



**T.C.  
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ARITILMAMIŞ ATIKSULAR İLE SULANAN  
ZİRAİ ALANLARDAKİ BAZI ORGANİK  
KİRLETİCİLERİN ARAŞTIRILMASI**

**Arzu TEKİNAY**

**YÜKSEK LİSANS**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Ocak-2014  
KONYA  
Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Arzu TEKİNAY tarafından hazırlanan “Aritilmemiş Atıksular ile Sulanan Zirai Alanlardaki Bazı Organik Kirleticilerin Araştırılması ” adlı tez çalışması 03/01/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

#### Başkan

Prof. Dr. Mustafa PEHLİVAN

#### Danışman

Doç. Dr. Senar AYDIN

#### Üye

Prof. Dr. Mehmet Emin AYDIN

#### Üye

Prof. Dr. Mustafa PEHLİVAN

### İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Selman TÜRKER  
FBE Müdürü

Bu tez çalışması Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 11201108 nolu proje ile desteklenmiştir.

## TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Arzu TEKİNAY



## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS

## ARITILMAMIŞ ATIKSULAR İLE SULANAN ZİRAİ ALANLARDAKİ BAZI ORGANİK KİRLETİCİLERİN ARAŞTIRILMASI

Arzu TEKİNAY

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Senar AYDIN

2014, 193 Sayfa

Jüri

Doç. Dr. Senar AYDIN

Prof. Dr. Mustafa PEHLİVAN

Prof. Dr. Mehmet Emin AYDIN

Günümüzde su kaynaklarının yetersiz olması nedeniyle alternatif kaynaklar bulma çalışmaları yapılmaktadır. Bu alternatif su kaynaklarından biriside atıksuların tekrar kullanılmasıdır. Atıksuların hem maliyetinin düşük olması hem de sulamada kullanılacak su ihtiyacını karşılayacak alternatif bir çözüm olarak düşünülmesi sonucu kullanımı yaygınlaşmıştır. Ancak tarımsal sulamada kullanılan arıtılmış veya arıtılmamış atıksular pek çok organik kirletici ve ağır metal içerebilirler. Uzun süre atıksu ile sulanan toprak ortamında bu kirleticiler birikebilir ve besin zincirine taşınarak insan sağlığını ve toprak flora faunasındaki biyolojik faaliyetleri olumsuz şekilde etkileyebilirler.

Konya kentinin evsel ve endüstriyel atıksuları birleşik kanalizasyon sistemi ile toplanmaktadır. Bu şekilde atıksular 2010 yılına kadar hiçbir arıtma işlemine tabi tutulmaksızın Ana Tahliye Kanalı ile Tuz Gölü'ne uzaklaştırılmıştır. Kurak dönemlerde Ana Tahliye Kanalındaki atıksular tarımsal alanların sulanması için çiftçiler tarafından kullanılmaktadır.

Bu çalışmada Ana Tahliye Kanalı boyunca pompa istasyonları çevresinden alınan toprak ve atıksular ile sulanan topraklarda yetişen buğday örneklerinde bazı organoklorlu (OCP) ve organofosforlu (OPP) pestisit ve Poliklorlu Bifenil (PCB) bileşiklerinin kalıntı miktarları araştırılmıştır. Pestisitlerin ekstraksiyon ve temizleme işlemleri için QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe) metodu, PCB'lerin ekstraksiyonu için sokslet ekstraksiyon temizlenmesi için silika jel kolon kromatografi yöntemi kullanılmıştır. Pestisit ve PCB bileşiklerinin analizleri Gaz Kromatografi-Kütle Spektrometresi (GC-MS) sistemi ile gerçekleştirilmiştir.

Toplam OCP'ler referans toprak numunelerinde 105.78 µg/kg ile 176.25 µg/kg aralığında, toprak numunelerinde 70.78 µg/kg ile 224.47 µg/kg aralığında tespit edilmiştir. Toplam OPP'ler referans toprak numunelerinde 83.75 µg/kg ile 134.65 µg/kg aralığında, toprak numunelerinde 84.32 µg/kg ile 403.96 µg/kg aralığında tespit edilmiştir. Toplam PCB'ler referans toprak numunelerinde 24.91 µg/kg ile 28.58 µg/kg aralığında, toprak numunelerinde 1.12 µg/kg ile 29.71 µg/kg aralığında tespit edilmiştir. Referans buğday numunesinde toplam OCP'ler, OPP'ler ve PCB'ler sırasıyla 0.83 mg/kg, 14.8 mg/kg, 10 µg/kg olarak tespit edilmiştir. Buğday numunelerinde toplam OCP'ler, OPP'ler ve PCB'ler sırasıyla 0.73 mg/kg ile 2.33 mg/kg, 9.16 mg/kg ile 15.36 mg/kg, 1.8 µg/kg ile 14.4 µg/kg aralığında tespit edilmiştir.

