 9/7, 12/13, 15/17, 28, 22, 49/48,

61/70, 56/60, 126, 170/190, 207 türlerine ise hiçbir ayda rastlanmamıştır. Bölgelerin ay bazında grafiksel gösterimi Şekil 4.36'de gösterilmiştir.

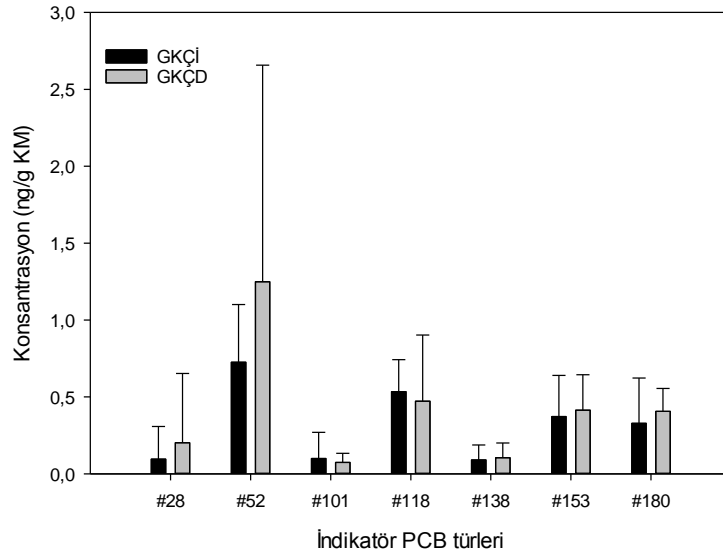




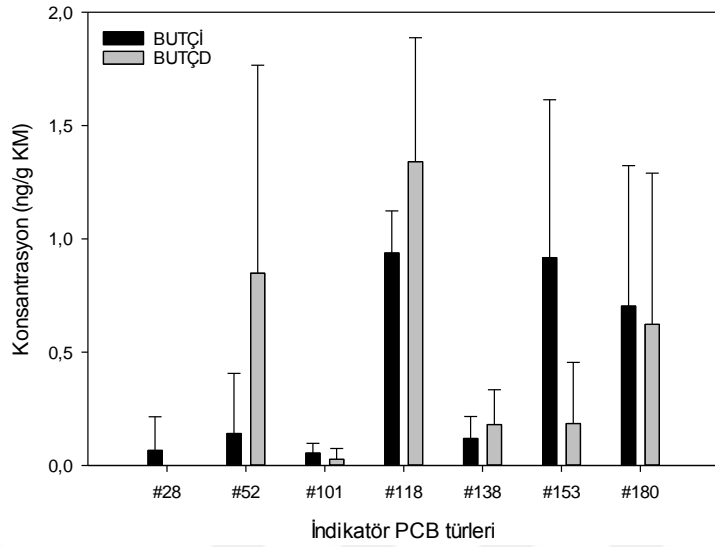
Şekil 4.36. Kentsel bölge çam bileşenlerinde görülen tür ve seviyeleri

GK bölgesinde toplam indikatör türlerin çam iğne ve dallarındaki konsantrasyonları sırasıyla  $2,24 \pm 0,81$  ng/g KM ve  $2,92 \pm 1,80$  ng/g KM olarak hesaplanmıştır. Bu türler iğnelerdeki toplam konsantrasyonun %14,3'ünü, dallarda ise %13,9'unu oluşturmaktadır. PCB#52 (0,73 ng/g KM) en yüksek konsantrasyonlu indikatör türü olarak belirlenmiştir. PCB#52 (1,25 ng/g KM) iğnelerde olduğu gibi dallarda da en yüksek tür olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.37).

BUTAL bölgesindeki çam iğnelerinde indikatör türlerin toplam ortalama konsantrasyonu  $2,94 \pm 1,24$  ng/g KM olarak hesaplanmış olup toplam konsantrasyona oranı %17,2 olarak tespit edilmiştir. PCB#118 (0,94 ng/g KM) en yüksek konsantrasyona sahip indikatör türü olarak belirlenmiştir. Dal numunelerinde ise PCB#28'e hiçbir ayda rastlanamamışken tespit edilebilen en düşük konsantrasyonlu indikatör tür PCB#101 (0,03 ng/g KM) olarak hesaplanmıştır. En yüksek konsantrasyona sahip indikatör türü ise PCB#52 (0,85 ng/g KM) olarak tespit edilmiştir. Dal numunelerindeki indikatör PCB'lerin toplam ortalama konsantrasyonları  $3,20 \pm 1,35$  ng/g KM olarak tespit edilmiş olup oranı ise %13,7 olarak hesaplanmıştır. Bölgede tespit edilmiş indikatör türler Şekil 4.38'de grafiksel olarak ifade edilmiştir.



Şekil 4.37. GK'ü çam bileşenlerindeki indikatör PCB tür ve seviyeleri

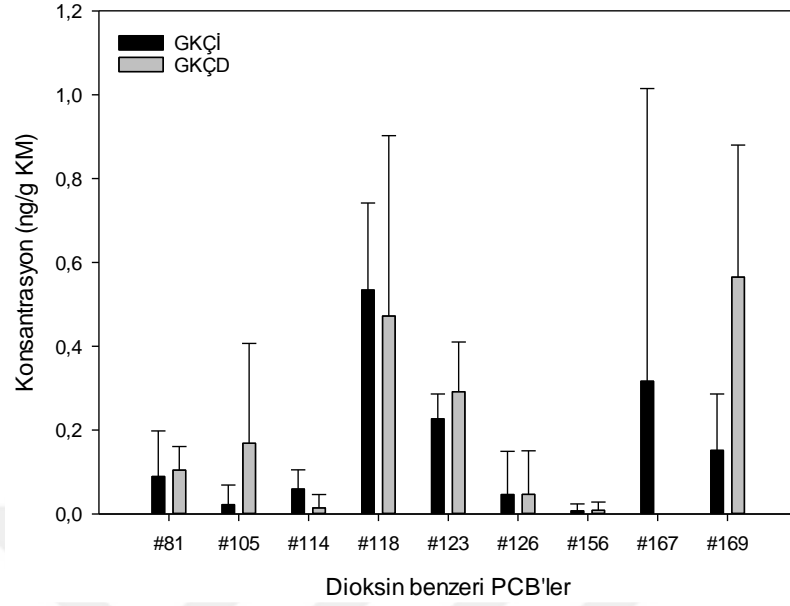


**Şekil 4.38.** BUTAL çam bileşenlerindeki indikatör PCB tür ve seviyeleri

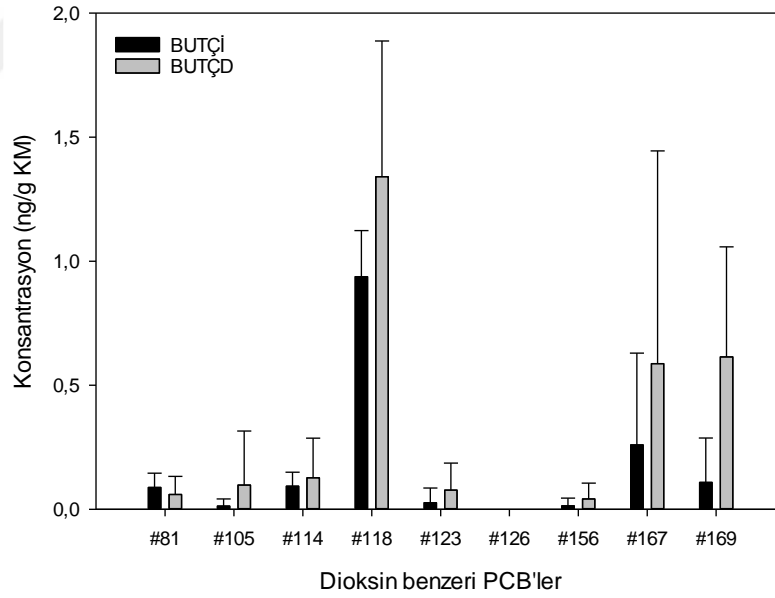
GK bölgesinde elde edilen bulgulara göre çam PCB#118 türünün yanında PCB#167 (0,32 ng/g KM) türü de bu bölgede gözlenen en yüksek dioksin benzeri türler olarak bulunmuşlardır. Dallarda ise PCB#169 (0,57 ng/g KM) ise en yüksek konsantrasyona sahip dioksin benzeri tür olarak belirlenmiştir. Ayrıca bölgede dal numunelerinde PCB#167'ye örnekleme esnasında hiç rastlanmamıştır (Şekil 4.39). İğnelerde toplam dioksin benzeri türlerin toplam ortalama konsantrasyonları  $1,45 \pm 0,90$  ng/g KM olarak hesaplanmış, toplam ortalama çam iğne konsantrasyonuna oranı %9,3'ü olarak hesaplanmıştır. Çam dallarında ise toplam dioksin benzeri türlerin konsantrasyonu  $1,67 \pm 0,68$  ng/g KM olarak hesaplanmış ve toplama oranı %8,0 olarak bulunmuştur.

BUTAL bölgesindeki dioksin benzeri PCB türlerinin konsantrasyonu çam iğnelinde  $1,54 \pm 0,37$  ng/g KM olarak hesaplanmışken dallarda bu seviye  $2,94 \pm 0,26$  ng/g KM olarak bulunmuştur (Şekil 4.39). Çam iğnelinde PCB#118 ve PCB#167 (0,26 ng/g KM) en yüksek konsantrasyonlu iki tür olarak tespit edilmiştir Dal numunelerinde PCB#118 yine en yüksek konsantrasyona sahip dioksin benzeri tür olmuştur. Çam ve dal numunelerinde PCB#126'ya altı aylık örnekleme süresince rastlanmamıştır (Şekil 4.40)





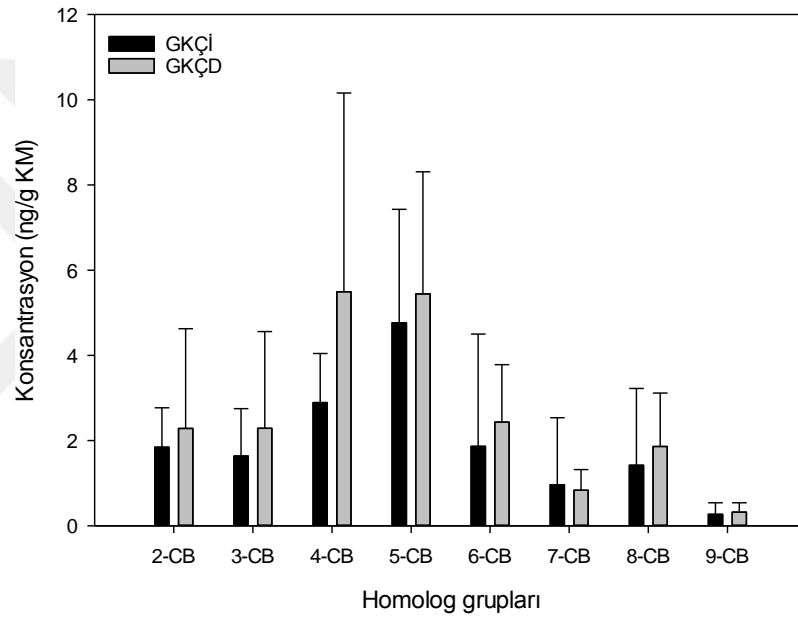
**Şekil 4.39.** GK bölgesinde çam bileşenlerindeki dl-PCB tür ve seviyeleri



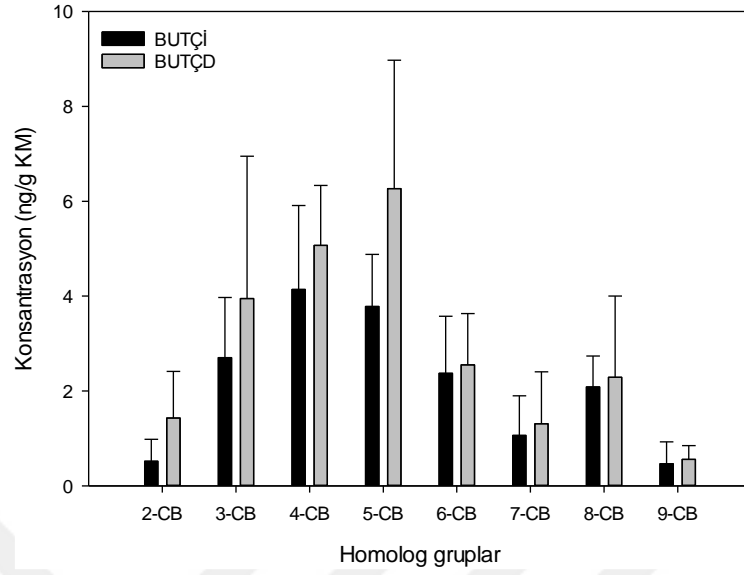
**Şekil 4.40.** BUTAL bölgesinde çam bileşenlerindeki dl-PCB tür ve seviyeleri

GK bölgesindeki çam iğnelerinde 5-CB'ler, dallarda ise 4-CB'ler baskın homolog grubu olarak tespit edilmiştir. Bu grupların oranları sırasıyla %30,4 ve %26,2'dir. Çam iğnelerindeki diğer homolog grupların sıralanışı 4-CB>6-CB>2-CB>3-CB>8-CB>7-CB>9-CB olarak bulunmuşken dallarda bu sıralama 5-CB>6-CB>3-CB>2-CB>8-CB>7-CB>9-CB olarak bulunmuştur.

BUTAL bölgesindeki çam iğnelerinde baskın homolog grubu olarak 4-CB'ler (%24,2) iken dal numunelerinde 5-CB'ler (%26,8) olarak tespit edilmiştir. Çam iğnelerinde diğer homolog gruplarının sıralaması 5-CB (%22,1)>3-CB (%15,8)>6-CB (%13,9)>8-CB (%12,1)>7-CB (%6,2)>2-CB (%3,0)>9-CB (%2,7) şeklindedir. Çam dallarında ise 4-CB (%21,7)>3-CB (%16,9)>6-CB (%10,9)>8-CB (%9,8)>2-CB (%6,1)>7-CB (%5,6)>9-CB (%2,4) şeklinde bulunmuştur. BUTAL bölgesindeki homolog grupların çam iğne ve dallarındaki konsantrasyonu Şekil 4.42'de verilmiştir.



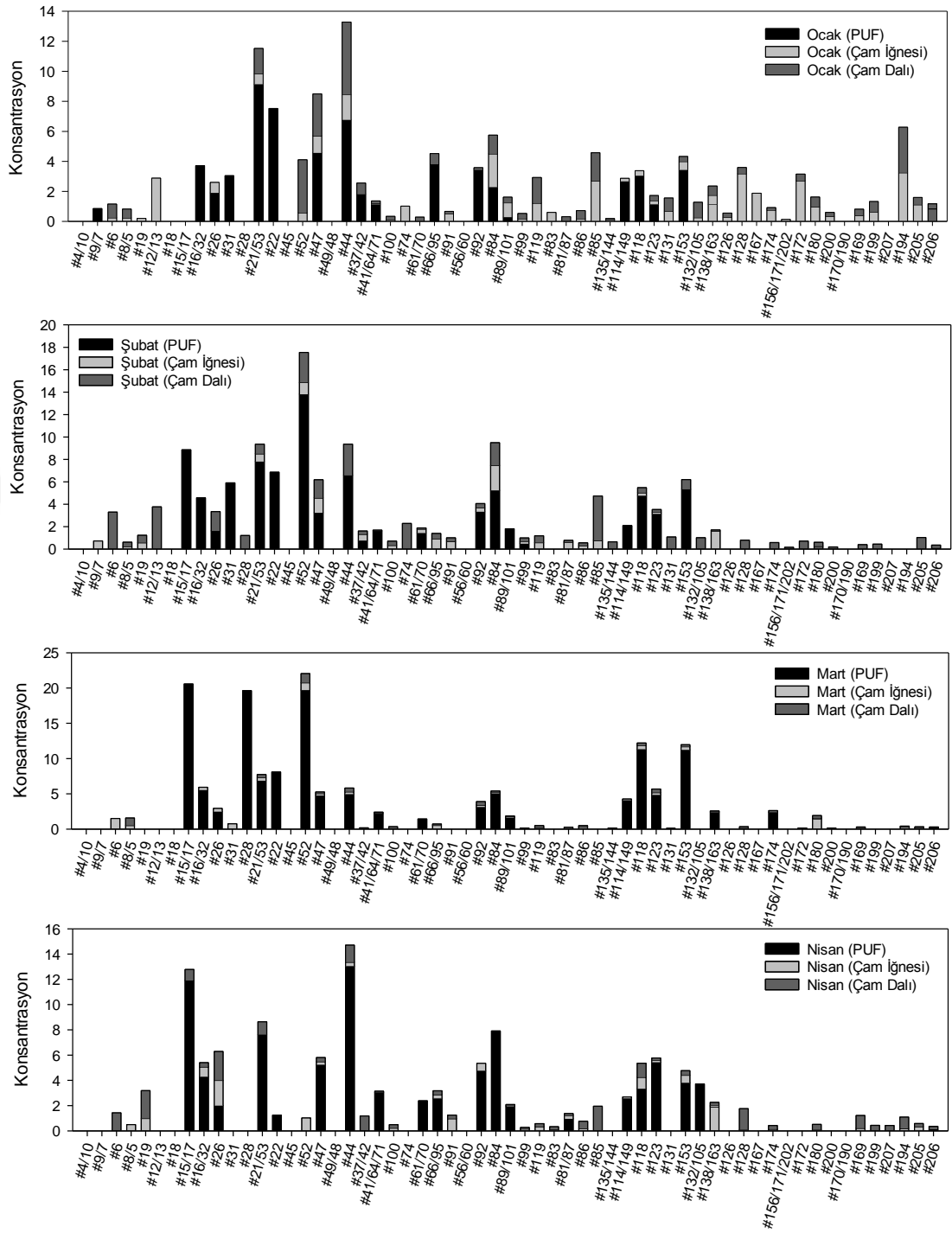
Şekil 4.41. GK bölge çam bileşenlerindeki PCB homolog grup dağılımları



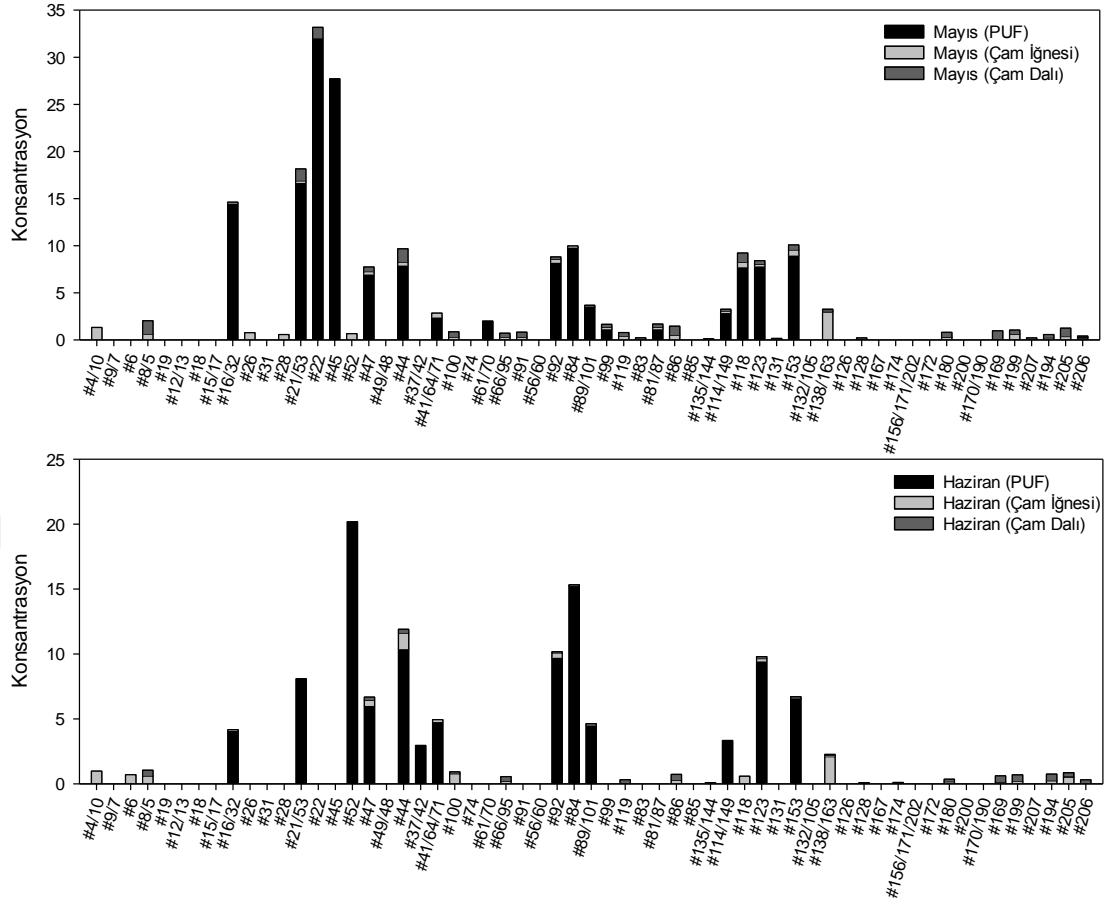
**Şekil 4.42.** BUTAL bölge çam bileşenlerindeki PCB homolog grup dağılımları

GK bölgesinde indikatörde baskın dört tür sırasıyla PCB#52,118,153,180 olarak tespit edilmişlerdir. İğnelerde bu türler toplam indikatör konsantrasyonunun %87,3'ünü oluştururken dallarda %87'sini oluşturmaktadır. BUTAL bölgesinde ise aynı dört tür iğnelerde toplam indikatör konsantrasyonunun %91,8'ini oluştururken dallarda %93,5'ini oluşturmaktadır. Bu bölgede de Grimalt ve van Drooge'un (2006) çalışmasında bakılan indikatör türlere bakıldığında (PCB#118 türü haricinde) bu çalışmada daha düşük sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada PCB#118, PCB#28 en düşük konsantrasyonlu türler arasında yer almışlardır. İki bölgede de çam iğne ve dallarında homolog grupları yaklaşık olarak birbirlerine yakın çıkmış olup BUTAL bölgesinde 3-CB, 4-CB ve 5-CB'ler Dalian'daki çalışmada olduğu gibi baskın homolog grupları olarak tespit edilirken kampüs bölgesinde 3-CB'lerin oranı %10'da kalmış, 6-CB'li türleri içeren homolog grubu daha baskın olarak elde edilmiştir. Elde edilen toplam konsantrasyonlar Odabaşı ve ark.'larının (2016, 2015) 2010 ve 2011 yıllarında background bölgesinde belirledikleri iğne ve dal konsantrasyonlarının oldukça üzerinde kalmıştır. Aynı çalışmada endüstriyel bölgedeki iğne ve dal konsantrasyonları sırasıyla 2010'da 16,8 ng/g KM ve 3,3 ng/g KM, 2011 yılında gerçekleştirdikleri çalışmada 9,5 ng/g KM ve 3,4 ng/g KM olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmada GK ve BUTAL bölgesindeki iğne konsantrasyonları 2010 yılında gerçekleştirilen çalışmaya yakın çıkmıştır. Dallarda elde edilen konsantrasyonlar ise bu çalışmadan daha yüksek bulunmuştur. Bu bölgede de dal