Toprak numunelerinde tespit edilen kalıntılar Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik'e göre değerlendirildiğinde numuneler genellikle İkinci Aşama Değerlendirme sürecine tabi Takip Gerektiren Saha olarak belirlenmiştir. Buğday numunelerinde tespit edilen OCP ve OPP bileşiklerinin miktarları Türk Gıda Kodeksi Pestisitlerin Maksimum Kalıntı Limitleri Yönetmeliği'ne göre değerlendirildiğinde 3. pompa 500 m içeriden alınan numunede tespit edilen malathion bileşiği hariç diğer tüm bileşikler limit değerlerin üzerinde tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Atıksu, Pestisitler, Poliklorlu bifeniller, Buğday, Konya.

## **ABSTRACT**

### **MS THESIS**

# **INVESTIGATION OF SOME ORGANIC POLLUTANTS OF THE AGRICULTURAL AREA OF IRRIGATION WITH UNTREATED WASTEWATER**

**Arzu TEKİNAY**

**The Graduate School of Natural and Applied Science of Necmettin Erbakan University**

**The Degree of Master of Science In Environment Engineering**

**Advisor: Assoc. Prof. Dr. Senar AYDIN**

**2014, 193 Pages**

**Jury**

**Assoc. Prof. Dr. Senar AYDIN**

**Prof. Dr. Mustafa PEHLİVAN**

**Prof. Dr. Mehmet Emin AYDIN**

Nowadays, studies are conducted to find alternative sources of water because of inadequate water supplies. One of these alternative sources of water is the reuse of wastewater. Reuse of wastewater is widespread as a result of its low cost and it should be considered as used the need for water used for irrigation. However, the treated or untreated wastewater used for irrigation may contain many organic pollutant and heavy metal. These pollutants can accumulate in soil that long-term irrigation with wastewater and move to food chain, human healthy and biological activity of flora, and fauna in soil can affect adversely.

Domestic and industrial wastewaters of the city Konya are collected together by a combined sewage system. They are conveyed through the Main Drainage Channel to the Salt Lake. Until 2010 this was practiced without any treatment. During the arid seasons, the wastewater from the Main Drainage Channel is used by the farmers for irrigation of agriculture field. Variety of pollutant may accumulate in these agriculture fields with wastewater irrigated.

In this study, some organochlorine (OCPs) and organophosphorus (OPPs) pesticides and Polychlorinated Biphenyls (PCBs) pollution investigated in samples, which are taken from this field and cultivated wheats. QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe) method for the extraction and cleaning of pesticides, soxhlet extraction for extraction of PCBs, silica gel column chromatography for cleaning of PCBs was used. The determination of PAHs and PCBs carried out by use of gas chromatography mass spectrometry (GC/MS) system.

Total OCPs were measured in reference soil samples ranged from 105.78 µg/kg to 176.25 µg/kg, soil samples ranged from 70.78 µg/kg to 224.47 µg/kg. Total OPPs were measured in reference soil samples ranged from 83.75 µg/kg to 134.65 µg/kg, soil samples ranged from 84.32 µg/kg to 403.96 µg/kg. Total PCBs were measured in reference soil samples ranged from 24.91 µg/kg to 28.58 µg/kg, soil samples ranged from 1.12 µg/kg to 29.71µg/kg. Total OCPs, OPPs and PCBs were measured in reference wheat sample 0.83 mg / kg, 14.8 mg / kg, 10 mg / kg respectively. Total OCPs, OPPs and PCBs were measured in wheat samples ranged 0.73 mg/kg to 2.33 mg/kg, ranged 9.16 mg/kg to 15.36 mg/kg, ranged 1.8 µg/kg to 14.4 µg/kg respectively.

Residues detected in soil samples were evaluated according to Control of Soil Pollution and Regulations Regarding the Evaluation of the Sites Contaminated by Point Source, samples usually was determined as Subject to the Phase II evaluation process Requiring Follow-up Field. Residues of OCPs and OPPs detected in wheat samples were evaluated according to Turkish Food Codex Maximum Residue Limits of Pesticides, malathion of determined in samples from 3. pump inside 500 m except for all compouns were determined over limit values.

**Keywords:** Konya, Pesticide, Polychlorinated Biphenyls, Wastewater, Wheat.

## ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca yardım ve desteğini esirgemeyen Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Öğretim Üyesi Danışmanım Doç. Dr. Senar AYDIN'a çok teşekkür ederim.

Yakın ilgi ve desteğini esirgemeyen Necmettin Erbakan Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Öğretim Üyesi Sayın hocam Prof. Dr. Mehmet Emin AYDIN'a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Necmettin Erbakan Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Öğretim Üyesi Sayın hocam Prof. Dr. Ali TOR'a bilgi ve desteğini esirgemediği için çok teşekkür ederim.

Necmettin Erbakan Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Öğretim Üyesi Sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Fatma BEDÜK'e bilgi ve desteğini esirgemediği için çok teşekkür ederim.

Her zaman maddi ve manevi destekleriyle yanımda olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Arzu TEKİNAY  
KONYA-2014

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>v</b>
<b>ÖNSÖZ.....</b>	<b>vi</b>
<b>İÇİNDEKİLER .....</b>	<b>vii</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>3</b>
2.1. Pestisitler .....	3
2.1.1. Pestisitlerin tanımı ve tarihçesi .....	3
2.1.2. Pestisitlerin sınıflandırılması .....	4
2.1.3. Tez çalışmasında incelenen pestisitler .....	6
2.1.4. Türkiye’de ve Dünya’da pestisit kullanımı .....	12
2.1.5. Pestisitlerin çevredeki davranışları .....	15
2.1.6. Pestisitlerin insan ve çevre sağlığına etkileri.....	17
2.2. Poliklorlu Bifeniller (PCB’ler) .....	18
2.2.1. PCB’lerin tarihçesi.....	20
2.2.2. PCB bileşiklerinin kullanım alanları.....	21
2.2.3. Türkiye’de ve Dünya’da PCB’lerin durumu .....	23
2.2.4. PCB’lerin çevreye yayılımı .....	25
2.2.5. PCB’lerin insan ve çevre sağlığı üzerine etkileri.....	26
2.2.6. Pestisit ve PCB’lerle ilgili yasal mevzuat .....	28
2.2.6. 1. Türk Gıda Kodeksi Pestisitlerin Maksimum Kalıntı Limitleri Yönetmeliği.....	31
2.2.6. 2. Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik .....	33
2.2.7. Pestisit ve PCB’lerin analiz yöntemleri .....	35
2.3. Atıksuların Yeniden Kullanımı.....	42
2.3.1. Atıksularla sulama kriterleri .....	44
2.3.2. Atıksuyun sulamada kullanılmasının avantaj, dezavantaj ve riskleri .....	47
2.4. Konu ile İlgili Daha Önce Yapılmış Çalışmalar .....	48
2.4.1. Konya bölgesinde yapılan çalışmalar.....	56
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>68</b>
3.1. Materyal.....	69
3.1.1. Toprak ve bölge özellikleri.....	69
3.1.2. İklim özellikleri.....	70
3.1.3. Konya Atıksu Arıtma Tesisi .....	70
3.1.4. Konya Ana Tahliye Kanalı .....	72
3.1.5. Ana Tahliye Kanalındaki suyun tarımsal sulamada kullanımı.....	74
3.1.6. Çalışmada incelenen numuneler .....	75
3.2. Yöntem.....	76
3.2.1. GC-MS analizleri için optimum şartların belirlenmesi .....	76
3.2.2. GC-MS sistemine ait analitik parametrelerin belirlenmesi .....	77
3.2.3. Metot geri kazanım değerlerinin belirlenmesi .....	78