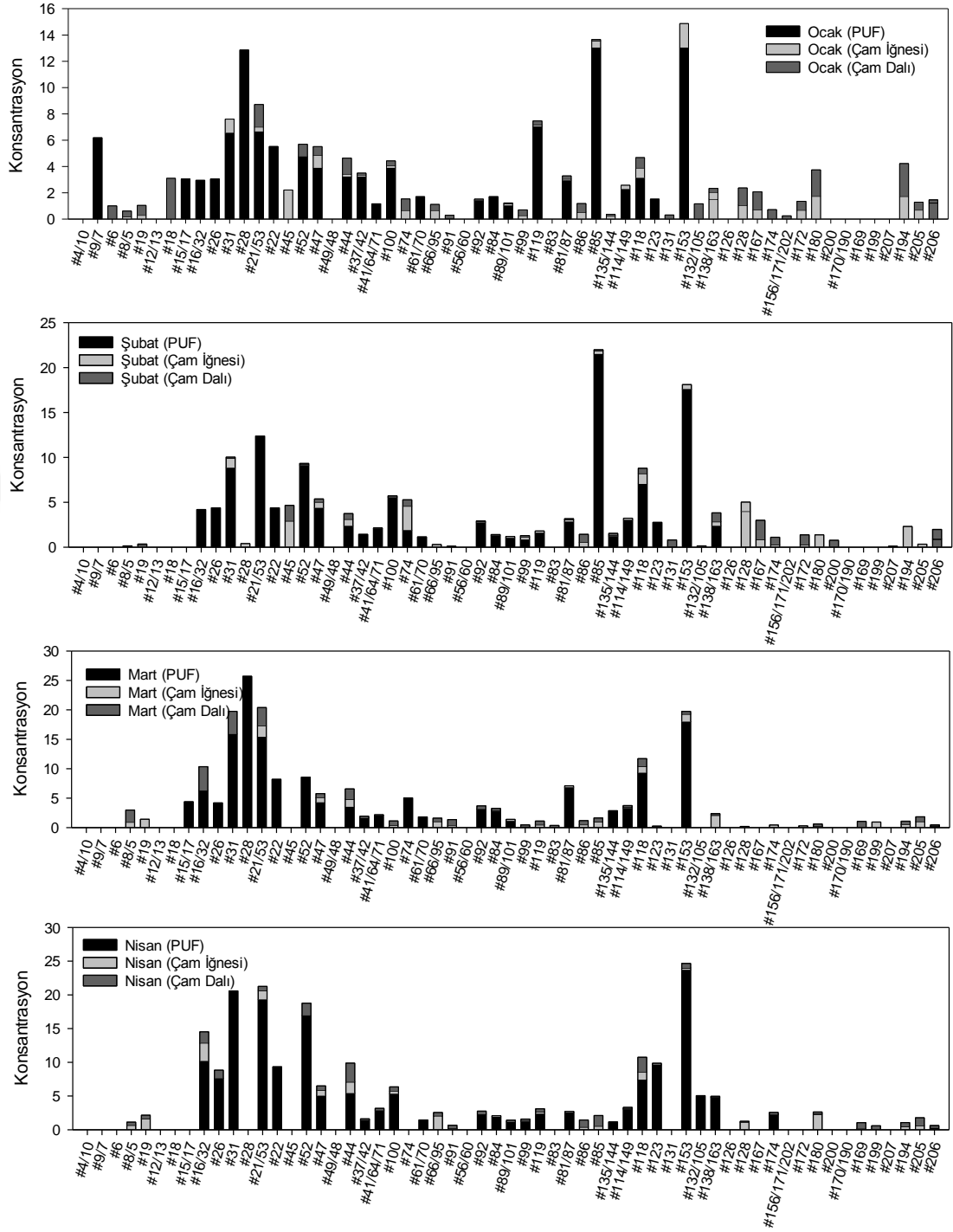
konsantrasyonları iğne konsantrasyonlarından daha yüksek bulunmuş olup literatürdeki diğer çalışmalar ile zıt sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca Loganathan ve ark.'larının (2008) kentsel bölgede gerçekleştirdikleri çalışmada çam iğnelerindeki toplam konsantrasyonu 7,6 ng/g KM olarak tespit etmişlerdir (Loganathan ve ark. 2008). Ayrıca 4-CB ve 5-CB'li homolog gruplarının baskın olarak tespit edildiğini ve 5-CB ve altındaki türlerin toplam konsantrasyonun %80'ini oluşturduğu raporlanmıştır. Bu çalışmada ise her iki bölgede de 5-CB ve 4-CB'ler çam iğnelerinde baskın olarak bulunmuşken 5-CB ve altındaki türler toplam konsantrasyonun GK bölgesinde %71,9'ini, BUTAL bölgesinde ise %65,9'ini oluşturduğu görülmüştür. Loganathan ve ark.'larının gerçekleştirdiği çalışmada 29 türe bakılmış olup bu çalışma ile benzer 18 PCB türü incelendiğinde çam iğnelerinin ortalama konsantrasyonu 5,9 ng/g KM olarak hesaplanmış olup bu değer GK bölgesinden (4,43±2,71 ng/g KM) yüksek iken, BUTAL bölgesinden (6,18±1,76 ng/g KM) daha düşük kalmıştır. Loganathan ve ark.'larının (2008) gerçekleştirdiği çalışmada elde edilen türlerden indikatör türlerin konsantrasyonu 3,67 ng/g KM olarak hesaplanmıştır. Bu çalışma ile kıyaslandığında GK ve BUTAL bölgesindeki konsantrasyonlar daha düşük kalmışken BUTAL bölgesinde bu değere daha yakındır. Şekil 4.33 ve Şekil 4.34'de bölgelerin dış ortam ve çam bileşenlerinde görülen türler ve seviyeleri verilmiştir.



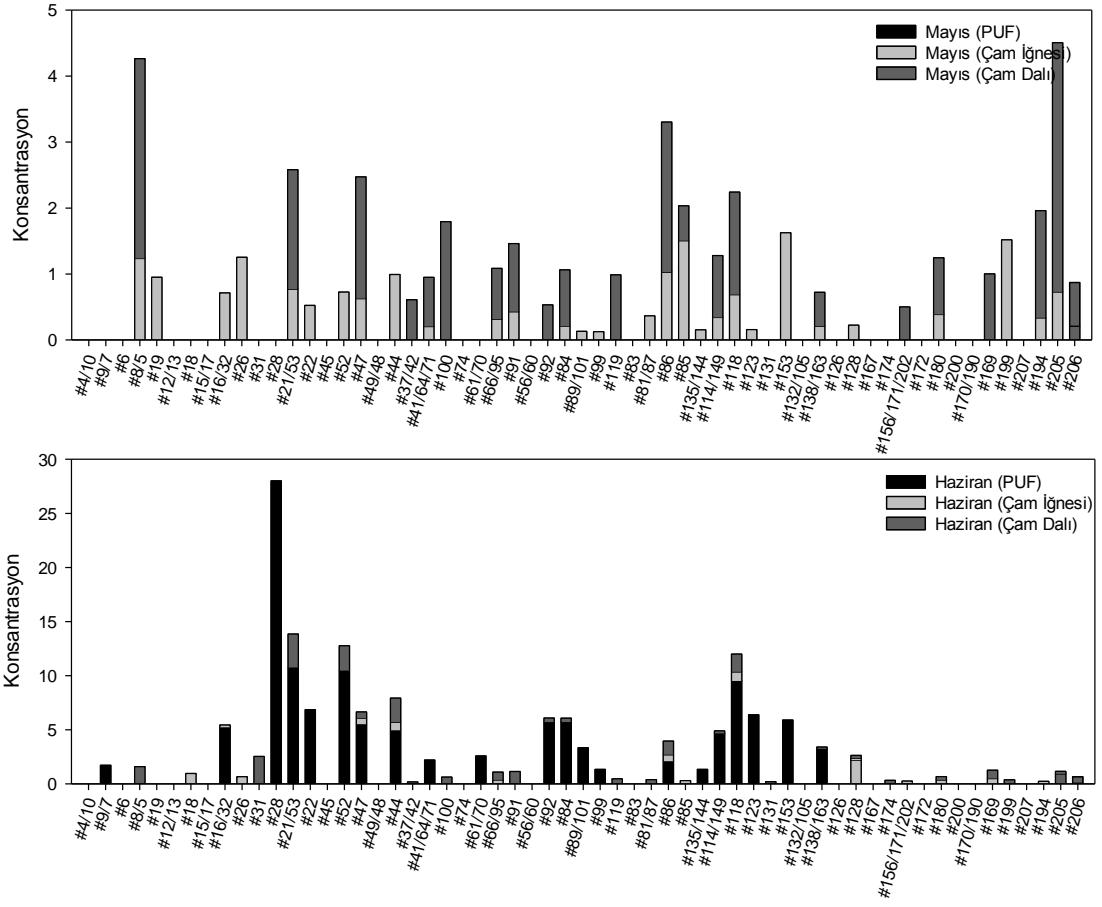
Şekil 4.43. GK’nde PCB tür konsantrasyonlarının aylık bazda gösterimi



Şekil 4.43. GK'nde PCB tür konsantrasyonlarının aylık bazda gösterimi (devam)



Şekil 4.44. BUTAL bölgesinde PCB tür konsantrasyonlarının aylık bazda gösterimi



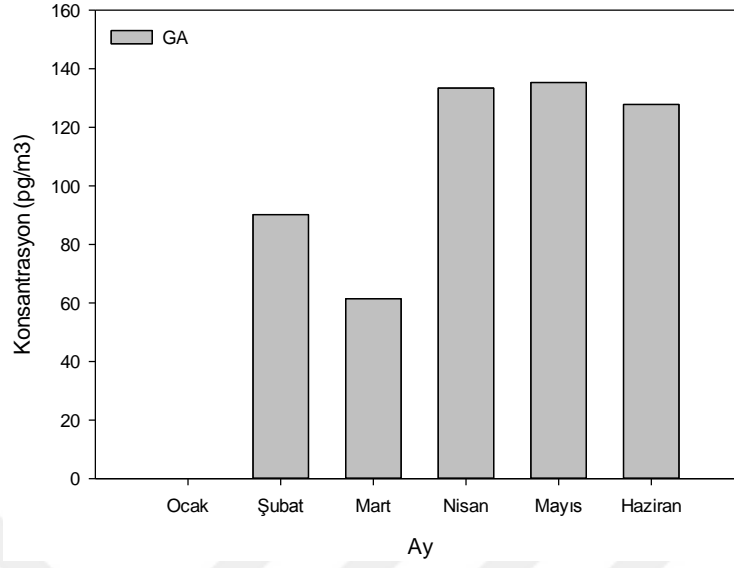
Şekil 4.44. BUTAL bölgesinde PCB tür konsantrasyonlarının aylık bazda gösterimi (devam)

#### 4.4. Yarı Endüstriyel Bölge Konsantrasyonları

##### 4.4.1. Dış ortam hava örnekleri

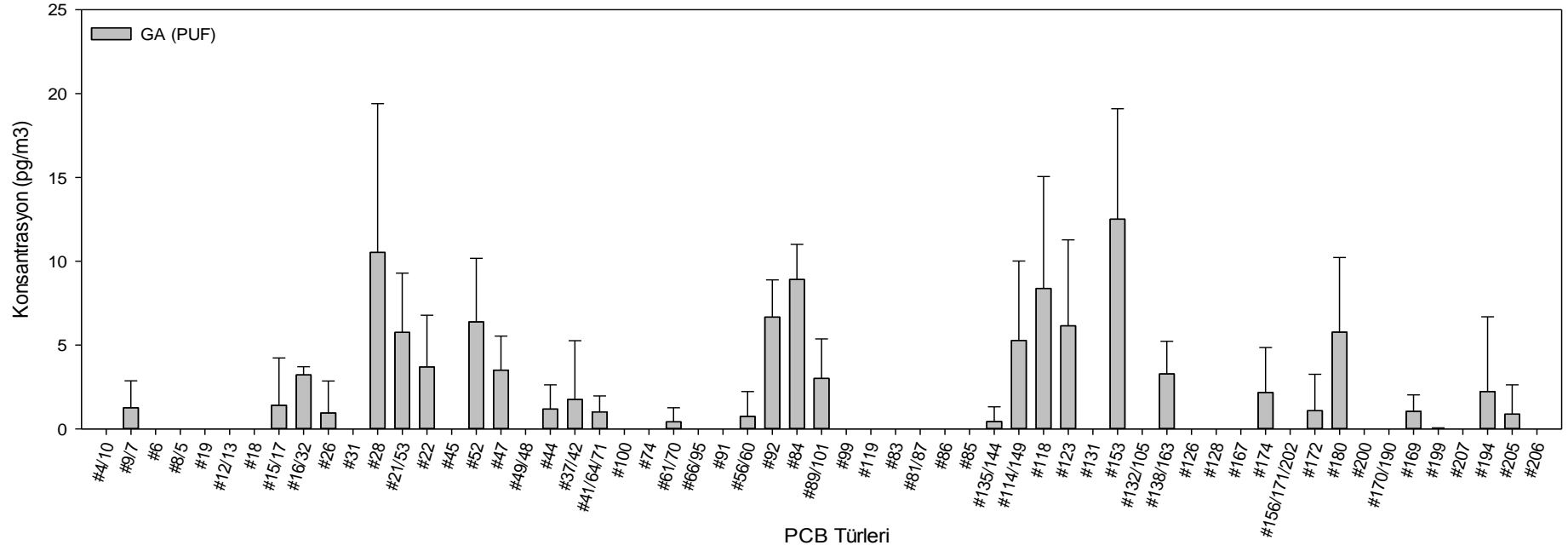
GA atmosferinde PCB konsantrasyonları  $61,43-137,62 \text{ pg/m}^3$  değişim göstermiş ve ortalamaları  $109,64 \pm 29,18 \text{ pg/m}^3$  olarak hesaplanmıştır. Bölgelerin atmosferik konsantrasyonları Şekil 4.45’de grafiksel olarak ifade edilmiştir.





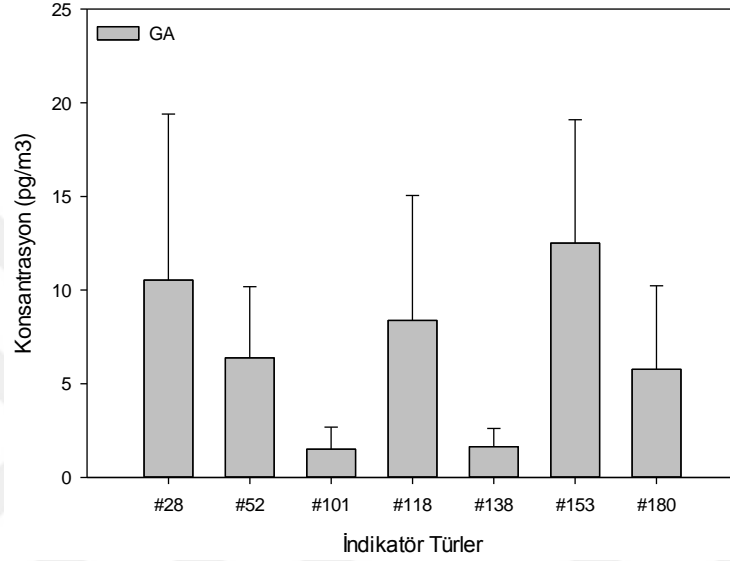
**Şekil 4.45.** Yarı endüstriyel bölge atmosferindeki PCB konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi

GA bölgesinde en yüksek çıkan beş tür PCB#153 (12,51 pg/m<sup>3</sup>), PCB#28 (10,53 pg/m<sup>3</sup>), PCB#84 (8,91 pg/m<sup>3</sup>), PCB#118 (8,38 pg/m<sup>3</sup>), PCB#92 (6,67 pg/m<sup>3</sup>) olarak tespit edilmiştir. Bu türlerin atmosferik konsantrasyona oranı %42,8 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.46).



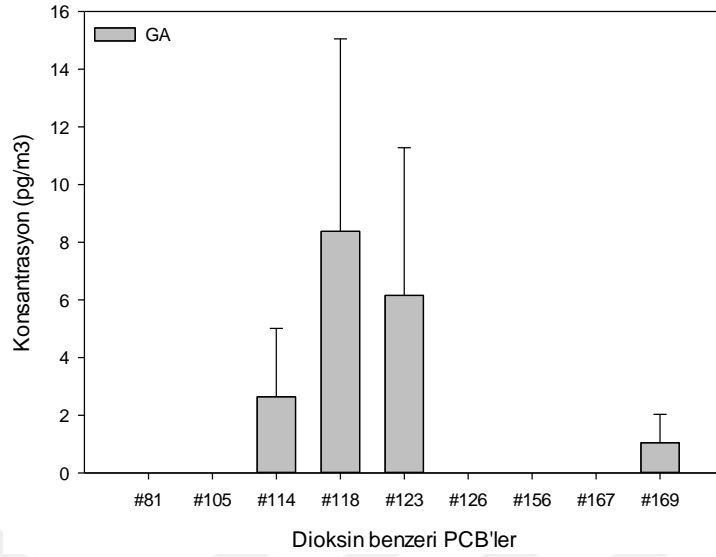
Şekil 4.46. Yarı endüstriyel bölge atmosferinde tespit edilen PCB tür ve seviyeleri

GA örnekleme bölgesinde gerçekleştirilen örneklemede ise indikatör türlerin konsantrasyonu  $46,72 \pm 22,47$   $\text{pg}/\text{m}^3$  olarak hesaplanmıştır. Bu türlerin örnekleme noktasında elde edilen toplam konsantrasyona oranı %42,62 olarak bulunmuştur. Örnekleme noktasındaki atmosferde PCB#153 ( $12,51$   $\text{pg}/\text{m}^3$ ), PCB#28 ( $10,53$   $\text{pg}/\text{m}^3$ ), PCB#118 ( $8,38$   $\text{pg}/\text{m}^3$ ) en yüksek üç indikatör tür olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.47).



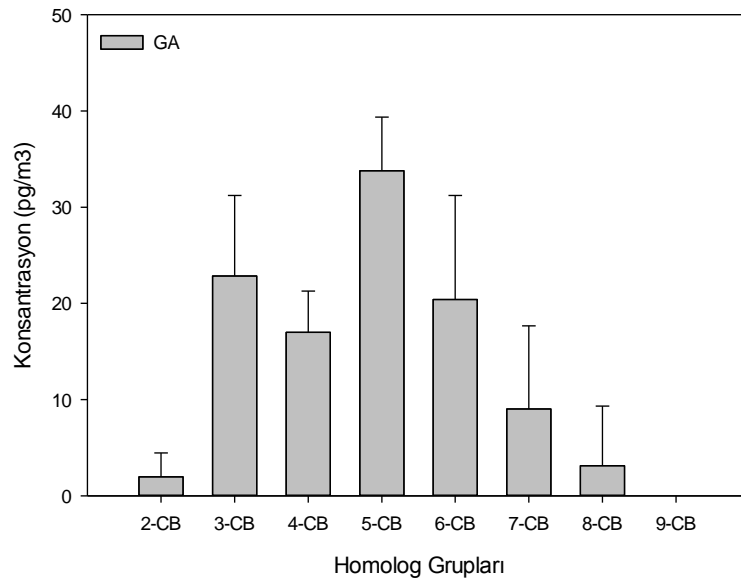
**Şekil 4.47.** Yarı endüstriyel bölge atmosferik indikatör PCB tür ve seviyeleri

Atatepe örnekleme noktasındaki atmosferde ise dl-PCB'lerin toplam ortalama konsantrasyonları  $18,22 \pm 6,0$   $\text{pg}/\text{m}^3$  olarak hesaplanmış olup toplam atmosferik konsantrasyonunlar  $1,04$ - $8,38$   $\text{pg}/\text{m}^3$  aralığında değişim göstermektedir. Bu konsantrasyonlar toplam atmosferik konsantrasyonun % 16,6'sını oluşturmaktadır. Bölgede PCB#118 ( $8,38$   $\text{pg}/\text{m}^3$ ) ve PCB#123 ( $1,05$   $\text{pg}/\text{m}^3$ ) en yüksek konsantrasyonlu iki tür olarak karşımıza çıkmaktadır. PCB#126 ise altı aylık örneklemede hiçbir ayda tespit edilememiştir. Bölgelerde tespit edilen tüm dl-PCB'ler Şekil 4.48'de gösterilmiştir.



**Şekil 4.48.** Yarı endüstriyel bölge atmosferik dl-PCB tür ve seviyeleri

GA örnekleme noktasında 5-CB, 3-CB, 6-CB'li en yüksek konsantrasyona sahip homolog grupları olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.49). Bu grupların toplam atmosferik konsantrasyona oranları ise sırasıyla %31,2, %201,1, % 18,9 olarak hesaplanmıştır. Diğer gruplar ise 4-CB(% 15,7)>7-CB(%8,3)>8-CB(%2,9)>2-CB(%1,8) şeklinde sıralanmıştır. 9-CB'li PCB'ler ise Gemlik kampüs örneklerinde olduğu gibi bu bölgede de tespit edilememiştir.

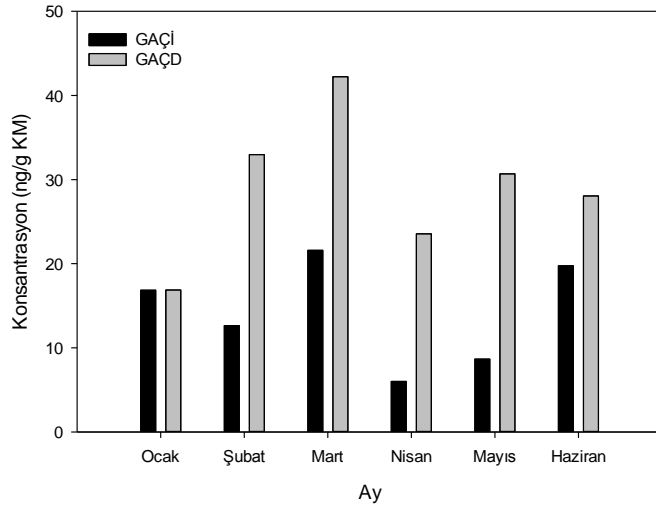


**Şekil 4.49.** Yarı endüstriyel bölge atmosferik PCB homolog grup dağılımları

GA bölgesi, Gemlik Serbest Bölge'ye yakın olsa da elde edilen konsantrasyonlar endüstriyel bölge olarak kabul edilen Orhangazi Bölgesi'ne göre düşük çıkmıştır. Literatürde Kestel Organize Sanayi Bölgesinde Birgül ve ark.'larının (2017) PUF diskler kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmada ortalama konsantrasyon  $170 \pm 150 \text{ pg/m}^3$  olarak tespit edilmiş olup bölgede sırasıyla 4-CB ve 3-CB'leri baskın bulmuşlardır. Mari ve ark.'larının (2008) 2005 yılında Barselona'da kentsel/endüstriyel bir bölgede HVAŞ ve PUF diskler gerçekleştirdikleri çalışmada yalnızca indikatör türlerine bakmışlardır (Mari ve ark. 2008). HVAŞ kullanılarak gerçekleştirilen örneklemede konsantrasyonu  $170 \text{ pg/m}^3$  olarak tespit etmişlerken, PUF diskler kullanılarak gerçekleştirilen örneklemede  $51,1 \text{ pg/m}^3$  olarak tespit etmişlerdir. En yüksek konsantrasyonlu türü PCB#28 olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmada ortalama konsantrasyon  $109,64 \pm 29,18 \text{ pg/m}^3$  olarak tespit edilmiş, Birgül ve ark.'larının yaptığı çalışmadan daha düşük bulunmuştur. İndikatör türlerin konsantrasyonu ise  $46,73 \pm 22,47 \text{ pg/m}^3$  olarak tespit edilmiştir. Bu değer Mari ve ark.'larının (2008) PUF disk kullanarak gerçekleştirdiği çalışmaya yakındır. Bölge atmosferinde PCB#28 en yüksek ikinci tür olarak bulunmuştur. Ayrıca Cortes ve ark.'larının (2016) iki farklı kentsel/endüstriyel noktada çalışma yapmışlar ve bu çalışmada bulunan konsantrasyonlardan 2-3 kat düşük sonuçlar elde etmişlerdir (Cortes ve ark. 2016). Elde ettikleri konsantrasyonlar kentsel ve endüstriyel bölgeler için sırasıyla  $6,67 \text{ pg/m}^3$  ve  $8,75 \text{ pg/m}^3$ 'dür.

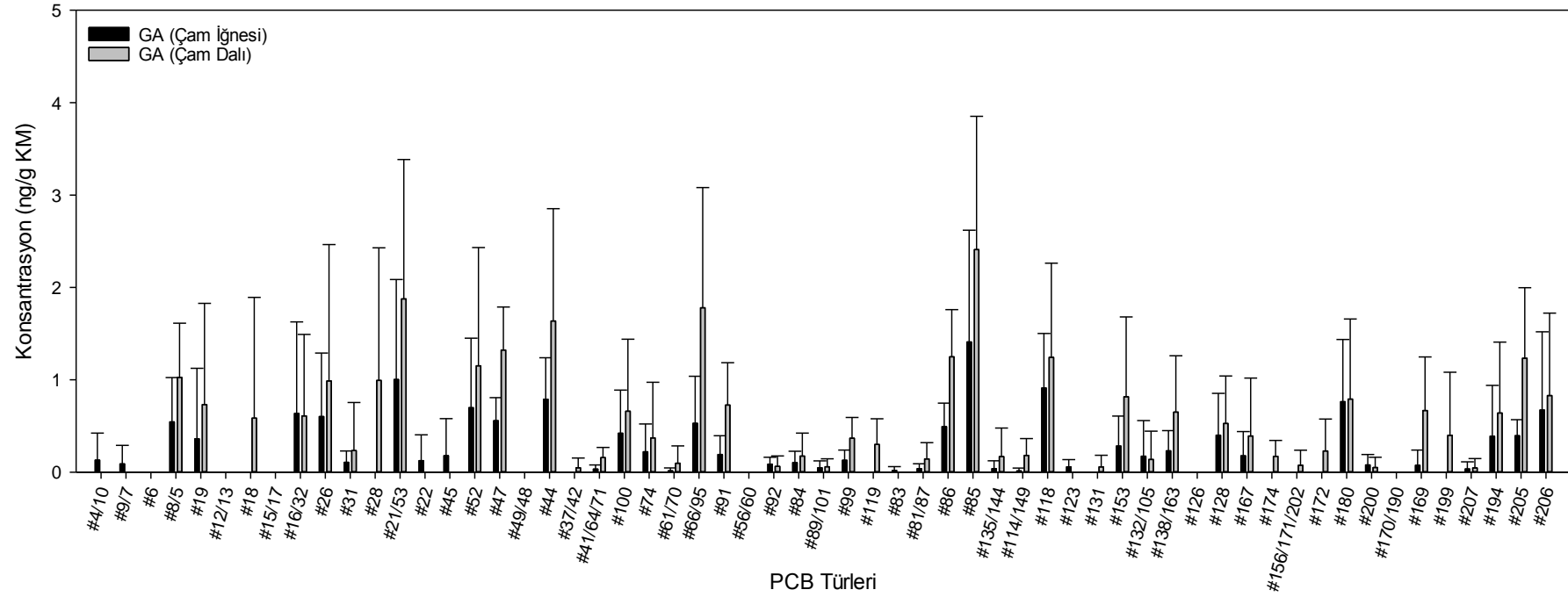
#### **4.4.2. Çam örnekleri**

GA bölgesinde çam iğnelerinin ortalama konsantrasyonu  $14,24 \pm 5,67 \text{ ng/g KM}$  olarak hesaplanmışken dallarda bu miktar  $29,06 \pm 7,83 \text{ ng/g KM}$  olarak tespit edilmiştir. Bu bölgelerin aylık değişimleri Şekil 4.50'de gösterilmiştir.



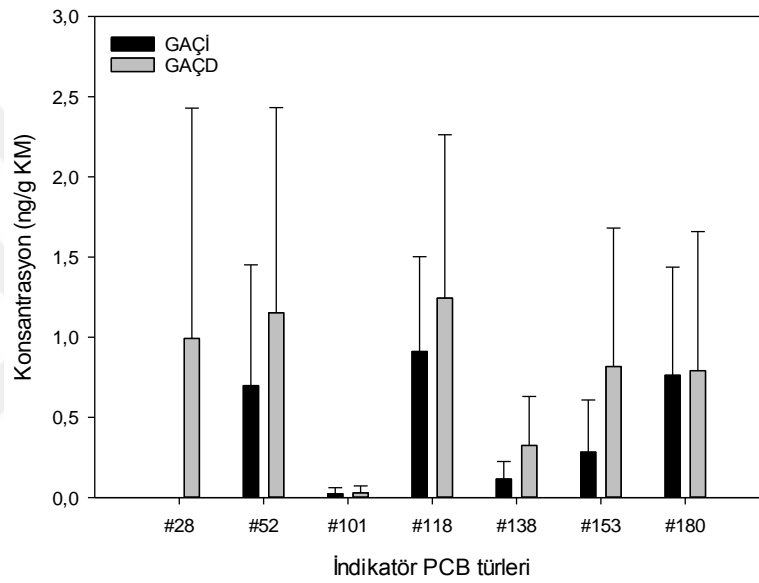
**Şekil 4.50.** Yarı endüstriyel bölge çam ağacı bileşenlerinde PCB konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi

GA bölgesinde altı aylık örnekleme sonucunda çam iğnelerinde toplamda 43 PCB türü görülmüşken dal örneklerinde 46 PCB türü ile karşılaşılmıştır. Çam iğnelerinde PCB#85 (1,41 ng/g KM), PCB#21/53 (1 ng/g KM), PCB#118 (0,91 ng/g KM), PCB#44 (0,79 ng/g KM), PCB#180 (0,76 ng/g KM) en yüksek konsantrasyona sahip beş tür olarak hesaplanmış olup toplam konsantrasyonun %34,2'sini oluşturmaktadır. Çam dal numunelerinde ise PCB#85 (2,41 ng/g KM), PCB#21/53 (1,88 ng/g KM), PCB#66/95 (1,78 ng/g KM), PCB#44 (1,64 ng/g KM), PCB#47 (1,32 ng/g KM) en yüksek çıkan türler olarak hesaplanmıştır. Bu türlerin toplam ortalama konsantrasyonun %31,1'ini oluşturmaktadır (Şekil 4.51).



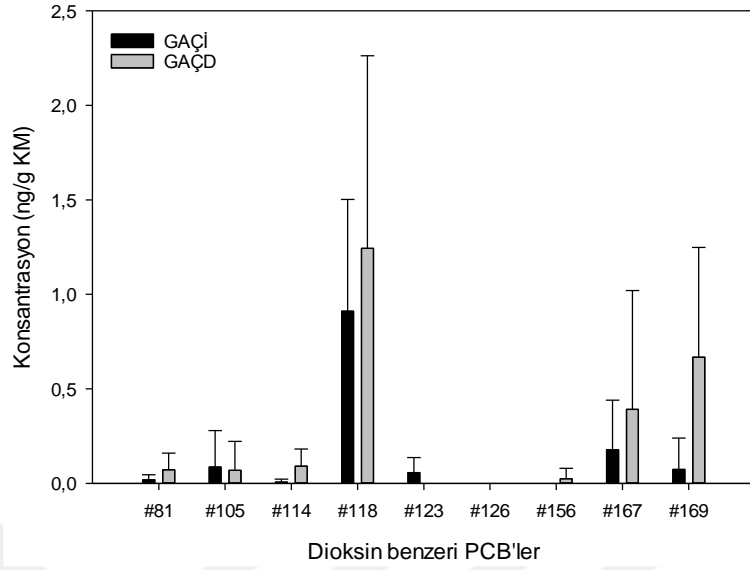
Şekil 4.51. Yarı endüstriyel bölge çam bileşenlerinde görülen tür ve seviyeleri

GA bölgesindeki çam iğnelerde tespit edilen toplam ortalama indikatör PCB konsantrasyonu  $2,79 \pm 0,81$  ng/g KM, dallarda ise  $5,35 \pm 3,69$  ng/g KM'dir. Bölgedeki iğnelerde PCB#28'e altı aylık örneklemede hiç rastlanamamıştır. Yapılan deneyler sonucunda bölgeden alınan iğne ve dal numunelerinde en yüksek indikatör türü PCB#118 olarak tespit edilmiştir. İğnelerde bu yedi indikatör PCB türü toplam ortalama PCB konsantrasyonunun %19,6'sını oluştururken dallarda bu oran %18,4'tür. Şekil 4.52'de çam bileşenlerinde görülen indikatör PCB türleri grafiksel olarak ifade edilmiştir.

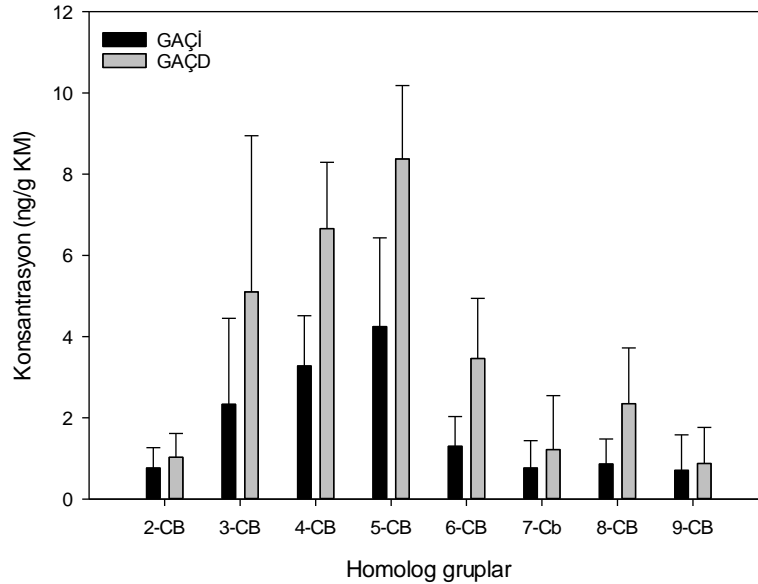


**Şekil 4.52.** Yarı endüstriyel bölge çam bileşenlerindeki indikatör PCB tür ve seviyeleri GA bölgesinde iğne ve dallardaki dioksin benzeri PCB türlerin konsantrasyonları sırasıyla  $1,32 \pm 0,53$  ng/g KM ve  $2,56 \pm 0,75$  ng/g KM olarak hesaplanmıştır. Bu türlerin iğne ve dallardaki toplam ortalama PCB konsantrasyonlarına oranı sırasıyla %9,3 ve %8,8 olarak hesaplanmıştır. Çam iğnelerinde PCB#126 ve PCB#156 hiçbir ayda tespit edilmemiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, örnekleme bölgesinde PCB#118 (0,91 ng/g KM) ve PCB#167 (0,18 ng/g KM) en yüksek konsantrasyonlu dioksin türleri olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.53). Dal numunelerinde ise en yüksek konsantrasyonlu dioksin benzeri PCB türü PCB#118 olarak belirlenmiştir. Ancak PCB#118'in yanında PCB#169 türü de bu bölge numunelerinde yüksek konsantrasyonlu dioksin benzeri ikinci tür olarak öne çıkmıştır. Bu türlerin konsantrasyonları sırasıyla 1,24 ng/g KM ve 0,66 ng/g KM'dir. Ayrıca bu bölgedeki dal numunelerinde PCB#123 ve PCB#126'ya hiçbir ayda rastlanmamıştır.





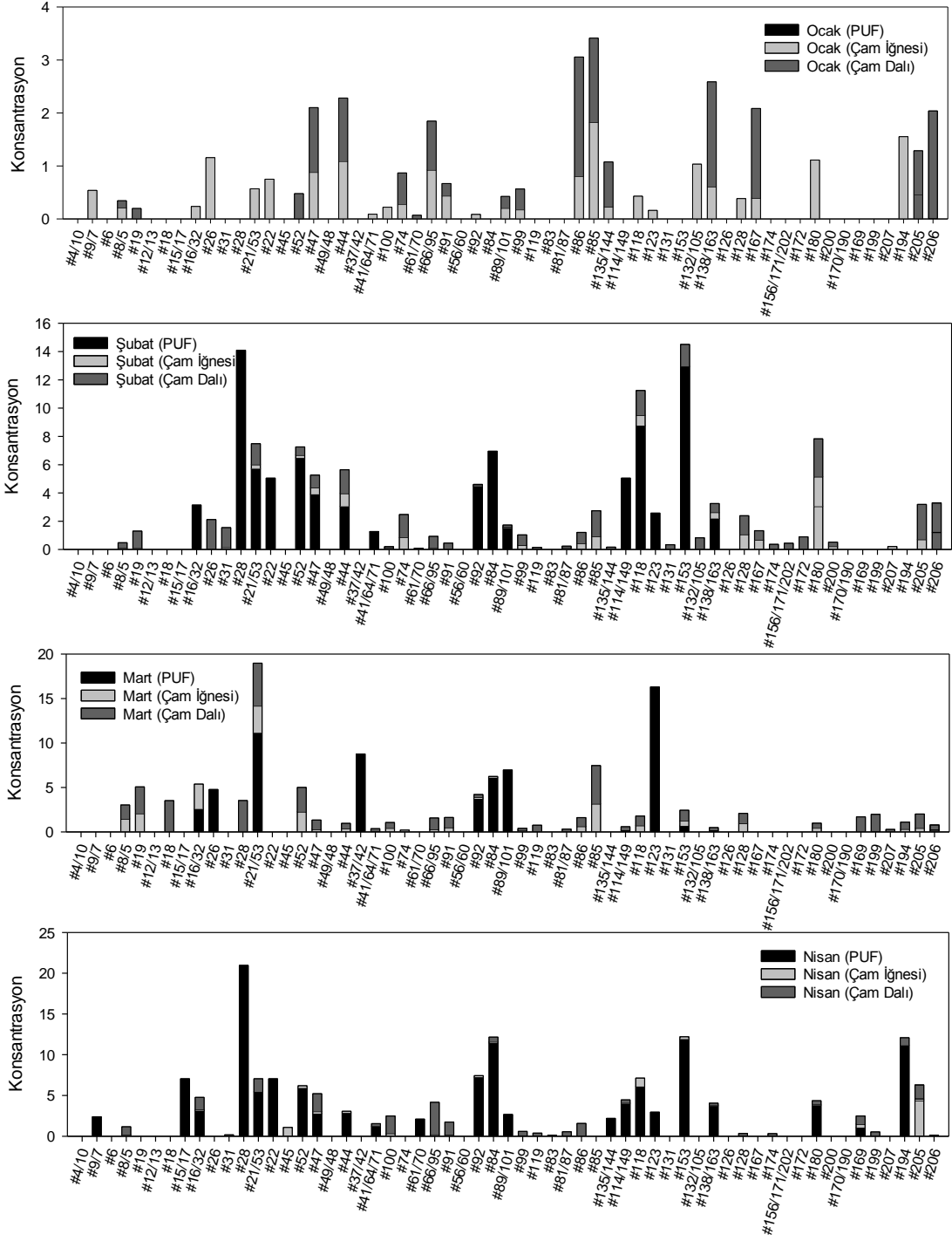
**Şekil 4.53.** Yarı endüstriyel bölge çam bileşenlerindeki dl-PCB türleri ve seviyeleri GA bölgesindeki iğne ve dallarda 5-CB'ler baskın homolog grubu olarak tespit edilmiş olup oranları sırasıyla %29,8 ve %28,8 olarak hesaplanmıştır. Çam iğne ve dal numunelerindeki diğer grupların sıralanışı 4-CB>3-CB>6-CB>8-CB>2-CB>7-CB>9-CB olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.54).



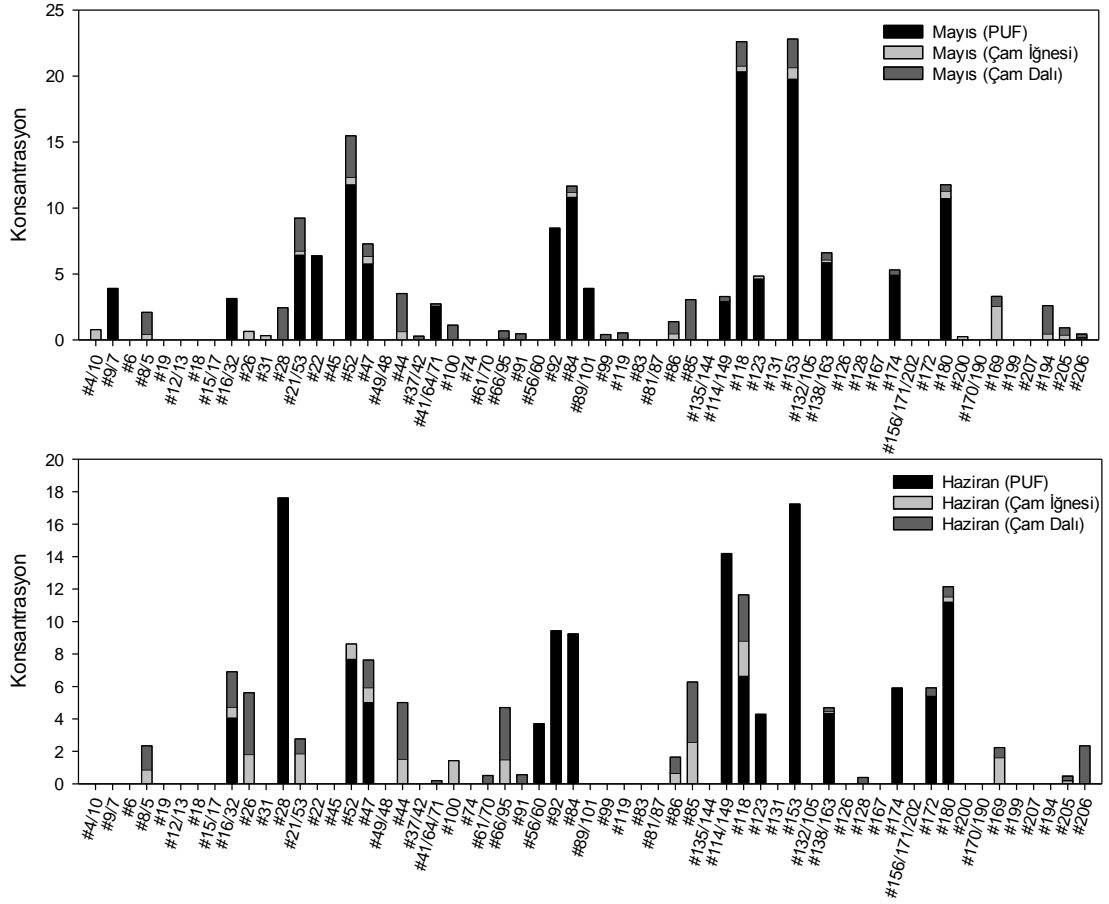
**Şekil 4.54.** Yarı endüstriyel bölge çam bileşenlerindeki PCB homolog grup dağılımları

GA bölgesindeki çam iğnelerinde görülen indikatör türlerde Grimalt ve van Drooge'un 2006 yılında yaptığı çalışmadaki gibi PCB#118 dikkate alınmadığında bu çalışmada daha düşük sonuçlar elde edilmiştir. Loganathan ve ark.'larının(2008) endüstriyel bölgede gerçekleştirdiği çalışmada ise bu çalışma ile benzer türler dikkate alındığında iğnelerdeki toplam ortalama konsantrasyonu 3,75 ng/g KM olarak hesaplanmıştır. Ayrıca raporlanan türle incelendiğinde çam iğnelerindeki indikatör türlerin konsantrasyonu 2,32 ng/g KM olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmaya bakıldığında ise ortak türlerin ortalama konsantrasyonu  $5,13 \pm 1,69$  ng/g KM tespit edilmiş ve bu çalışmada daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir. İndikatör türlerin konsantrasyonun karşılaştırıldığında ise Loganathan ve ark.'larının (2008) gerçekleştirdiği çalışma ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca 5-CB ve altındaki homolog grupları da Loganathan ve ark.'larının (2008) bulduğu (%80) orana yakın çıkmıştır (%74,4). GA bölgesinde çam iğnelerindeki homolog gruplarına bakıldığında Dalian'daki sonuçlara benzerlik göstermektedir (3-CB, 4-CB ve 5-CB'ler baskın). Odabaşı ve ark.'larının (2015, 2016) 2010 ve 2011 yılında endüstriyel bölgede elde ettikleri iğne ve dal numunelerinde konsantrasyonları sırasıyla 2010 yılında 16,8 ng/g KM ve 3,3 ng/g KM, 2011 yılında 9,4 ng/g KM ve 4,5 ng/g KM olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada Odabaşı ve ark.'larının 2011 yılındaki çam iğnelerinde elde ettikleri PCB konsantrasyonlarından daha düşük sonuçlar bulunmuşken, 2010 yılındaki çalışmaya yakın sonuçlar tespit edilmiştir. Dal PCB konsantrasyonlarında ise her iki yılda gerçekleştirilen çalışmanın çok daha üzerinde bulunmuştur.