3.2.4. Numunelerin hazırlanması, ekstraksiyon ve temizleme işlemleri .....	78
3.2.5. Toprak numunelerinin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin analizi ..	82
3.2.5.1. Toprak numunelerinin nem, kuru madde, uçucu katı madde, sabit katı madde miktarlarının analizi.....	82
3.2.5.2. Toprak numunelerinin pH değerlerinin ölçülmesi .....	83
3.2.5.3. Toprak numunelerinin Eİ değerlerinin ölçülmesi .....	83
3.2.5.4. Toprak numunelerinin kil, silt, kum yüzdelerinin belirlenmesi.....	83
3.2.6. Numunelerin OCP, OPP, PCB analizleri .....	85
<b>4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA .....</b>	<b>86</b>
4.1. GC-MS Analizleri İçin Belirlenen Optimum Şartlar .....	86
4.2. GC-MS Sistemine Ait Analitik Parametreler ve Metot Geri Kazanım Değerleri .....	89
4.3. Toprak Numunelerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Analiz Sonuçları .....	93
4.4. Toprak Numunelerinde Tespit Edilen OCP, OPP ve PCB Miktarları .....	96
4.4.1. Toprak numunelerinde tespit edilen OCP miktarları .....	96
4.4.1.1. Referans değer bazında sahaların OCP sapma değerleri .....	115
4.4.2. Toprak numunelerinde tespit edilen OPP miktarları.....	122
4.4.2.1. Referans değer bazında sahaların OPP sapma değerleri .....	130
4.4.3. Toprak numunelerinde tespit edilen PCB miktarları .....	132
4.4.3.1. Referans değer bazında sahaların PCB sapma değerleri .....	141
4.5. Buğday Numunelerinde Tespit Edilen OCP, OPP ve PCB Miktarları .....	144
4.5.1. Buğday numunelerinde tespit edilen OCP miktarları .....	144
4.5.2. Buğday numunelerinde tespit edilen OPP miktarları.....	153
4.5.3. Buğday numunelerinde tespit edilen PCB miktarları .....	157
4.5.4. Buğday ve toprak numunelerinde ve tespit edilen OCP, OPP, PCB miktarlarının karşılaştırılması .....	163
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>164</b>
5.1 Sonuçlar .....	164
5.2. Öneriler.....	167
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>164</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>177</b>

## ÇİZELGELER LİSTESİ

### Sayfa No

<b>Çizelge 2.1.</b> İncelenen OCP'lerin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (HSDB, 2012) .....	7
<b>Çizelge 2.2.</b> İncelenen OCP'lerin kimyasal yapısı (HSDB, 2012).....	9
<b>Çizelge 2.3.</b> İncelenen OPP'lerin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (HSDB, 2012).....	11
<b>Çizelge 2.4.</b> İncelenen OPP'lerin kimyasal yapısı (HSDB, 2012) .....	12
<b>Çizelge 2.5.</b> Etki ettikleri canlı guruplarına göre 1979 -2007 yılları arasında etkili madde olarak Türkiye'de pestisit tüketimi (ton) (Delen, 2008) .....	13
<b>Çizelge 2.6.</b> Konya ili 2006-2010 yılı kullanılan zirai mücadele ilaçları miktarları (kg) (Yeşil ve Ögür, 2011).....	14
<b>Çizelge 2.7.</b> Bazı AB Ülkelerinde Birim Alanda Tüketilen Ortalama Pestisit Miktarları (Oskam ve ark., 1997) .....	15
<b>Çizelge 2.8.</b> İncelenen PCB'lerin IUPAC numaraları, kimyasal formülleri ve molekül ağırlıkları (HSDB, 2012) .....	19
<b>Çizelge 2.9.</b> İncelenen PCB bileşiklerinin kimyasal yapıları (Caslab, 2012) .....	20
<b>Çizelge 2.10.</b> Türkiye'deki PCB'li teçhizatın tahmini miktarları.....	23
<b>Çizelge 2.11.</b> Dünya çapında PCB üretimi (Breivik, ve ark., 2002).....	24
<b>Çizelge 2.12.</b> Ekosistemlerde bulunan PCB miktarları (Eisler ve Belisle, 1996) .....	25
<b>Çizelge 2.13.</b> Türk Gıda Kondeksi Pestisitlerin Maksimum Kalıntı Limitleri.....	32
<b>Çizelge 2.14.</b> Jenerik kirletici sınır değerler listesi.....	34
<b>Çizelge 2.15.</b> Referans Değer Bazında Sahanın Kirlilik Değerlendirmesi .....	35
<b>Çizelge 2.16.</b> Matriks tipi ve analitlere göre EPA'nın önerdiği ekstraksiyon metotları (US EPA, 2007) .....	36
<b>Çizelge 2.17.</b> EPA'nın önerdiği temizleme ve analiz metotları (US EPA, 1996).....	38
<b>Çizelge 2.18.</b> Atıksu geri kazanım maksadı ve uygulanabilecek arıtma sistemleri (AATTUT, 2010) .....	44
<b>Çizelge 2.19.</b> Sulamada geri kullanılacak arıtılmış atıksuların sınıflandırılması (AATTUT, 2010) .....	46
<b>Çizelge 2.20.</b> Arıtılmış atıksu ile sulanabilecek bitkiler (AATTUT, 2010).....	47
<b>Çizelge 3.1.</b> Konya Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi dizayn debileri (KOSKİ, 2012) .....	70
<b>Çizelge 3.2.</b> Konya Kentsel Atıksu Arıtma Tesisinin bazı parametrelerin giriş ve çıkış değerleri (KOSKİ, 2012) .....	70
<b>Çizelge 3.3.</b> Numunelerin numaraları, alındığı noktalar ve GPS koordinatları.....	76
<b>Çizelge 4.1.</b> OCP, OPP, PCB bileşikleri için tespit edilen optimum GC-MS şartları .....	86
<b>Çizelge 4.2.</b> OCP bileşikleri için optimum GC-MS şartlarında HP-5ms kolonundan çıkış süreleri ve m/z değerleri .....	87
<b>Çizelge 4.3.</b> OPP bileşikleri için optimum GC/MS şartlarında HP-5 kolonundan çıkış süreleri ve m/z değerleri .....	88
<b>Çizelge 4.4.</b> PCB bileşikleri için optimum GC-MS şartlarında HP-5ms kolonundan çıkış süreleri ve m/z değerleri .....	88
<b>Çizelge 4.5.</b> OCP bileşikleri için GC-MS sistemine ait analitik parametreler .....	90
<b>Çizelge 4.6.</b> OPP bileşikleri için GC-MS sistemine ait analitik parametreler.....	90
<b>Çizelge 4.7.</b> PCB bileşikleri için GC-MS sistemine ait analitik parametreler .....	91
<b>Çizelge 4.8.</b> Buğday tanelerinde OCP ve PCB bileşikleri metot geri kazanım değerleri (%), (n=4) .....	92
<b>Çizelge 4.9.</b> Toprak numunelerinde OCP ve PCB bileşikleri metot geri kazanım değerleri (%), (n=4).....	92
<b>Çizelge 4.10.</b> Toprak numunelerinin nem, kuru madde, uçucu katı madde, sabit katı madde, pH ve EC değerleri.....	93