Şekil 4.55'de bölge atmosferi ve çam bileşenlerinde görülen türler ve seviyeleri aylık bazda gösterilmiştir.



Şekil 4.55. Yarı endüstriyel bölgede PCB tür konsantrasyonlarının aylık bazda gösterimi

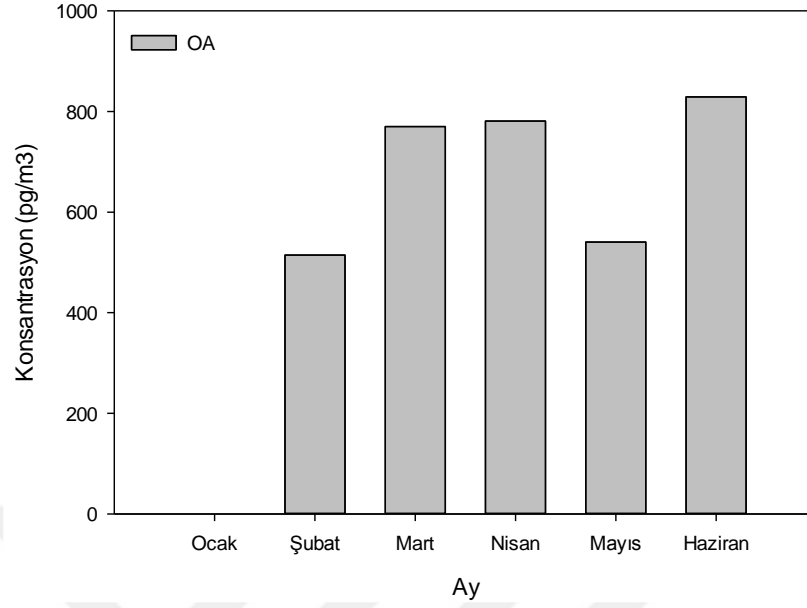


Şekil 4.55. Yarı endüstriyel bölgede PCB tür konsantrasyonlarının aylık bazda gösterimi (devam)

## 4.5. Endüstriyel Bölge Örnekleri

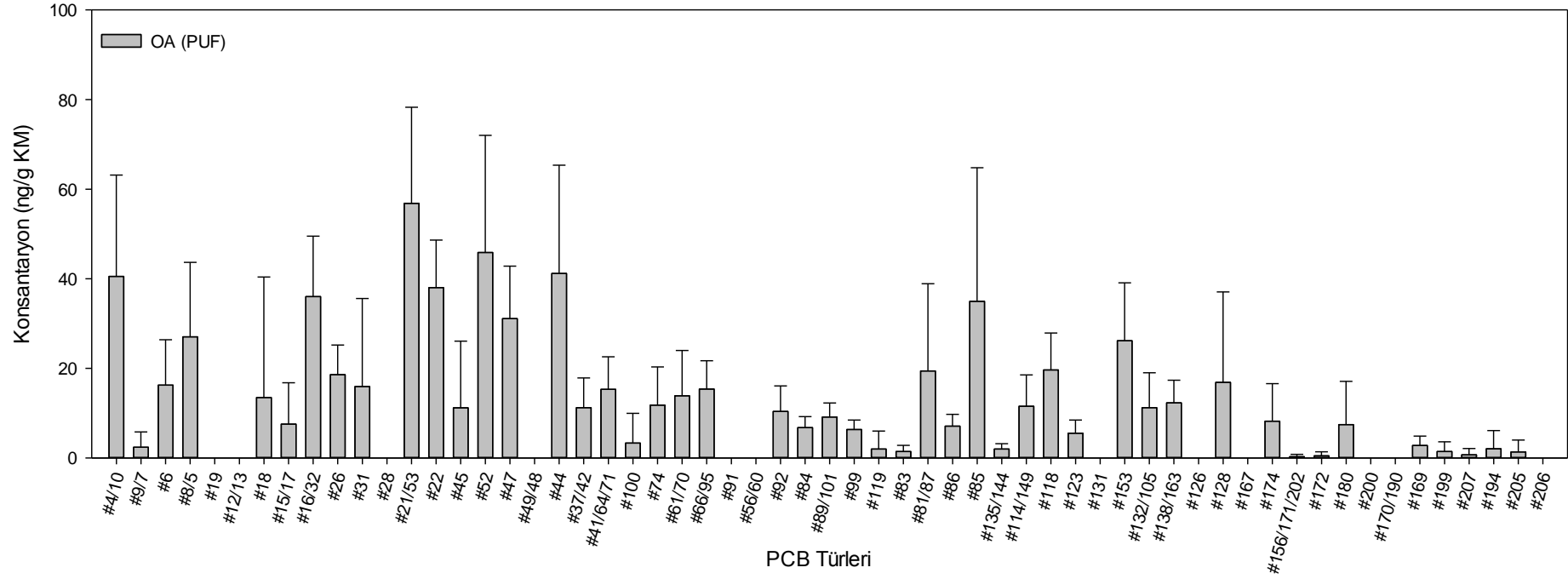
### 4.5.1. Dış ortam hava örnekleri

OA örnekleme noktasına oldukça yakın bir bölgede çelik fabrikası faaliyet gösterdiğinden dolayı bu bölgede konsantrasyonların diğer bölgelere kıyasla daha yüksek çıkması beklenmiştir. Nitekim elde edilen sonuçlar bu düşünce ile örtüşmektedir. Altı aylık atmosferik örneklemenin ortalaması  $700,02 \pm 131,92 \text{ pg/m}^3$  olarak hesaplanmışken aylık konsantrasyonlar  $514,67\text{-}894,57 \text{ pg/m}^3$  değişim göstermektedirler (Şekil 4.56).



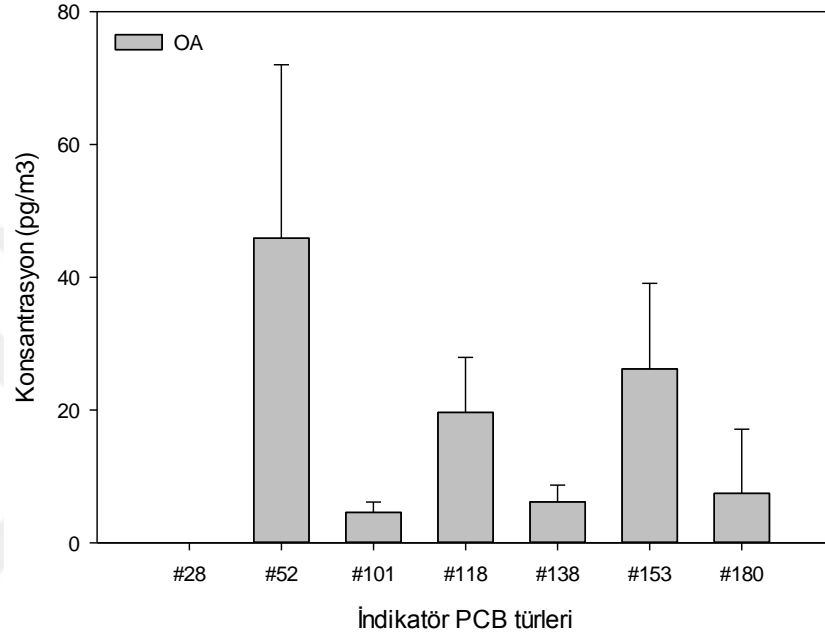
**Şekil 4.56.** Endüstriyel bölge atmosferik PCB konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi

Bölge atmosferinde PCB21/53 (56,84pg/m<sup>3</sup>), PCB#52 (45,89 pg/m<sup>3</sup>) en yüksek konsantrasyona sahip tür çifti olarak hesaplanmışken bu türleri PCB#44 (41,18 pg/m<sup>3</sup>), 4/10 (40,55 pg/m<sup>3</sup>) ve PCB#22 (38,02 pg/m<sup>3</sup>) izlemektedir. Bu türler atmosferik konsantrasyonun %31,4'ünü oluşturmaktadır (Şekil 4.57).



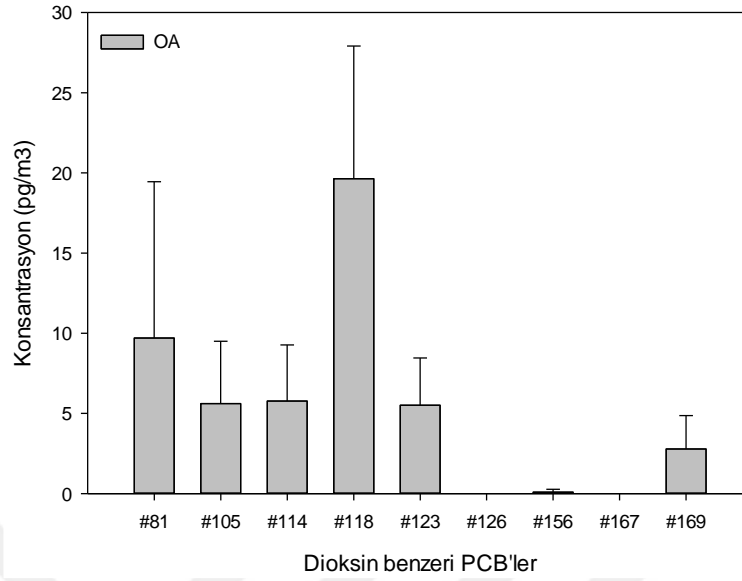
Şekil 4.57. Endüstriyel bölge atmosferinde tespit edilen PCB tür ve seviyeleri

OA bölge atmosferindeki indikatör PCB türlerin toplam konsantrasyonu  $109,85 \pm 16,05$   $\text{pg/m}^3$  olarak hesaplanmıştır. İndikatör PCB türleri toplam konsantrasyonunun %15,5'lik dilimini oluşturmaktadır. PCB#52 ( $45,89 \text{ pg/m}^3$ ) en yüksek konsantrasyona sahip tür olarak hesaplanmışken bu türü PCB#153 ( $26,17 \text{ pg/m}^3$ ), PCB#118 ( $19,64 \text{ pg/m}^3$ ) izlemektedir (Şekil 4.58).



**Şekil 4.58.** Endüstriyel bölge atmosferik indikatör PCB tür ve seviyeleri

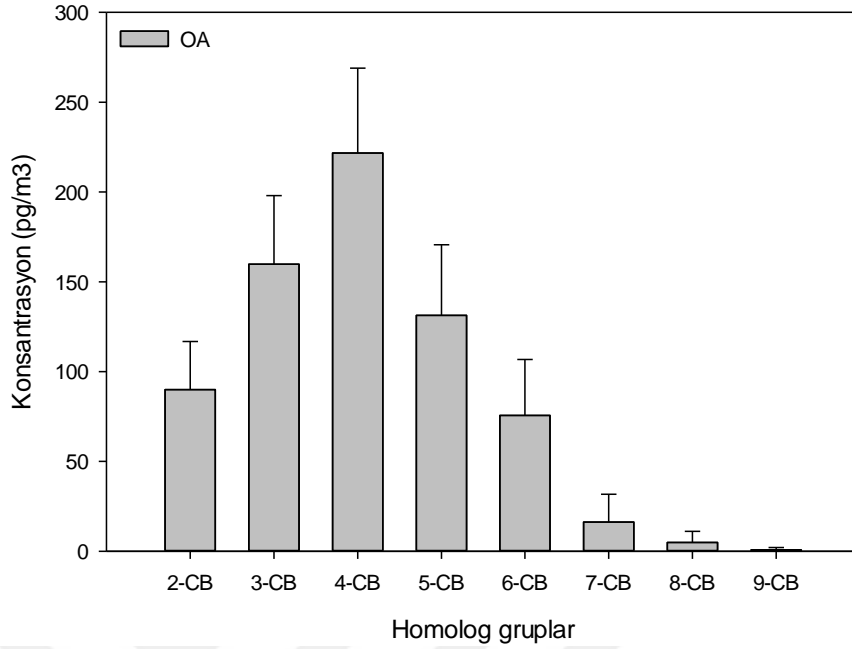
OA bölgesinde dioksin benzeri PCB'lerin ortalama konsantrasyonu  $49,09 \pm 16,36$   $\text{pg/m}^3$  olarak hesaplanmıştır. Bu türler toplam atmosferik konsantrasyonun %8,2'sini oluşturmaktadır. En yüksek sahip tür çifti PCB#118 ( $19,64 \text{ pg/m}^3$ ) ve PCB#81 ( $9,70 \text{ pg/m}^3$ ) olarak tespit edilmiştir. PCB#126 ve #167 hiçbir ayda tespit edilmemiştir. Bölgenin atmosferinde tespit edilen dl-PCB'ler Şekil 4.59'da gösterilmiştir.



**Şekil 4.59.** Endüstriyel bölge atmosferik dl-PCB tür ve seviyeleri

OA bölge atmosferinde elde edilen PCB türleri arasında genellikle düşük ve orta molekül ağırlığına sahip PCB'ler tespit edilmiştir (Şekil 4.60). 8-CB (%0,7) ve 9-CB'lere (%0,1) eser miktarlarda rastlanırken 4-CB'liler %31,3'lük oranla en yüksek oranda tespit edilen homolog grubu olmuştur. Bu grubu 3-CB'liler (%22,8), 5-CB'liler (%18,7), 2-CB'liler (%12,9) 6-CB'liler (%10,0) ve 7-CB'liler (%2,3) takip etmiştir.



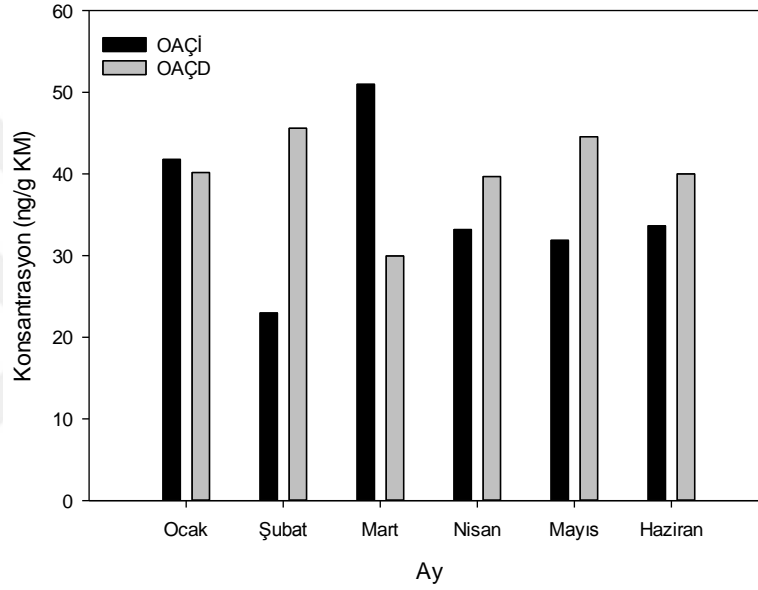


**Şekil 4.60.** Endüstriyel bölge atmosferik PCB homolog grup dağılımları

Birgül ve ark.'larının (2017) çalışmasında ise Demirtaş Organize Sanayi Bölgesi'nde yapılan çalışmada toplam konsantrasyon  $280 \pm 540$  pg/m<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir. Bölge atmosferinde 5-CB, 6-CB ve 7-CB'li homolog grupları baskın olarak çıkmıştır. Colombo ve ark.'larının (2013) endüstriyel bölgede gerçekleştirdiği örneklemeler sonucunda indikatör ve dl-PCB'lerin konsantrasyonunu sırasıyla  $340.6 \pm 169.8$  pg/m<sup>3</sup>  $363.3 \pm 176.1$  pg/m<sup>3</sup> olarak hesaplamışlardır (Colombo ve ark. 2013). İndikatör türlerin arasında en baskın türleri PCB#28 ve PCB#52 olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen ortalama konsantrasyon Birgül ve ark.'larının (2017) elde ettiklerine kıyasla 3,5 kat daha yüksek olarak bulunmuştur. Yapılan bu çalışmada 7-CB ve 8-CB'li homolog grupları oldukça düşük sonuçlar vermiştir ancak bu grupların birikiminde örnekleme bölgesinin özellikleri, meteorolojik parametreler, örnekleme periyotları, örnekleyici tipi önem arz etmektedir (Birgül ve Tasdemir 2012). Birgül ve ark.'larının (2017) yaptığı çalışmada PUF disklerin zaman aralıkları 51-70 gün aralığında değişim göstermişken bu çalışmada 30 günlük periyotlarda örnekleme yapılmıştır. Ayrıca literatür araştırmasında endüstriyel bölgelerde dl-PCB'lerde en yüksek çıkan iki tür genellikle PCB#118 ve PCB#105 olmaktadır (Colombo ve ark. 2013, Yoonki ve ark. 2014). Bu çalışmada PCB#118 en baskın PCB türü olarak tespit edilmiştir.

#### 4.5.2. Çam örnekleri

OA bölgesinde gerçekleştirilen örneklemede çam iğnelerindeki toplam konsantrasyon  $35,75 \pm 8,73$  ng/g KM olarak hesaplanmıştır. Dallarda ise toplam konsantrasyon  $40,00 \pm 5,05$  ng/g KM olarak tespit edilmiştir. Her iki bileşende de toplamda 49 tür görülmüştür. Bölgenin çam bileşenlerinin aylık konsantrasyon değişimi Şekil 4.61’de gösterilmiştir.

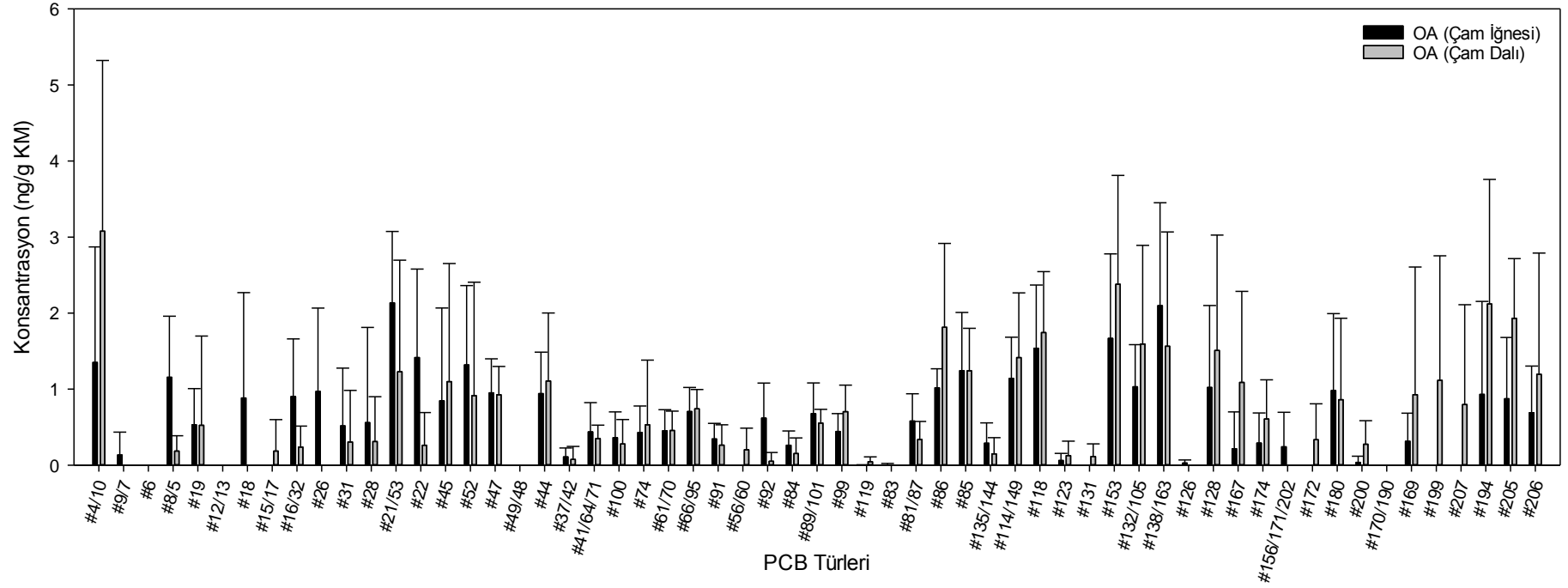


**Şekil 4.61.** Endüstriyel bölge çam ağacı bileşenlerinde PCB konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi

OA bölgesi çam iğnelerinde PCB#21/53 (2,13 ng/g KM), PCB#138/163 (2,10 ng/g KM), PCB#153 (1,67 ng/g KM), PCB#118 (1,54 ng/g KM), PCB#22 (1,42 ng/g KM) en yüksek konsantrasyona sahip beş tür olarak tespit edilmiş ve bu tür/çiftlerinin toplam konsantrasyonun %24,8’ini oluşturduğu görülmüştür. Dallarda ise PCB#4/10 (3,08 ng/g KM), PCB#153 (2,38 ng/g KM), PCB#194 (2,12 ng/g KM), PCB#205 (1,93 ng/g KM), PCB#86 (1,81 ng/g KM) en yüksek konsantrasyonlu beş tür olarak bulunmuş olup toplam ortalama dal konsantrasyonlarına oranı %28,3’tür (Şekil 4.62).

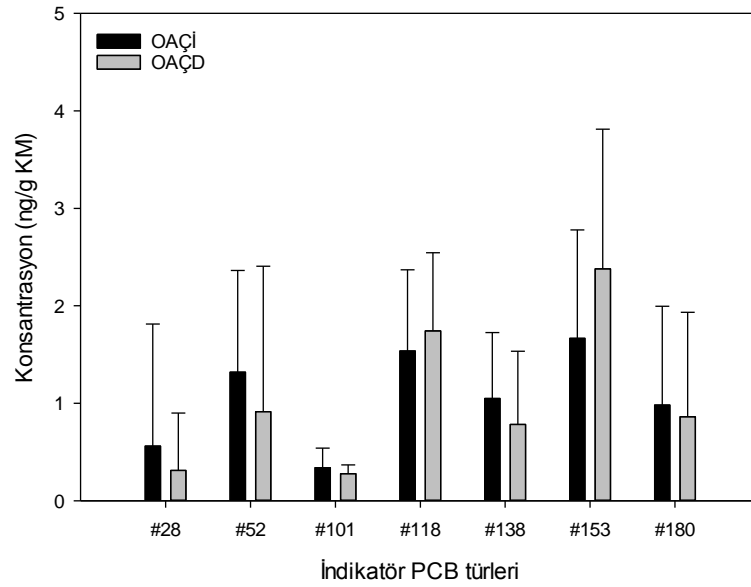


108



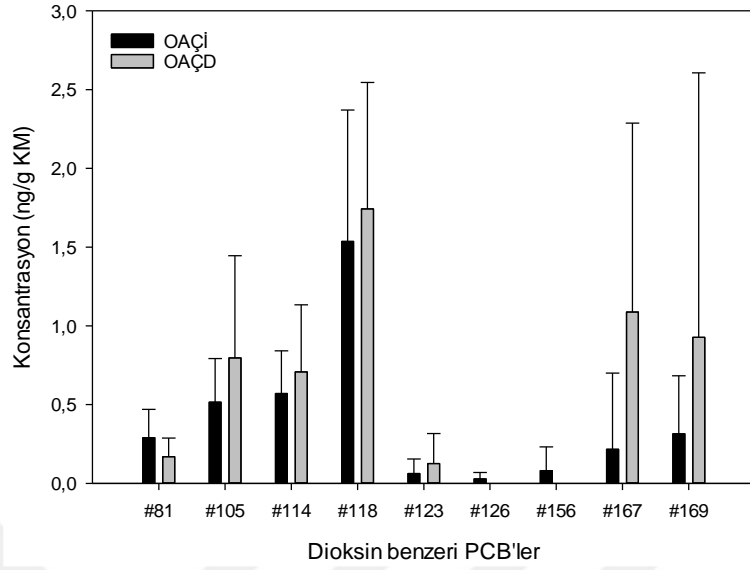
Şekil 4.62. Endüstriyel bölge çam bileşenlerinde görülen tür ve seviyeleri

OA bölgesi çam iğne ve dallarındaki indikatör PCB türlerin konsantrasyonu sırasıyla  $7,45 \pm 1,40$  ng/g KM ve  $7,26 \pm 2,36$  ng/g KM olarak tespit edilmiştir. İğnelerde indikatör PCB konsantrasyonları toplamın %20,8'sini oluştururken, dallarda %18,2'sini oluşturmaktadır. Çam iğne ve dallarında PCB#153 en yüksek konsantrasyonlu indikatör türü olarak tespit edilmiştir. Bölgedeki indikatör türlerin toplam ortalama konsantrasyonları Şekil 4.63'de gösterilmiştir.



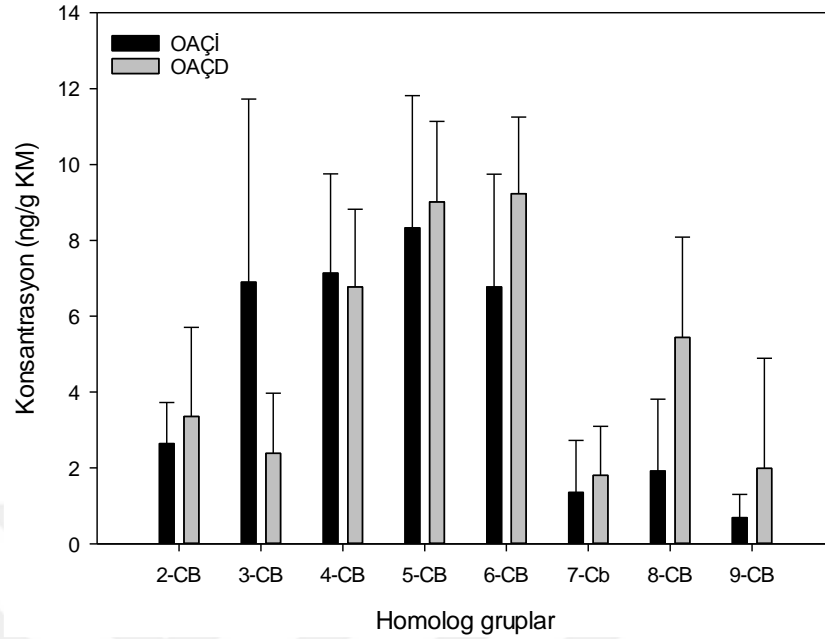
**Şekil 4.63.** Endüstriyel bölge çam bileşenlerindeki indikatör PCB tür ve seviyeleri

OA bölgesinde çam iğnelerinde örneklemede bakılan tüm dioksin benzeri türlere rastlanmış olup konsantrasyonu  $3,61 \pm 1,13$  ng/g KM olarak hesaplanmış ve toplam konsantrasyonun %10,1'ini oluşturduğu görülmüştür. Bölgedeki iğnelerde PCB#118  $1,53$  ng/g KM'lik konsantrasyon ile en yüksek konsantrasyonlu dioksin benzeri tür olarak tespit edilmiştir. Dallarda ise toplam ortalama konsantrasyon  $5,55 \pm 0,60$  ng/g KM olarak hesaplanmışken, dal konsantrasyonunun %13,9'una tekabül ettiği görülmüştür. En yüksek konsantrasyonlu tür PCB#118 ( $1,74$  ng/g KM) olarak tespit edilmişken PCB#126 ve 156'ya altı aylık örneklemede hiçbir ayda rastlanamamıştır. Bölgenin çam bileşenlerindeki dioksin benzeri tür konsantrasyonları Şekil 4.64'de gösterilmiştir.



**Şekil 4.64.** Endüstriyel bölge çam bileşenlerindeki dl-PCB tür ve seviyeleri

OA bölgesindeki çam iğne ve dallarındaki homolog grupların dağılımı Şekil 4.65’de gösterilmiştir. Çam iğnelerinde 5-CB’li homolog grupları baskın olarak bulunmuşken, oranı %23,3 olarak hesaplanmıştır. Dallarda ise 6-CB’li homolog grupları baskın bulunmuş olup toplam konsantrasyona oranı %23,1 olarak hesaplanmıştır. İğnelerde elden edilen verilere göre homolog gruplarının sıralanışı 4-CB>3-CB>6-CB>2-CB>8-CB>7-CB>9-CB>, dallarınki ise 5-CB>4-CB>8-CB>2-CB>3-CB>9-CB>7-CB şeklindedir.



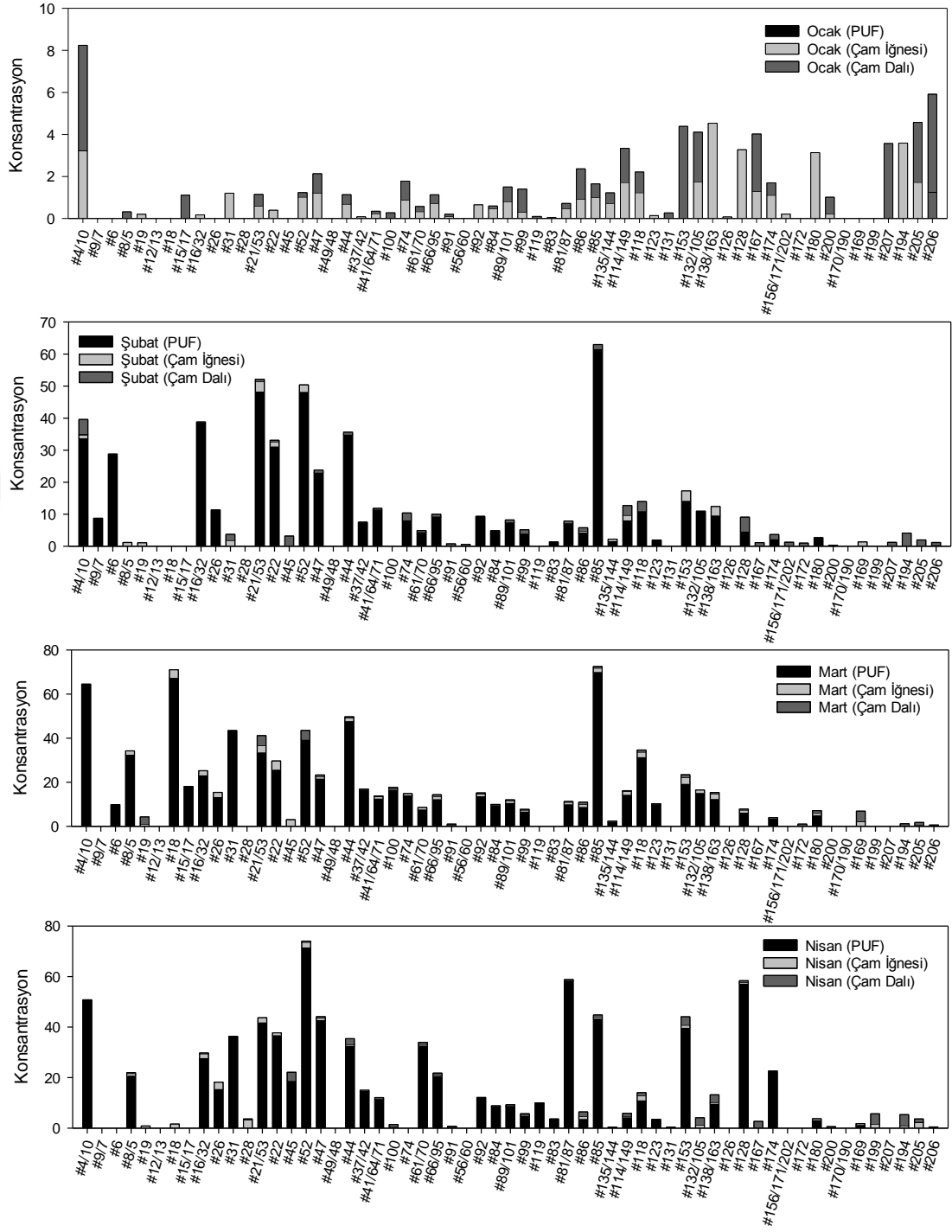
**Şekil 4.65.** Endüstriyel bölge çam bileşenlerindeki PCB homolog grup dağılımları

Grimalt ve van Drooge'un (2006) 2002 yılında çam iğneleri ile gerçekleştirdikleri örneklemede PCB#118 hariç altı indikatör türe bakmışlardır. Toplam ortalama konsantrasyonları 3,2 ng/g KM olarak tespit etmişlerken bu çalışmada PCB#118 dikkate alınmadığında konsantrasyon  $5,91 \pm 1,29$  ng/g KM olarak tespit edilmiş, Grimalt ve van Drooge'un çalışmasından daha yüksek sonuçlar tespit edilmiştir. Loganathan ve ark.'larının (2008) endüstriyel bölgede gerçekleştirdiği çalışmada benzer türler dikkate alındığında ortalama konsantrasyon bu çalışmada 12,0 ng/g KM olarak hesaplanmış ve 2,5 kat yüksek sonuç elde edilmiştir. Ayrıca endüstriyel bölgede gerçekleştirdikleri çalışmalarda elde edilen indikatör türlerin konsantrasyonu da bu çalışmaya kıyasla küçük kalmıştır. Loganathan ve ark.'ları yaptıkları çalışmada tehlikeli atık alanı bölgesinden de çam iğne numuneleri toplamıştır. Loganathan ve ark.'larının gerçekleştirdiği çalışmadaki ortak türler baz alınıp karşılaştırıldığında yaklaşık iki kat yüksek sonuçlar çıkmış ve konsantrasyonu 20,28 ng/g KM olarak hesaplanmış olup bu çalışmada 5-CB ve altındaki homolog gruplarının oranı %70 olarak tespit edilmiştir. Odabaşı ve ark.'larının (2015, 2016) 2010 ve 2011 yılında endüstriyel bölgede gerçekleştirdiği çalışmaya bakıldığında iğne ve dal numunelerinde konsantrasyonlar sırasıyla 2010 yılında 16,8 ng/g KM ve 3,3 ng/g KM, 2011 yılında 9,4 ng/g KM ve 4,5 ng/g KM olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada Odabaşı ve ark.'larının (2015) 2011 yılındaki çam iğneleri ve dallarında elde etikleri

konsantrasyonlardan daha yüksek sonuçlar bulunmuştur. Ayrıca yaptıkları çalışmada 2010 yılında iki yıllık iğnelerdeki konsantrasyonu 41 ng/g KM olarak tespit etmişlerken 2011 yılında 61,9 ng/g KM bulduklarını raporlamışlardır. Bu yapılan çalışmadaki çam iğnelerindeki konsantrasyonlar 2010 yılında iki yıllık çam numunelerinde gerçekleştirdikleri çalışmaya daha yakın sonuçlar verdiği görüşmüştür.

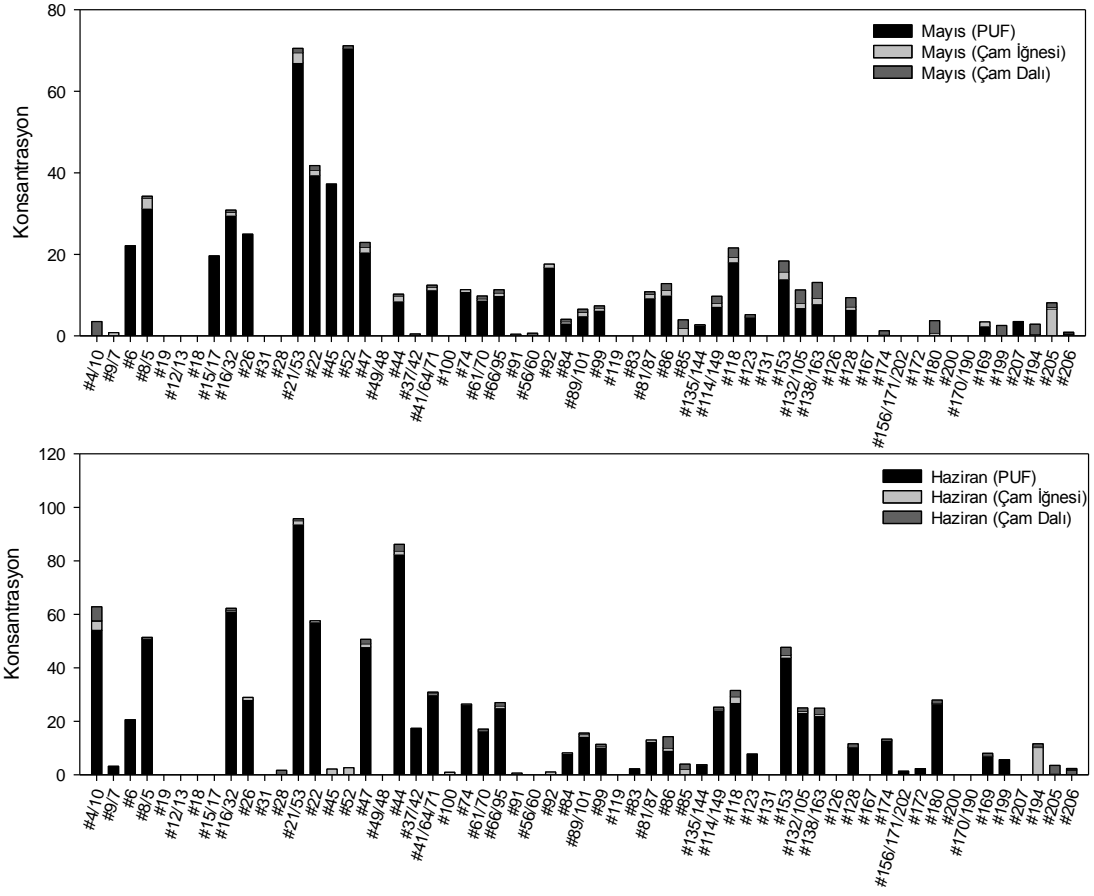
Şekil 4.66'da bölgede görülen türler ve seviyeleri grafiksel olarak ifade edilmiştir.





Şekil 4.66. Endüstriyel bölgede PCB tür konsantrasyonlarının aylık bazda gösterimi



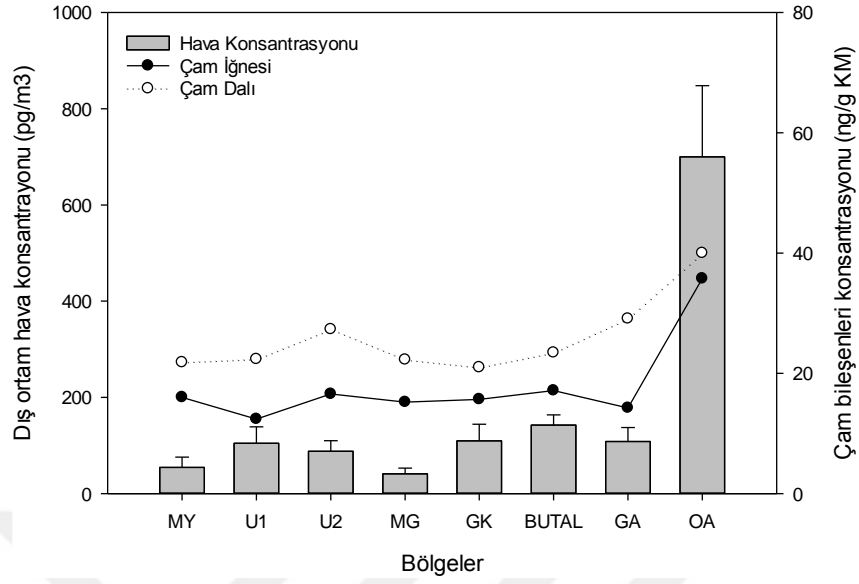


Şekil 4.66. Endüstriyel bölgede PCB tür konsantrasyonlarının aylık bazda gösterimi (devam)

#### 4.6. Örneklem Noktalarının Ortalama Konsantrasyonlarının Bölgesel ve Mevsimsel Olarak İncelenmesi

##### 4.6.1. Örneklem noktalarının ortalama konsantrasyonlarının bölgesel olarak incelenmesi

Şekil 4.67’de elde edilen atmosferik ve çam bileşenlerindeki toplam ortalama konsantrasyonları verilmiştir. Şekilde verilen çam ağacı konsantrasyonlarına U1 ve U2 bölgelerindeki iki yıllık dal ve iğneler, diğer bölgelerde örneklenmediği için dahil edilmemiş, yalnızca bir yıllık iğne ve dal numunelerinin toplamı alınmıştır. Şekil 4.70, Şekil 4.71 ve Şekil 4.72’de örneklemenin gerçekleştirildiği tüm bölgelere ait dış ortam ve çam bileşenlerindeki konsantrasyonlar aylık olarak ifade edilmiştir.



**Şekil 4.67.** Dış ortam ve çam bileşenlerinde elde edilen konsantrasyonlar

Bölge bazında bakıldığında atmosferik PCB konsantrasyonlarında en yüksek konsantrasyona OA bölgesinde ( $700,24 \pm 147,69 \text{ pg/m}^3$ ) rastlanmışken diğer noktalar BUTAL ( $142,47 \pm 21,12 \text{ pg/m}^3$ ) > GK ( $109,57 \pm 34,62 \text{ pg/m}^3$ ) > GA ( $108,15 \pm 29,18 \text{ pg/m}^3$ ) > U1 ( $104,68 \pm 34,06 \text{ pg/m}^3$ ) > U2 ( $87,90 \pm 22,07 \text{ pg/m}^3$ ) > MY ( $54,41 \pm 21,37 \text{ pg/m}^3$ ) > MG ( $40,97 \pm 11,93 \text{ pg/m}^3$ ) şeklinde sıralanmıştır. Çam ağaçlarındaki toplam ortalama konsantrasyonda da en yüksek değer OA ( $75,74 \text{ ng/g KM}$ ) bölgesinde hesaplanmış olup diğer bölgelerin sıralanışı MG ( $44,94 \text{ ng/g KM}$ ) > U2 ( $43,88 \text{ ng/g KM}$ ) > GA ( $43,30 \text{ ng/g KM}$ ) > BUTAL ( $40,54 \text{ ng/g KM}$ ) > MY ( $37,83 \text{ ng/g KM}$ ) > GK ( $36,62 \text{ ng/g KM}$ ) > U1 ( $34,71 \text{ ng/g KM}$ ) şeklindedir. Yalnızca Görükle kampüs bölgesindeki U1 ve U2 noktaları birbirlerine yakın konumda yer almaktadır. Bu konsantrasyonlara bakıldığında U1’de elde edilen atmosferik konsantrasyon U2’den 1.2 kat daha yüksektir. Görükle kampüsü yakınında Nilüfer Organize Sanayi Bölgesi yer almaktadır. Bu sanayi bölgesi U1 bölgesine 3,5 km mesafede yer almaktayken U2 bölgesine 6,5 km mesafede yer almaktadır. Ayrıca U1 bölgesi kampüs binalarına da daha yakın bir konumda yer almaktadır. Bu sebep ile bu bölgeden U1 noktasına taşınımın U2 bölgesine kıyasla daha yüksek olabileceği düşünülmektedir. Görükle kampüsü dışındaki noktalar birbirlerine yakın konumda bulunmadığından dolayı bölgeleri sınıflandırarak incelenmesi daha doğru olacaktır. Çizelge 4.1 ve 4.2’de dış ortam ve çam bileşenleri arasında elde edilen lineer regresyon  $R^2$  ve P değerleri verilmiştir.

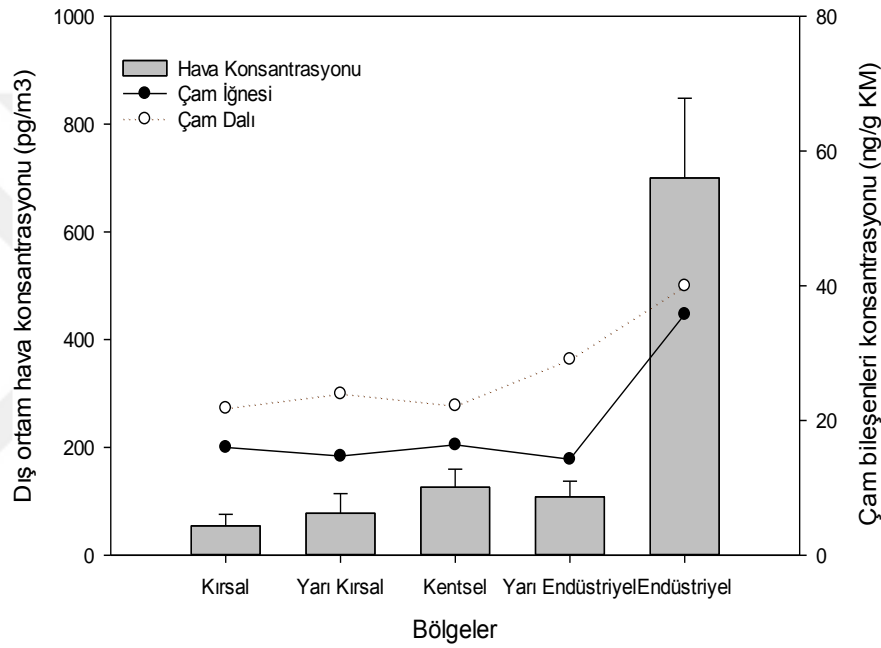
**Çizelge 4.1.** Dış ortam ile çam iğneleri arasındaki lineer regresyon  $R^2$  ve P değerleri

R <sup>2</sup> /P	U1 (İĞNE)		U2 (İĞNE)		MG (İĞNE)		MY (İĞNE)		GK (İĞNE)		OA (İĞNE)		GA (İĞNE)		BUTAL (İĞNE)	
U1 (PUF)	0,227 9	0,33 9	0,00043 5	0,96 9	0,022 4	0,77 7	0,0427 0,694		0,223 2	0,33 2	0,0080 6	0,586	0,00247 6	0,92 6	0,090 8	0,56 2
U2 (PUF)	0,046 1	0,68 3	0,0324	0,73 3	0,043 6	0,69 2	0,176 0,407		0,00024 1	0,97 7	0,0213 0,783		0,168	0,42	0,16	0,43
MG (PUF)	0,041 5	0,69 9	0,00014 4	0,98 2	0,222 5	0,34	0,137 0,469		0,039 8	0,70	0,0427 0,695		0,642	0,05 5	0,108	0,52 5
MY (PUF)	0,122 7	0,49 7	0,0114	0,84 1	0,115	0,51	0,0000 465	0,99	0,0434 2	0,69	0,0081 0,865		0,31	0,25 1	00,21 8	0,35 1
GK (PUF)	0,605 9	0,06 9	0,0248	0,76 6	0,073 6	0,60 3	0,161 0,430		0,393 3	0,18	0,0301 0,742		0,00000 908	0,99 5	0,014 1	0,82 3
OA (PUF)	0,642 5	0,05 5	0,106	0,52 8	0,409 1	0,17	0,0875 0,569		0,877 6	0,00	0,0026 0,923		0,246	0,31 7	0,39	0,18 5
GA (PUF)	0,749 6	0,02 6	0,101	0,54	0,812 4	0,01	0,0605 0,638		0,712 5	0,03	0,277 0,283		0,246	0,33 7	0,191	0,38 6
BUTAL (PUF)	0,106 0	0,53 0	0,0478	0,67 7	0,000 343	0,97 2	0,125 0,493		0,0009 5	0,95	0,0535 0,659		0,0686	0,61 6	0,018 5	0,79 7

**Çizelge 4.2.** Dış ortam ile çam dalları arasındaki lineer regresyon R<sup>2</sup> ve P değerleri

R <sup>2</sup> /P	U1 (DAL)		U2 (DAL)		MG (DAL)		MY (DAL)		GK (DAL)		OA (DAL)		GA (DAL)		BUTAL (DAL)	
U1 (PUF)	0,406	0,17	0,352	0,21	0,047	0,67	0,0136	0,826	0,107	0,52	0,112	0,518	0,644	0,05	0,112	0,51
		4		4	9	7				7				5		8
U2 (PUF)	0,0033	0,91	0,443	0,14	0,001	0,93	0,111	0,520	0,148	0,45	0,0667	0,621	0,031	0,73	0,009	0,85
	3	4		4	96	4				1				9	73	3
MG (PUF)	0,0845	0,57	0,0001	0,98	0,205	0,36	0,420	0,164	0,0215	0,78	0,190	0,388	0,288	0,33	0,197	0,37
		6	22	3		7				2				8		8
MY (PUF)	0,107	0,36	0,0428	0,69	0,089	0,565	0,279	0,282	0,268	0,29	0,0000	0,986	0,129	0,48	0,052	0,66
		4		4	3					3	841			5	5	2
GK (PUF)	0,269	0,29	0,0255	0,76	0,000	0,97	0,0289	0,748	0,403	0,17	0,0365	0,717	0,505	0,11	0,197	0,37
		2		3	23	7				6				4		8
OA (PUF)	0,0112	0,84	0,184	0,39	0,244	0,31	0,0462	0,683	0,479	0,12	0,0867	0,571	0,319	0,24	0,005	0,88
		2		7		9				8				3	86	5
GA (PUF)	0,240	0,32	0,263	0,29	0,411	0,17	0,0159	0,812	0,172	0,41	0,0887	0,556	0,0505	0,66	0,017	0,80
		4		8		0				4				9	4	3
BUTAL (PUF)	0,0267	0,75	0,0051	0,89	0,014	0,82	0,0056	0,887	0,00502	0,89	0,255	0,307	0,00028	0,97	0,135	0,47
		7	7	2		3	5			4			4	5		3

Örneklemenin yapıldığı bölgeler kırsal (MY: Mudanya Yörükali), yarı-kırsal (U1: Uludağ Üniversitesi Kampüsü 1.Bölge, U2: Uludağ Üniversitesi Kampüsü 2. Bölge, MG: Mudanya Güzelyalı), kentsel (GK: Uludağ Üniversitesi Gemlik Kampüsü, BUTAL: Bursa Test ve Analiz Laboratuvarı), yarı endüstriyel (GA: Gemlik Atatepe) ve endüstriyel (OA: Orhangazi) olmak üzere beş farklı özelliğe sahip olacak şekilde seçilmiştir. Bu sınıflandırmaya göre elde edilen atmosfer ve çam bileşenleri örneklerinde elde edilen konsantrasyonlar Şekil 4.68’de verilmiştir.

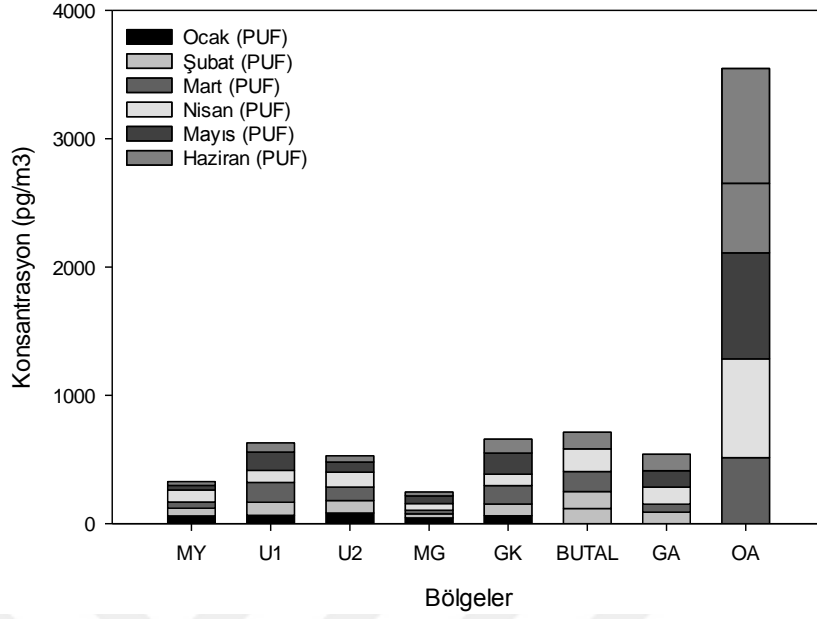


**Şekil 4.68.** Bölgesel özelliklere göre konsantrasyonların dağılımı

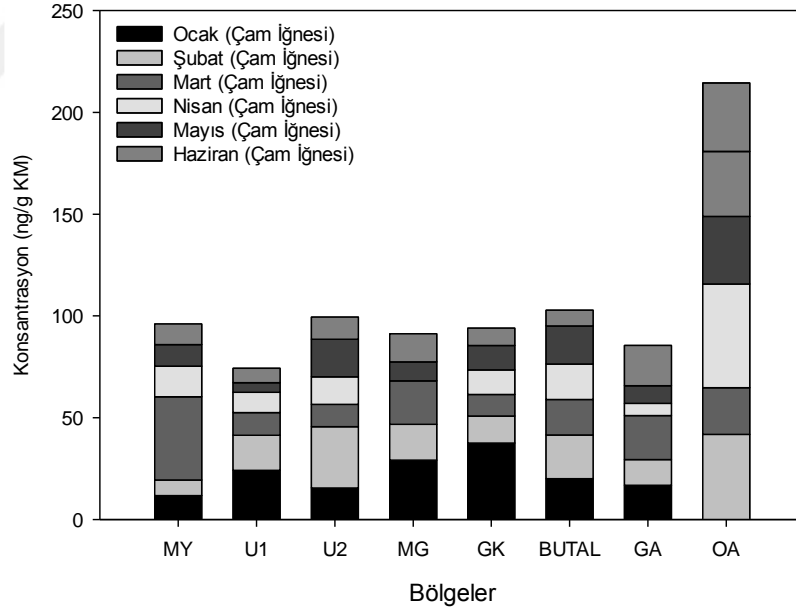
Seçilen örnekleme noktaları özelliklerine göre sınıflandırıldığında dış ortam konsantrasyonlarında sıralama kırsal<yarı kırsal<yarı endüstriyel<kentsel< endüstriyel olmuşken çam bileşenleri toplamında kırsal<kentsel<yarı kırsal<yarı endüstriyel<endüstriyel olmuştur. Her iki örnekleme çalışmasında endüstriyel bölgeler yüksek konsantrasyonlarda bulunmuştur. Endüstriyel bölge olarak seçilen örnekleme noktasının yakınında yerel bir kaynak olan demir-çelik fabrikası bulunmaktadır. Nitekim literatürde çelik fabrikasının yakınlarında yapılan örneklemelemlerde de yüksek konsantrasyonlar elde edilmiştir (Odabasi ve ark. 2009, Aydın ve ark. 2014). Özellikle 2009 yılında Odabaşı ve ark.’larının İzmir Aliağa bölgesinde yaptığı çalışmada 41 türe bakılmış ve 136,000 pg/m<sup>3</sup>’lük konsantrasyon elde edilmiştir. Bu durum da endüstriyel

bölgelerdeki PCB konsantrasyonlarının oldukça yüksek çıkabildiğini göstermektedir. 2011'de Çin'de yapılan başka bir çalışmada ise toplamda 19 PCB türüne bakılmış ve 108 pg/m<sup>3</sup>'lük bir konsantrasyon tespit etmişlerdir (Wang ve ark. 2016). Yapılan bu çalışmada toplamda 82 türe bakıldığından literatüre göre bu kadar yüksek çıkmış olması makuldür. Çam bileşenlerinde de endüstriyel bölgelerdeki konsantrasyonların diğer bölgelere kıyasla yüksek çıktığı literatürdeki çalışmalar ile desteklenmiştir (Loganathan ve ark. 2008, Al Dine ve ark. 2015, Holt ve ark. 2016, Odabasi ve ark. 2016). Çam bileşenlerinde kentsel bölgedeki konsantrasyon, yarı bölgeye kıyasla daha düşük çıkmış olup kırsal bölgede ölçülen konsantrasyonlara oldukça yakın sonuçlar bulunmuştur. Bunun sebebi olarak bu bölgedeki seçilen çam cinsinin diğer iki bölgedeki çam cinsinden farklı olmasına bağlanabilir. Nitekim kalıcı organik kirleticilerin bitki bünyesine alınmasına bitki türünün de (yüzey alanın ve lipid içeriğinin değişiklik göstermesinden dolayı) etkisi bulunmaktadır (Simonich ve Hites 1995).

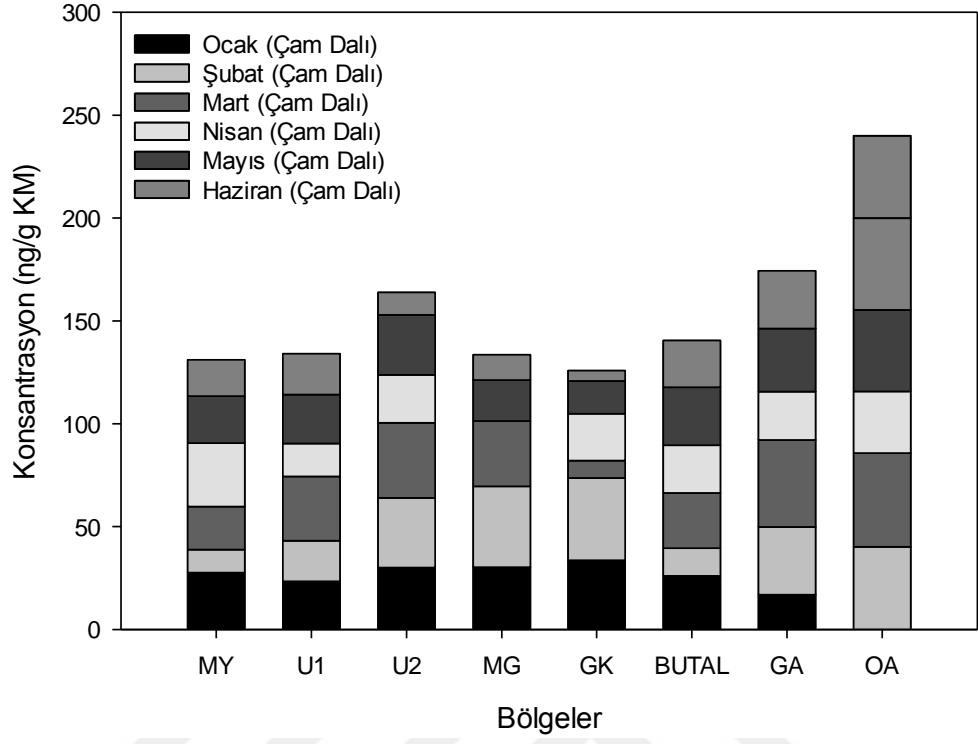
Atmosferik PCB konsantrasyonlarında kentsel bölgenin yarı endüstriyel bölgeden daha yüksek çıktığı görülmektedir. Kentsel bölge olarak seçilen GK ve BUTAL bölgesi aktif trafiğin bulunduğu iki bölgedir. GK bölgesi Bursa Yalova yoluna yaklaşık 30 metrelik bir mesafede bulunmasına karşın 50 metre daha alçakta yer almaktadır. BUTAL bölgesi ise Ankara yolu ile aynı seviyede ve yolun birkaç metre yakınındaki 2-3 metrelik bir platformun üzerinde yer almaktadır. Bu sebep ile BUTAL bölgesi trafik ile direkt temas halindeyken GK bölgesinin trafiğe olan mesafe az olsa da bölgenin coğrafik özelliklerinden dolayı direkt teması yoktur. Literatürde 2000 yılında gerçekleştirilen bir çalışmada buji ateşlemeli motorların PCB kaynağı olabileceğine değinilmiştir (Broz ve ark. 2000). GK ve BUTAL bölgesinin trafiğe olan şartları göz önüne alındığında BUTAL bölgesinde, GK bölgesinden daha yüksek konsantrasyonlar bulunmuş olmasının sebebi olarak gösterilebilir. Ayrıca GK bölgesindeki konsantrasyonlar GA bölgesindeki konsantrasyonlara yakın olarak bulunmuştur ancak BUTAL bölgesinin GA bölgesine göre daha yüksek konsantrasyona sahiptir. Kentsel bölgedeki dış ortam PCB konsantrasyonunun, yarı endüstriyel bölgedeki PCB konsantrasyonundan fazla olmasının sebebi de bu durumdur. Kırsal ve yarı kırsal olarak seçilen bölgelerinin yakınında noktasal kaynaklarının bulunamaması düşük konsantrasyon değerlerinin bulunmasının sebebi olarak gösterilebilir. Örneklemede elde edilen konsantrasyonlar Şekil 4.69, Şekil 4.70 ve Şekil 4.71'de verilmiştir.



Şekil 4.69. Dış ortamda ölçülen konsantrasyonların aylık seviyeleri



Şekil 4.70. Çam iğnelerinde ölçülen konsantrasyonların aylık seviyeler

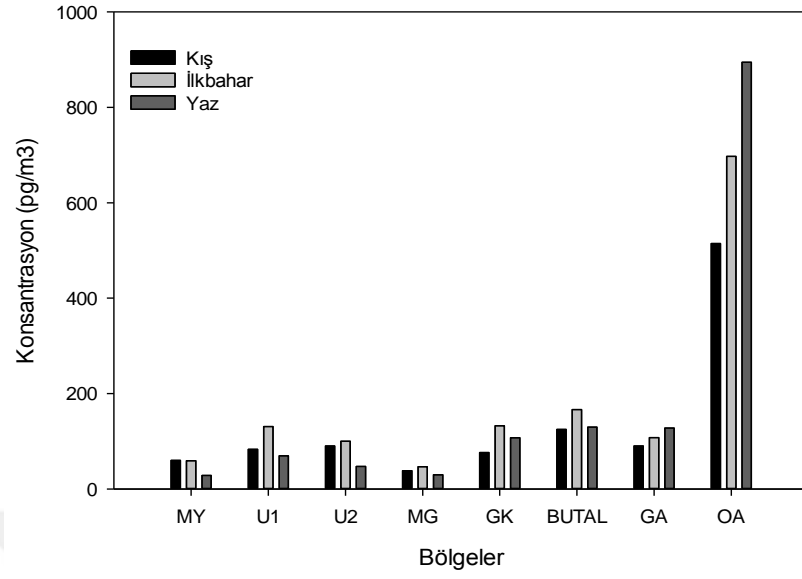


Şekil 4.71. Çam dallarında ölçülen konsantrasyonların aylık seviyeleri

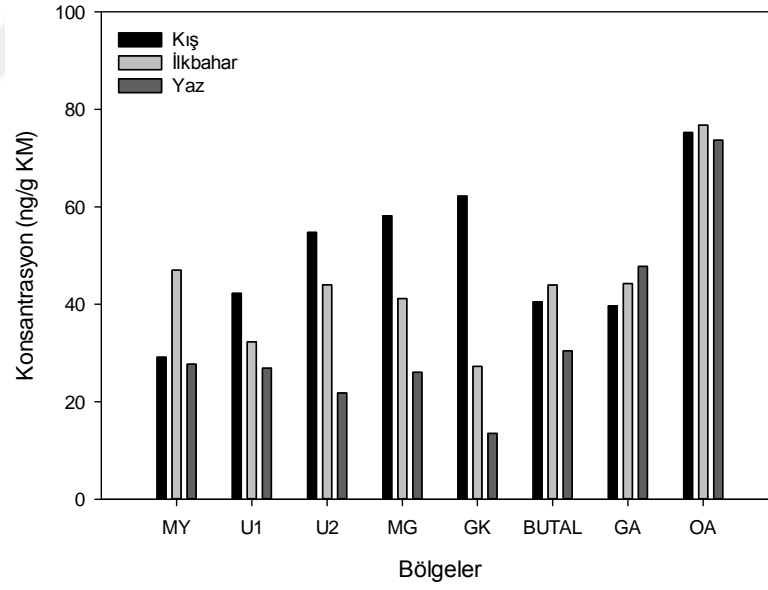


#### 4.6.2. Örnekleme noktalarının mevsimsel olarak incelenmesi

Örnekleme noktasal endüstriyel kaynakların bulunduğu OA ve GA bölgeleri ve trafiğin yoğun olduğu BUTAL bölgesi ve coğrafi şartlarından dolayı kısmen trafik emisyonuna maruz kalan GK bölgeleri haricinde tüm bölgelerde mevsimsel bir trend görülmemiştir. Literatürdeki bazı çalışmalarda da kışın yazdan daha yüksek çıkan çalışmalar ile de karşılaşılmıştır (Li ve ark. 2011, Meire ve ark. 2012). Ancak kaynakların olmadığı bölgelerde sıcaklık artışına bağlı olarak artmasıdır. (Motelay-Massei ve ark. 2005, Baek ve ark. 2010). Kar yağışı sebebiyle çökme ile birlikte PCB konsantrasyonlarında artış da meydana gelebilmektedir (Daly ve Wania 2004). OA, GA bölgelerinde kış mevsiminde düşük konsantrasyonlar elde edilmişken, sıcaklık arttıkça konsantrasyonlarda yükseliş göstermiştir. Kış aylarında bu bölgedeki endüstrilerin üretimleri düşmüş ve dolayısıyla atmosfere verdikleri emisyonlarda azalma olmuş olabilir. Bu durum konsantrasyonların diğer bölgelere kıyasla artmasının sebebi olarak görülebilir. Çam bileşenlerinde ise en yüksek konsantrasyonlara neredeyse tüm bölgelerde kış mevsiminde rastlanmışken, en düşük konsantrasyon yaz mevsiminde tespit edilmiştir. Noktasal kaynakların bulunduğu OA ve GA bölgesindeki konsantrasyonlar ise her mevsimde yaklaşık birbirlerine yakın olarak tespit edilmişlerdir. Atmosferik ve çam bileşenlerindeki konsantrasyonların şekilsel gösterimi sırasıyla Şekil 4.72 ve 4.73’de verilmiştir.



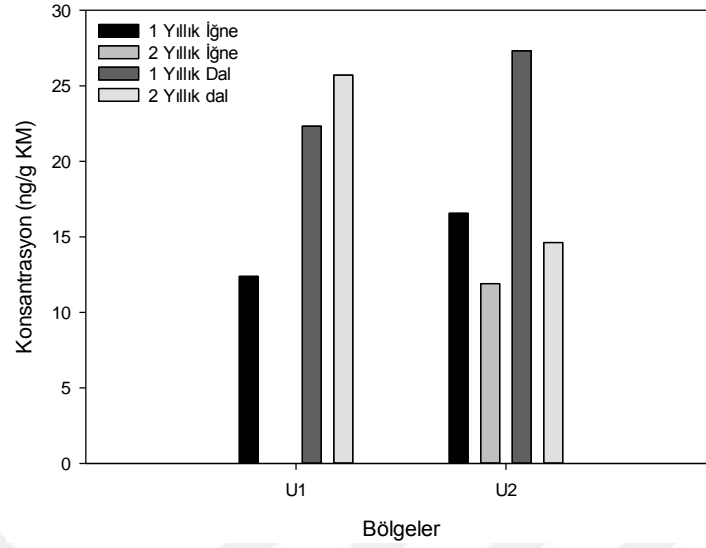
Şekil 4.72. Dış havadaki PCB konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi



Şekil 4.73. Çam bileşenlerindeki PCB konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

#### 4.7. am Bileşenlerinin Karşılaştırılması

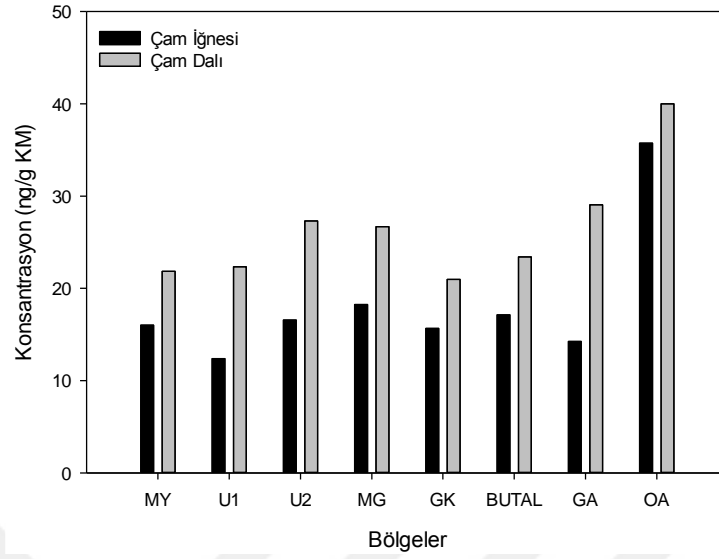
U1 ve U2 bölgelerindeki bir ve iki yıllık am iğne ve dalların konsantrasyonları Şekil 4.75’de verilmiştir. U1 bölgesinde 2 yıllık dalların konsantrasyonu 1 yıllıklardan daha yüksek bulunmuştur. U2 bölgesinde hem iğnelerde hem de dallarda bir yıllıkların konsantrasyonu daha yüksek çıkmıştır. İki yıllık am bileşenlerinin atmosfer ile daha uzun süre temas etmesinden dolayı, daha fazla kirletici birikimi gerçekleşeceği düşünülmektedir. Nitekim literatürdeki çalışmalarda bu durumu desteklemektedir (Kozul ve Romanic 2008, Odabasi ve ark. 2016). Kozul ve Romanic’in (2008) 2006 yılında gerçekleştirdikleri örneklemede PCB#28, 52 ve 153 ve 138 türlerinin bir yıllık iğnelerde daha yüksek çıkmış ancak toplamda 20 türe baktıklarından dolayı 2 yıllık iğnelerdeki birikim daha yüksek olarak tespit edilmiştir (Kozul ve Romanic 2008). Bu çalışmada da toplamda 82 türe bakıldığından dolayı tür bazında birikim irdelenmesinin daha anlamlı sonuçlar vereceği düşünülmüştür. Nitekim 1998 yılında Zagreb’de gerçekleştirilen başka bir çalışmada bir ve iki yıllık am iğne numunelerinde PCB#28, 52, 101, 138, 153, 180 türlerine bakılmış ve toplam ortalama konsantrasyonlar 1 yıllıklarda 4,93 ng/g KM olarak tespit edilmişken, 2 yıllık iğnelerde 8,82 ng/g KM olarak bulunmuştur (Romanic ve Krauthacker 2007). Bu çalışmada da benzer türler dikkate alındığında U2 bölgesindeki 1 yıllık iğnelerdeki konsantrasyon 1,98 ng/g KM olarak tespit edilmişken 2 yıllıklarda 3,32 ng/g KM olarak hesaplanmıştır. Bu sebep ile am bileşenlerindeki indikatör türler üzerinden bir ve iki yıllık am bileşenlerinin karşılaştırılması daha sağlıklı sonuçlar vereceği düşünülmüştür. U1 bölgesindeki bir ve iki yıllık dal numunelerinin indikatör türlerin konsantrasyonlarında iki yıllıklar daha ağır basmaktayken, U2 bölgesinde 1 yıllıklardaki indikatör türleri daha yüksek çıkmıştır. Ancak bu bölgedeki indikatör türlerin toplam konsantrasyonlara oranı iki yıllık bileşenlerde daha yüksek bulunmuştur (U2 bir ve iki yıllık iğne oranı sırasıyla %16,13 ve %21,03; bir ve iki yıllık dal oranı sırasıyla %15,97 ve %17,46).



**Şekil 4.74.** Bir ve iki yıllık çam bileşenlerinin konsantrasyonları

İndikatör türlerden olan PCB#101, #138 ve #153 aroclor 1254 ve 1260 için indikatör tür olarak kullanılmakta ve bunlar elektrik transformatörlerinde, kondansatörlerde, pestisit katkı maddelerinde, hidrolik sıvılarında kullanılmaktadır (Loganathan ve ark. 2008). Bu türlerin atmosferde ya da çam bileşenlerinde tespit edilmesinin sebebi bölgede kullanılan eski elektrik transformatörleri ve kondansatörlerin katkısı olabilir. İki yıllık dal numuneleri ile bir yıllık numuneler karşılaştırıldığında bu türlerin iki yıllıklarda daha fazla birikim gösterdiği görülmüştür. Ayrıca OA ve GA haricindeki tüm bölgelerde bir yıllık iğnelerde, bir yıllık dallara kıyasla daha yüksek konsantrasyonlara rastlanmıştır. OA ve GA'nın noktasal kaynaklara yakın olmasının bu sonucu etkilediği düşünülmektedir.

Literatürde çam iğne numunelerinde elde edilen konsantrasyonlar, dal numunelerinde elde edilenlerden daha yüksek bulunmuştur (Odabasi ve ark. 2015, Odabasi ve ark. 2016). Bu çalışmada ise tüm bölgelerde dal konsantrasyonları, iğne konsantrasyonlarından daha yüksek olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.76).

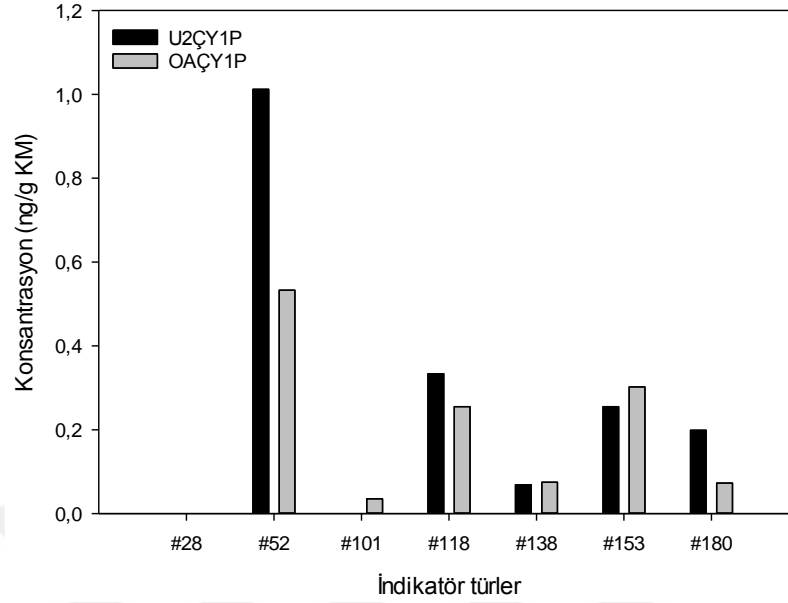


**Şekil 4.75.** Çam iğne ve dal konsantrasyonlarının karşılaştırılması

Çam iğne ve dal bileşenlerinde elde edilen ortalama lipid içerikleri sırasıyla U1 için  $3,34 \pm 1,23$  ve  $3,41 \pm 0,49$ , U2 için  $2,76 \pm 0,25$  ve  $2,79 \pm 1,05$ , GK için  $2,37 \pm 1,44$  ve  $3,26 \pm 1,03$  olarak tespit edilmiştir. Bu bölgelerde dalların lipid içeriklerinin iğnelere kıyasla daha yüksek kaldığı gözle çarpılmaktadır. Dal konsantrasyonların iğnelere göre daha yüksek çıkmasının sebeplerinden bu lipid içeriği değerlerinin değişmesi olarak görülebilir. Nitekim Odabaşı ve ark.'larının (2015, 2016) gerçekleştirdiği çalışmada çam iğne lipid içerikleri dallarından daha yüksek bulunmuştur (Odabasi ve ark. 2015, Odabasi ve ark. 2016).

#### 4.8. Partikül Faz

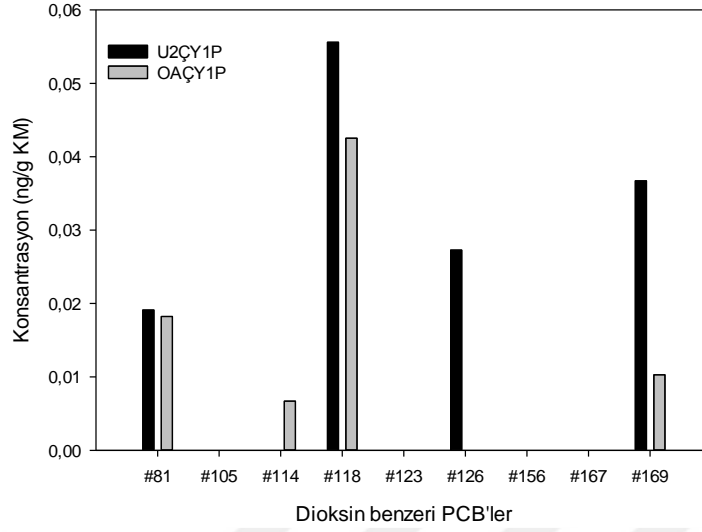
Bu çalışmada çam iğnelerinin partikül fazda tuttuğu PCB birikimini belirleyebilmek amacıyla iğneler, bir peçete yardımıyla fazla bastırılmadan silinmiş ve analiz edilmiştir. Yalnızca U2 ve OA bölgelerinde bir yıllık iğneler üzerinde gerçekleştirilmiş olan bu çalışma da sırasıyla  $7,25$  ng/g KM ve  $5,08$  ng/g KM'lik konsantrasyonlar elde edilmiştir. Elde edilen bu konsantrasyonlar toplam bir yıllık iğne konsantrasyonlarının U2 bölgesinde %24,1'ünü oluştururken OA bölgesinde %22,1'ini oluşturmaktadır. Partikül fazdaki indikatör tür konsantrasyonları U2 bölgesinde  $1,87$  ng/g KM olarak hesaplanmışken OA bölgesinde  $1,27$  ng/g KM olarak hesaplanmıştır. İki bölgede yapılan çalışmada görülen indikatör türler Şekil 4.76'da verilmiştir.



**Şekil 4.76.** Partikül fazda görülen indikatör PCB türleri ve seviyeleri

Grafikte de görüldüğü üzere PCB#52 her iki bölgede de en baskın tür olarak tespit edilmiştir. PCB#101'e yalnızca OA bölgesinde rastlanmıştır. U2 bölgesinde Şubat ayında çam iğneleri kullanılarak gerçekleştirilen örneklemede PCB#180 toplam indikatör konsantrasyonunun %4'ünü oluşturuyorken peçetelerde bu oran %10, OA bölgesinde ise Şubat ayında çam iğnelerinde PCB#180'e rastlanmamışken peçetede toplamın %5'ini oluşturulduğu görülmüştür.

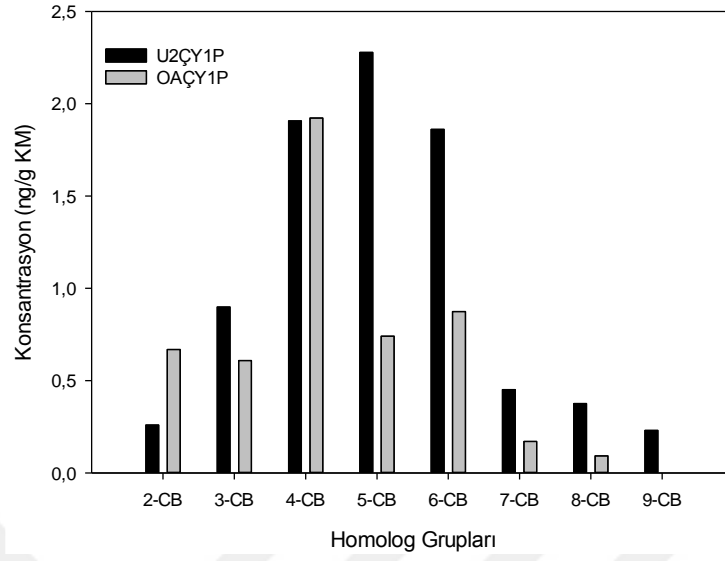
dl-PCB'lerin konsantrasyonu U2 bölgesinde peçete numunelerinde 0,83 ng/g KM olarak tespit edilmiş olup en baskın tür PCB#118'den sonra PCB#169 olarak tespit edilmiştir. OA bölgesinde ise toplam dl-PCB'lerin konsantrasyonu 0,47 ng/g KM olarak tespit edilmiş, en baskın tür PCB#118'den sonra PCB#81 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.77).



**Şekil 4.77.** Partikül fazdaki dl-PCB'ler ve seviyeleri

U2 bölgesinde peçeteler ile gerçekleştirilen çalışmada partikül fazdaki çalışmada PCB#169'un konsantrasyonu, iğneler ile gerçekleştirilen çalışmaya kıyasla iki kat daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Peçetelerde görülen dl-PCB türleri sayısı daha az kalmış ancak toplama oranları yaklaşık ikisinin de %10 olarak tespit edilmiştir. OA bölgesinde ise PCB#81'in konsantrasyonu peçeteler ile gerçekleştirilen çalışmada iğnelere kıyasla yaklaşık altı kat yüksek bulunmuştur.

Partikül fazda elde edilen türler homolog bazda incelendiğinde U1 bölgesindeki çam bileşenlerinde olduğu gibi 5-CB'ler en baskın homolog grupları olurken 9-CB'lerin düşük konsantrasyonları homolog grupları olmuştur. Bu bölgede partikül fazdaki değerlerde 6-CB'lilerin oranı iğnelere kıyasla iki kat daha yüksek bulunmuşken, 2-CB'liler üçte bir oranında tespit edilebilmiştir. OA bölgesinde ise partikül fazda 4-CB'liler baskın tür olarak tespit edilebilmişken 9-CB'liler tespit edilememiştir. 6-CB'liler oranı ise iğnede tespit edilen orana yaklaşık olarak benzer bulunmuştur. U2 bölgesinde 6,7,8 ve 9-CB'lilerin oranı %35 olarak tespit edilebilmiş ve iğnelere kıyasla daha yüksek bulunmuştur fakat OA bölgesinde bu homolog grupları iğnelerde daha yüksek olarak tespit edilmiştir. OA bölgesinde partikül fazda 4-CB'lilerin oranı iğnelere kıyasla 1,5 kat daha fazla bulunmuştur. Şekil 4.78'de iki bölgede görülen homolog grupların grafiksel gösterilmiştir.



**Şekil 4.78.** Partikül fazdaki elde edilen konsantrasyonların homolog dağılımları



## 5. SONUÇ

Bu çalışma, Ocak 2016 ile Haziran 2016 tarihleri arasında Bursa'da kırsal, yarı kırsal, kentsel, yarı-endüstriyel ve endüstriyel bölgelerden toplanan dış ortam ve çam bileşenleri örneklerinde PCB'lerin analizi ile gerçekleştirilmiştir.

PUF diskler, çam bileşenleri ile karşılaştırıldığında birçok bölgede hafif türleri yakalamada daha başarılı olmuştur. Çam bileşenlerinde PCB'lerin bitki bünyesine alınmasında çevresel etkenler daha baskın durumdayken pasif ya da aktif örnekleyciler ile gerçekleştirilen çalışmalarda örnekleme ortamı büyük oranda rüzgar, yağmur veya UV'ye karşı korunaklıdır. Bu sebep ile çam iğneleri doğal olaylara doğrudan maruz kalmaktadır. PCB'ler UV ışığı ile fotodegradasyona uğramaktadırlar. Düşük moleküllü PCB türleri ise ağır türlere göre göre daha etkin bir şekilde fotodegradasyona uğramaktadırlar (Chang ve ark. 2003, Barber ve ark. 2004).

PUF disklerde elde edilen konsantrasyonlar zamana bağlı bir değişim göstermemiştir. Bu çalışmada örnekleme katsayısı tüm bölge ve aylarda (R)  $3,5 \text{ m}^3$  olarak kabul edilmiştir. Bölgeler sınıflarına göre ayrılarak incelendiğinde en yüksek konsantrasyonlar hem atmosferik hem de çam bileşenlerinde endüstriyel bölgede görülmüşken, en düşük konsantrasyonlar kırsal bölgelerde görülmüştür. Atmosferik PCB konsantrasyonunun kentsel bölge olarak nitelendirilmiş GK ve BUTAL bölgelerinde fark göstermesi ( $109,57 \pm 34,62 \text{ pg/m}^3$ ;  $142,48 \pm 21,12 \text{ pg/m}^3$ ) iki bölgenin trafik ile olan etkileşimlerinden kaynaklanmıştır. Kırsal ve yarı kırsal bölgelerde PCB konsantrasyonunun yüksek çıkmasının sebebi çevrede zeytin dalarının yakılması sebebiyle bitki bünyesindeki PCB'lerin atmosfere geçmesi olabilir. Çam bileşenleri kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada elde edilen veriler endüstriyel bölge haricinde diğer bölgelerde birbirlerine oldukça yakın sonuçlar vermiş, genellikle kış aylarında en yüksek konsantrasyon değerleri elde edilmiştir. Kirleticilerin bitki bünyesine alımında ortam sıcaklığı, toprağın organik içeriği ve bitki türü gibi çevresel şartlara göre değişkenlik göstermektedir (Simonich ve Hites 1995). Farklı bitki türleri kirleticileri atmosferden farklı oranlarda bünyesine alabilmektedir (Komp ve McLachlan 2000). Aynı türün bitkilerinde bile yaşam alanlarına bağlı olarak farklı büyüme oranları ve farklı lipid içerikleri bulunması muhtemeldir. Endüstriyel bölge dışındaki diğer bölgelerin sonuçlarının birbirlerine yakın

çıkması bu sebeplerden olabilir. Bu nedenle çam ağaçlarındaki birikimin incelenmek istendiğinde, toprak örneklerinin de çam bileşenleri ile paralel toplanması bilgilerin daha sağlıklı olarak incelenmesini sağlayabilir.

Bölgelere homolog bazda bakıldığında PUF disklerde genellikle ağır türlerin oranları (%10-%29) çam bileşenlerine kıyasla (%26-%38) daha düşük olarak tespit edilmişlerdir. Nitekim PUF diskler gaz fazındaki kirleticileri tutmada daha başarılıyken, ağır türler çam bileşenlerinde daha fazla tutulmaktadır. Ayrıca bu çalışma kapsamında çam iğnelerinde birikim gösteren partiküller bir peçete yardımıyla toplanmış ve analiz edilmişlerdir. Bu numunelerde 9-CB'li türler genellikle en düşük oranı oluşturmakta olduğu görülmüştür. U2 bölgesinde çam iğnelerinde hafif türleri içeren homolog grupları %47'lik orana sahipken peçete numunelerinde bu oran %37 olarak tespit edilmiş, ağır türleri içeren homolog grupları ise çam iğnelerindeki oranı %30 iken peçete numunelerinde %35 olarak tespit edilmiştir. OA bölgesinde ise çam iğnelerinde ağır türler daha baskın olarak elde edilmişken (%30 iğne, %22 peçete) peçete numunelerinde hafif türler baskın homolog grubu olarak tespit edilmiştir (%46 iğne, %63 peçete).

## KAYNAKLAR

- Anonim, 2016.** Polychlorinated Biphenyls And Polybrominated Biphenyls Volume 107. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol107/mono107.pdf> (Erişim tarihi: 22.06.2017)
- Al Dine, E.J., Mokbel, H., Elmoll, A., Massemin, S., Vuilleumier, S., Toufaily, J., Hanieh, T., Millet, M. 2015.** Concomitant evaluation of atmospheric levels of polychlorinated biphenyls, organochlorine pesticides, and polycyclic aromatic hydrocarbons in Strasbourg (France) using pine needle passive samplers. *Environ Sci Pollut R*, 22 (22): 17850-17859.
- Arimoto, R. 1989.** Atmospheric Deposition of Chemical Contaminants to the Great-Lakes. *J Great Lakes Res*, 15 (2): 339-356.
- Asher, B.J., Ross, M.S., Wong, C.S. 2012.** Tracking chiral polychlorinated biphenyl sources near a hazardous waste incinerator: Fresh emissions or weathered revolatilization? *Environ Toxicol Chem*, 31 (7): 1453-1460.
- Astoviza, M.J., Cappelletti, N., Bilos, C., Migoya, M.C., Colombo, J.C. 2016.** Airborne PCB patterns and urban scale in the Southern Rio de la Plata Basin, Argentina. *Sci Total Environ*, 572 16-22.
- Aydin, Y.M., Kara, M., Dumanoglu, Y., Odabasi, M., Elbir, T. 2014.** Source apportionment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in ambient air of an industrial region in Turkey. *Atmospheric Environment*, 97 271-285.
- Babut, M., Miege, C., Villeneuve, B., Abarnou, A., Duchemin, J., Marchand, P., Narbonne, J.F. 2009.** Correlations between dioxin-like and indicators PCBs: Potential consequences for environmental studies involving fish or sediment. *Environ Pollut*, 157 (12): 3451-3456.
- Baek, S.Y., Choi, S.D., Park, H., Kang, J.H., Chang, Y.S. 2010.** Spatial and Seasonal Distribution of Polychlorinated Biphenyls (PCBs) in the Vicinity of an Iron and Steel Making Plant. *Environ Sci Technol*, 44 (8): 3035-3040.
- Barber, J.L., Thomas, G.O., Kerstiens, G., Jones, K.C. 2004.** Current issues and uncertainties in the measurement and modelling of air-vegetation exchange and within-plant processing of POPs. *Environ Pollut*, 128 (1-2): 99-138.
- Birgul, A., Kurt-Karakus, P.B., Alegria, H., Gungormus, E., Celik, H., Cicek, T., Guven, 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.
- Birgul, A., Tasdemir, Y. 2012.** Determination of the Sampler Type and Rainfall Effect on the Deposition Fluxes of the Polychlorinated Biphenyls. *Sci World J*.
- Bohlin, P., Jones, K.C., Strandberg, B. 2007.** Occupational and indoor air exposure to persistent organic pollutants: A review of passive sampling techniques and needs. *J Environ Monitor*, 9 (6): 501-509.
- Brouwer, A., Ahlborg, U.G., van Leeuwen, F.X.R., Feeley, M.M. 1998.** Report of the WHO working group on the assessment of health risks for human infants from exposure to PCDDs, PCDFs and PCBs. *Chemosphere*, 37 (9-12): 1627-1643.
- Broz, J., Grabic, R., Kilian, J., Lojkasek, M., Marklund, S., Ocelka, T., Pekarek, V., Pribyl, J., Tydlit, V., Vyska, J. 2000.** The effect of oils on PAH, PCDD, PCDF, and

PCB emissions from a spark engine fueled with leaded gasoline. *Chemosphere*, 41 (12): 1905-1911.

**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. *Environ Pollut*, 156 (3): 1290-1297.

**Chaemfa, C., Barber, J.L., Kim, K.S., Harner, T., Jones, K.C. 2009.** Further studies on the uptake of persistent organic pollutants (POPs) by polyurethane foam disk passive air samplers. *Atmospheric Environment*, 43 (25): 3843-3849.

**Chang, F.C., Chiu, T.C., Yen, J.H., Wang, Y.S. 2003.** Dechlorination pathways of ortho-substituted PCBs by UV irradiation in n-hexane and their correlation to the charge distribution on carbon atom. *Chemosphere*, 51 (8): 775-784.

**Chen, J., Zhao, H., Gao, L., Henkelmann, B., Schramm, K.W. 2006.** Atmospheric PCDD/F and PCB levels implicated by pine (*Cedrus deodara*) needles at Dalian, China. *Environ Pollut*, 144 (2): 510-515.

**Cindoruk, S.S., Tasdemir, Y. 2007.** Characterization of gas/particle concentrations and partitioning of polychlorinated biphenyls (PCBs) measured in an urban site of Turkey. *Environ Pollut*, 148 (1): 325-333.

**Cindoruk, S.S., Tasdemir, Y. 2010a.** Ambient Air Levels and Trends of Polychlorinated Biphenyls at Four Different Sites. *Arch Environ Con Tox*, 59 (4): 542-554.

**Cindoruk, S.S., Tasdemir, Y. 2010b.** Dynamics of atmospheric polychlorinated biphenyls (PCBs): concentrations, patterns, partitioning, and dry deposition level estimations in a residential site of Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 162 (1-4): 67-80.

**Collins, C., Fryer, M., Grosso, A. 2006.** Plant uptake of non-ionic organic chemicals. *Environ Sci Technol*, 40 (1): 45-52.

**Colombo, A., Benfenati, E., Bugatti, S.G., Lodi, M., Mariani, A., Musmeci, L., Rotella, G., Senese, V., Ziemacki, G., Fanelli, R. 2013.** PCDD/Fs and PCBs in ambient air in a highly industrialized city in Northern Italy. *Chemosphere*, 90 (9): 2352-2357.

**Cortes, J., Cobo, M., Gonzalez, C.M., Gomez, C.D., Abalos, M., Aristizabal, B.H. 2016.** Environmental variation of PCDD/Fs and dl-PCBs in two tropical Andean Colombian cities using passive samplers. *Sci Total Environ*, 568 614-623.

**Costopoulou, D., Vassiliadou, I., Chrysafidis, D., Bergele, K., Tzavara, E., Tzamtzis, V., Leondiadis, L. 2010.** Determination of PCDD/F, dioxin-like PCB and PAH levels in olive and olive oil samples from areas affected by the fires in summer 2007 in Greece. *Chemosphere*, 79 (3): 285-291.

**Daly, G.L., Wania, F. 2004.** Simulating the influence of snow on the fate of organic compounds. *Environ Sci Technol*, 38 (15): 4176-4186.

**Djingova, R., Kuleff, I. 1994.** On the sampling of vascular plants for monitoring of heavy metal pollution. In: Markert, B. (Ed.), *Environmental Sampling for Trace Analysis*. VCH, Weinheim, pp. 395-414.

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

**Estellano, V.H., Pozo, K., Harner, T., Corsolini, S., Focardi, S. 2012.** Using PUF disk passive samplers to simultaneously measure air concentrations of persistent organic pollutants (POPs) across the Tuscany Region, Italy. *Atmos Pollut Res*, 3 (1): 88-94.

**Focant, J.F., Frery, N., Bidondo, M.L., Eppe, G., Scholl, G., Saudi, A., Oleko, A., Vandentorren, S. 2013.** Levels of polychlorinated dibenzo-p-dioxins, polychlorinated

dibenzofurans and polychlorinated biphenyls in human milk from different regions of France. *Sci Total Environ*, 452 155-162.

**Fouial-Djebbar, D., Djebbar, R., Badjah-Hadj-Ahmed, A.Y., Budzinski, H. 2011.** Level of Polychlorinated Biphenyls in Marine Environment of Algiers Bay, Algeria. *Anal Lett*, 44 (15): 2438-2456.

**Fu, S., Cheng, H., Liu, Y., Zhang, L., Yang, Z., Li, K., Xia, X., Xu, X. 2008.** Polychlorinated Biphenyls Residues in the Soil in Linfen, China. *B Environ Contam Tox*, 81 (6): 594-598.

**Gao, Y.Z., Ling, W.T. 2006.** Comparison for plant uptake of phenanthrene and pyrene from soil and water. *Biol Fert Soils*, 42 (5): 387-394.

**Gevao, B., Al-Omair, A., Sweetman, A., Al-Ali, L., Al-Bahloul, M., Helaleh, M., Zafar, J. 2006.** Passive sampler-derived air concentrations for polybrominated diphenyl ethers and polycyclic aromatic hydrocarbons in Kuwait. *Environ Toxicol Chem*, 25 (6): 1496-1502.

**Grassi, P., Fattore, E., Generoso, C., Fanelli, R., Arvati, M., Zuccato, E. 2010.** Polychlorobiphenyls (PCBs), polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs) and dibenzofurans (PCDFs) in fruit and vegetables from an industrial area in northern Italy. *Chemosphere*, 79 (3): 292-298.

**Grimalt, J.O., van Drooge, B.L. 2006.** Polychlorinated biphenyls in mountain pine (*Pinus uncinata*) needles from Central Pyrenean high mountains (Catalonia, Spain). *Ecotox Environ Safe*, 63 (1): 61-67.

**Gruber, H., Wiessner, A., Kusch, P., Kaestner, M., Appenroth, K.J. 2008.** Physiological responses of *Juncus effusus* (rush) to chromium and relevance for wastewater treatment in constructed wetlands. *Int J Phytoremediat*, 10 (2): 79-90.

**Harner, T., Shoeib, M., Diamond, M., Stern, G., Rosenberg, B. 2004.** Using passive air samplers to assess urban - Rural trends for persistent organic pollutants. 1. Polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides. *Environ Sci Technol*, 38 (17): 4474-4483.

**Hazrati, S., Harrad, S. 2007.** Calibration of polyurethane foam (PUF) disk passive air samplers for quantitative measurement of polychlorinated biphenyls (PCBs) and polybrominated diphenyl ethers (PBDEs): Factors influencing sampling rates. *Chemosphere*, 67 (3): 448-455.

**Hogarh, J.N., Seike, N., Kobara, Y., Habib, A., Nam, J.J., Lee, J.S., Li, Q.L., 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.

**Holt, E., Kocan, A., Klanova, J., Assefa, A., Wiberg, K. 2016.** Spatiotemporal patterns and potential sources of polychlorinated biphenyl (PCB) contamination in Scots pine (*Pinus sylvestris*) needles from Europe. *Environ Sci Pollut R*, 23 (19): 19602-19612.

**Jaward, F.M., Farrar, N.J., Harner, T., Sweetman, A.J., Jones, K.C. 2004.** Passive air sampling of PCBs, PBDEs, and organochlorine pesticides across Europe. *Environ Sci Technol*, 38 (1): 34-41.

**Jensen, S., Johnels, A.G., Olsson, M., Otterlind, G. 1969.** DDT and PCB in marine animals from Swedish waters. *Nature*, 224 (5216): 247-250.

**Jones, K.C., de Voogt, P. 1999.** Persistent organic pollutants (POPs): state of the science. *Environ Pollut*, 100 (1-3): 209-221.

- Jones, K.C., Sanders, G., Wild, S.R., Burnett, V., Johnston, A.E. 1992.** Evidence for a Decline of Pcb's and Pahl's in Rural Vegetation and Air in the United-Kingdom. *Nature*, 356 (6365): 137-140.
- Kaya, E., Dumanoglu, Y., Kara, M., Altioek, H., Bayram, A., Elbir, T., Odabasi, M. 2012.** Spatial and temporal variation and air-soil exchange of atmospheric PAHs and PCBs in an industrial region. *Atmos Pollut Res*, 3 (4): 435-449.
- Klanova, J., Kohoutek, J., Hamplova, L., Urbanova, P., Holoubek, I. 2006.** Passive air sampler as a tool for long-term air pollution monitoring: Part 1. Performance assessment for seasonal and spatial variations. *Environ Pollut*, 144 (2): 393-405.
- Komp, P., McLachlan, M.S. 2000.** The kinetics and reversibility of the partitioning of polychlorinated biphenyls between air and ryegrass. *Sci Total Environ*, 250 (1-3): 63-71.
- Kozul, D., Romanic, S.H. 2008.** Distribution of organochlorine compounds in pine needles collected in Zagreb. *B Environ Contam Tox*, 81 (4): 339-342.
- Lee, S.C., Harner, T., Pozo, K., Shoeib, M., Wania, F., Muir, D.C.G., Barrie, L.A., Jones, K.C. 2007.** Polychlorinated naphthalenes in the Global Atmospheric Passive Sampling (GAPS) study. *Environ Sci Technol*, 41 (8): 2680-2687.
- Li, X.M., Li, Y.M., Zhang, Q.H., Wang, P., Yang, H.B., Jiang, G.B., Wei, F.S. 2011.** Evaluation of atmospheric sources of PCDD/Fs, PCBs and PBDEs around a steel industrial complex in northeast China using passive air samplers. *Chemosphere*, 84 (7): 957-963.
- Li, Y.M., Geng, D.W., Liu, F.B., Wang, T., Wang, P., Zhang, Q.H., Jiang, G.B. 2012.** Study of PCBs and PBDEs in King George Island, Antarctica, using PUF passive air sampling. *Atmospheric Environment*, 51 140-145.
- Li, Y.M., Zhang, Q.H., Ji, D.S., Wang, T., Wang, Y.W., Wang, P., Ding, L., Jiang, G.B. 2009.** Levels and Vertical Distributions of PCBs, PBDEs, and OCPs in the Atmospheric Boundary Layer: Observation from the Beijing 325-m Meteorological Tower. *Environ Sci Technol*, 43 (4): 1030-1035.
- Loganathan, B.G., Kumar, K.S., Seaford, K.D., Sajwan, K.S., Hanari, N., Yamashita, N. 2008.** Distribution of persistent organohalogen compounds in pine needles from selected locations in Kentucky and Georgia, USA. *Arch Environ Contam Toxicol*, 54 (3): 422-439.
- Mamontova, E.A., Mamontov, A.A., Tarasova, E.N. 2016.** Polychlorinated Biphenyls and Organochlorine Pesticides in Bottom Sediments of the Irkutsk Reservoir. *Water Resour+*, 43 (2): 335-340.
- Mandalakis, M., Stephanou, E.G. 2007.** Atmospheric concentration characteristics and gas-particle partitioning of PCBs in a rural area of eastern Germany. *Environ Pollut*, 147 (1): 211-221.
- Mari, M., Schuhmacher, M., Feliubadalo, J., Domingo, J.L. 2008.** Air concentrations of PCDD/Fs, PCBs and PCNs using active and passive air samplers. *Chemosphere*, 70 (9): 1637-1643.
- Meire, R.O., Lee, S.C., Targino, A.C., Torres, J.P.M., Harner, T. 2012.** Air concentrations and transport of persistent organic pollutants (POPs) in mountains of southeast and southern Brazil. *Atmos Pollut Res*, 3 (4): 417-425.
- Motelay-Massei, A., Harner, T., Shoeib, M., Diamond, M., Stern, G., Rosenberg, B. 2005.** Using passive air samplers to assess urban-rural trends for persistent organic pollutants and polycyclic aromatic hydrocarbons. 2. Seasonal trends for PAHs, PCBs, and organochlorine pesticides. *Environ Sci Technol*, 39 (15): 5763-5773.

- Motelay-Massei, A., Ollivon, D., Garban, B., Teil, M.J., Blanchard, M., Chevreuil, M. 2004.** Distribution and spatial trends of PAHs and PCBs in soils in the Seine River basin, France. *Chemosphere*, 55 (4): 555-565.
- Nie, X.P., Lan, C.Y., Wei, T.L., Yang, Y.F. 2005.** Distribution of polychlorinated biphenyls in the water, sediment and fish from the Pearl River estuary, China. *Marine pollution bulletin*, 50 (5): 537-546.
- Ockenden, W.A., Steinnes, E., Parker, C., Jones, K.C. 1998.** Observations on persistent organic pollutants in plants: Implications for their use as passive air samplers and for POP cycling. *Environ Sci Technol*, 32 (18): 2721-2726.
- Odabasi, M., Bayram, A., Elbir, T., Seyfioglu, R., Dumanoglu, Y., Bozlaker, A., Demircioglu, H., Altiok, H., Yatkin, S., Cetin, B. 2009.** Electric Arc Furnaces for Steel-Making: Hot Spots for Persistent Organic Pollutants. *Environ Sci Technol*, 43 (14): 5205-5211.
- Odabasi, M., Dumanoglu, Y., Falay, E.O., Tuna, G., Altiok, H., Kara, M., Bayram, A., Tolunay, D., Elbir, T. 2016.** Investigation of spatial distributions and sources of persistent organic pollutants (POPs) in a heavily polluted industrial region using tree components. *Chemosphere*, 160 114-125.
- Odabasi, M., Falay, E.O., Tuna, G., Altiok, H., Kara, M., Dumanoglu, Y., Bayram, A., Tolunay, D., Elbir, T. 2015.** Biomonitoring the Spatial and Historical Variations of Persistent Organic Pollutants (POPs) in an Industrial Region. *Environ Sci Technol*, 49 (4): 2105-2114.
- Ogulmus, R., Tasdemir, Y., Cindoruk, S.S. 2016.** Polychlorinated Biphenyl (PCB) Levels in Soils near Wastewater Treatment Plants and Landfills. *Ekoloji*, 25 (98): 1-8.
- Persoon, C., Hornbuckle, K.C. 2009.** Calculation of passive sampling rates from both native PCBs and deuration compounds in indoor and outdoor environments. *Chemosphere*, 74 (7): 917-923.
- 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. *Environ Pollut*, 159 (2): 646-653.
- Pozo, K., Harner, T., Rudolph, A., Oyola, G., Estellano, V.H., Ahumada-Rudolph, R., Garrido, M., Pozo, K., Mabilia, R., Focardi, S. 2012.** Survey of persistent organic pollutants (POPs) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the atmosphere of rural, urban and industrial areas of Concepcion, Chile, using passive air samplers. *Atmos Pollut Res*, 3 (4): 426-434.
- Pozo, K., Harner, T., Wania, F., Muir, D.C.G., Jones, K.C., Barrie, L.A. 2006.** Toward a global network for persistent organic pollutants in air: Results from the GAPS study. *Environ Sci Technol*, 40 (16): 4867-4873.
- Rappolder, M., Schroter-Kermani, C., Schadel, S., Waller, U., Korner, W. 2007.** Temporal trends and spatial distribution of PCDD, PCDF, and PCB in pine and spruce shoots. *Chemosphere*, 67 (9): 1887-1896.
- Rasanen, J.V., Holopainen, T., Joutsensaari, J., Pasanen, P., Kivimaenpaa, M. 2014.** Particle capture efficiency of different-aged needles of Norway spruce under moderate and severe drought. *Can J Forest Res*, 44 (7): 831-835.
- Romanic, S.H., Krauthacker, B. 2004.** Distribution of organochlorine compounds in pine needles collected at urban sites in Croatia. *B Environ Contam Tox*, 72 (6): 1203-1210.

- Romanic, S.H., Krauthacker, B. 2007.** Are pine needles bioindicators of air pollution? Comparison of organochlorine compound levels in pine needles and ambient air. *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, 58 (2): 195-199.
- Rosinska, A., Karwowska, B. 2017.** Dynamics of changes in coplanar and indicator PCB in sewage sludge during mesophilic methane digestion. *J Hazard Mater*, 323 341-349.
- Ross, G. 2004.** The public health implications of polychlorinated biphenyls (PCBs) in the environment. *Ecotox Environ Safe*, 59 (3): 275-291.
- Sakin, A.E., Tasdemir, Y. 2016.** Determination of Atmospheric PCB Level Variations in Continuously Collected Samples. *Arch Environ Con Tox*, 71 (2): 235-245.
- Schonherr, J., Riederer, M. 1989.** Foliar Penetration and Accumulation of Organic-Chemicals in Plant Cuticles. *Rev Environ Contam T*, 108 1-70.
- Silberhorn, E.M., Glauert, H.P., Robertson, L.W. 1990.** Carcinogenicity of Polyhalogenated Biphenyls - Pcb's and Pbb's. *Crit Rev Toxicol*, 20 (6): 439-496.
- Silva, J.A., Ratola, N., Ramos, S., Homem, V., Santos, L., Alves, A. 2015.** An analytical multi-residue approach for the determination of semi-volatile organic pollutants in pine needles. *Anal Chim Acta*, 858 24-31.
- Simonich, S.L., Hites, R.A. 1995.** Organic Pollutant Accumulation in Vegetation. *Environ Sci Technol*, 29 (12): 2905-2914.
- Stagakis, M., Costopoulou, D., Vassiliadou, I., Karavoltos, S., Sakellari, A., Kalogeropoulos, N., Leondiadis, L. 2016.** Determination of Polychlorinated Biphenyls in Aegean Fish and Seafood. *Anal Lett*, 49 (7): 1114-1126.
- Subedi, B., Aguilar, L., Robinson, E.M., Hageman, K.J., Bjorklund, E., Sheesley, R.J., Usenko, S. 2015.** Selective pressurized liquid extraction as a sample-preparation technique for persistent organic pollutants and contaminants of emerging concern. *Trac-Trend Anal Chem*, 68 119-132.
- Şar, T. 2017.** Kentleşme ve Sanayileşmenin Bitki Gelişimi Üzerine Etkileri *Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der.*, 291-299.
- Taşdemir, Y., 1997.** Modification and Evaluation of Water Surface Sampler to Investigate the Dry Deposition and Air-Water Exchange of Polychlorinated Biphenyls (PCBs). *PHD Thesis*, Illinois Institute of Technology, Chicago, IL, ABD.
- Tasdemir, Y., Holsen, T.M. 2006.** Gas-phase deposition of polychlorinated biphenyls (PCBs) to a water surface sampler. *J Environ Sci Heal A*, 41 (10): 2071-2087.
- Tasdemir, Y., Odabasi, M., Holsen, T.M. 2005.** Measurement of the vapor phase deposition of polychlorinated biphenyls (PCBs) using a water surface sampler. *Atmospheric Environment*, 39 (5): 885-897.
- Tasdemir, Y., Vardar, N., Odabasi, M., Holsen, T.M. 2004.** Concentrations and gas/particle partitioning of PCBs in Chicago. *Environ Pollut*, 131 (1): 35-44.
- Van den Berg, M., Birnbaum, L.S., Denison, M., De Vito, M., Farland, W., Feeley, M., Fiedler, H., Hakansson, H., Hanberg, A., Haws, L., Rose, M., Safe, S., Schrenk, D., Tohyama, C., Tritscher, A., Tuomisto, J., Tysklind, M., Walker, N., Peterson, R.E. 2006.** The 2005 World Health Organization reevaluation of human and mammalian toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds. *Toxicol Sci*, 93 (2): 223-241.
- Wan, Y.S., Mackay, D. 1986.** A Critical-Review of Aqueous Solubilities, Vapor-Pressures, Henry Law Constants, and Octanol-Water Partition-Coefficients of the Polychlorinated-Biphenyls. *J Phys Chem Ref Data*, 15 (2): 911-929.
- Wang, X.Y., Xu, H.Z., Zhou, Y.D., Wu, C.W., Kanchanopas-Barnette, P. 2016.** Spatial distribution and sources of polychlorinated biphenyls in surface sediments from



the Zhoushan Archipelago and Xiangshan Harbor, East China Sea. *Marine pollution bulletin*, 105 (1): 385-392.

**WHO, 1993.** Polychlorinated Biphenyls and Terphenyls (Second Edition), Environmental Health Criteria 140, IPCS International Programme on Chemical Safety., 683 p. GENEVA.

**Wilford, B.H., Harner, T., Zhu, J.P., Shoeib, M., Jones, K.C. 2004.** Passive sampling survey of polybrominated diphenyl ether flame retardants in indoor and outdoor air in Ottawa, Canada: Implications for sources and exposure. *Environ Sci Technol*, 38 (20): 5312-5318.

**Wyrzykowska, B., Hanari, N., Orlikowska, A., Bochentyn, I., Rostkowski, P., Falandysz, J., Taniyasu, S., Horii, Y., Jiang, Q.T., Yamashita, N. 2007.** Polychlorinated biphenyls and -naphthalenes in pine needles and soil from Poland - Concentrations and patterns in view of long-term environmental monitoring. *Chemosphere*, 67 (9): 1877-1886.

**Yeo, H.G., Choi, M., Chun, M.Y., Kim, T.W., Cho, K.C., Sunwoo, Y. 2004.** Concentration characteristics of atmospheric PCBs for urban and rural area, Korea. *Sci Total Environ*, 324 (1-3): 261-270.

**Yolsal, D., Salihoglu, G., Tasdemir, Y. 2014.** Air-soil exchange of PCBs: levels and temporal variations at two sites in Turkey. *Environ Sci Pollut R*, 21 (5): 3920-3935.

**Yoonki, M., Jongwon, H., Meehye, L. 2014.** Determination of toxic congeners of 17 PCDDs/PCDFs and 12 dl-PCBs using polyurethane foam passive air samplers in ten cities around Seoul. *Sci Total Environ*, 491 17-27.

**Zhang, Z., Liu, L.Y., Li, Y.F., Wang, D.G., Jia, H.L., Harner, T., Sverko, E., Wan, X.N., Xu, D.D., Ren, N.Q., Ma, J.M., Pozo, K. 2008.** Analysis of polychlorinated biphenyls in concurrently sampled Chinese air and surface soil. *Environ Sci Technol*, 42 (17): 6514-6518.

**Zhu, L.Z., Gao, Y.Z. 2004.** Prediction of phenanthrene uptake by plants with a partition-limited model. *Environ Pollut*, 131 (3): 505-508.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Burak Çalışkan  
Doğum Yeri ve Tarihi : Ankara 11/07/1991  
Yabancı Dili : İngilizce  
Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)  
Lise : Dikmen Anadolu Lisesi 2009  
Lisans : Uludağ Üniversitesi 2014  
Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl :  
İletişim (e-posta) : burakcaliskan@uludag.edu.tr  
Yayımları\* :