<b>Çizelge 4.11.</b> Toprak örneklerinin kil/silt/kum içeriği ve tipi .....	95
<b>Çizelge 4.12.</b> Toprak numunelerinde tespit edilen OCP bileşiklerinin miktarları.....	97
<b>Çizelge 4.13.</b> Toprak numunelerinde tespit edilen OPP miktarları .....	123
<b>Çizelge 4.14.</b> Toprak numunelerinde tespit edilen PCB bileşiklerinin miktarları.....	132
<b>Çizelge 4.15.</b> Buğday numunelerinde tespit edilen OCP bileşiklerinin miktarları.....	145
<b>Çizelge 4.16.</b> Buğday numunelerinde tespit edilen OPP bileşiklerinin miktarları .....	153
<b>Çizelge 4.17.</b> Buğday numunelerinde tespit edilen PCB kongenerlerinin miktarları .....	158

## ŞEKİLLER LİSTESİ

### Sayfa No

Şekil 2.1. Pestisit guruplarına göre Türkiye’de tarım ilacı kullanımı .....	13
Şekil 2.2. Pestisit guruplarına göre Dünya’da tarım ilacı kullanımı .....	14
Şekil 2.3. Pestisitlerin ekosistemdeki davranışları.....	16
Şekil 2.4. PCB bioakümüasyonu .....	28
Şekil 2.5. Sokslet ekstraksiyon düzeneği .....	40
Şekil 2.6. GC-MS sistemi şematik gösterimi .....	42
Şekil 3.1. Toprak numunelerinin alınması .....	68
Şekil 3.2. Alınan buğday numuneleri.....	69
Şekil 3.3. Konya Atıksu Arıtma Tesisi akım şeması .....	71
Şekil 3.4. Konya Ana Tahliye Kanalı .....	73
Şekil 3.5. Konya Ana Tahliye Kanalı planı.....	73
Şekil 3.6. Konya Kenti atıksuyu .....	74
Şekil 3.7. Konya Ana Tahliye kanalından su alınması .....	75
Şekil 3.8. Toprak numunelerinin elenmesi .....	79
Şekil 3.9. Buğday numunelerinin tanelerinden ayrılması ve öğütülmesi.....	79
Şekil 3.10. Numunelerinin ekstraksiyonu .....	80
Şekil 3.11. Numune ekstraktlarının kolona verilmesi.....	80
Şekil 3.12. Kolonun genel görünümü .....	81
Şekil 3.13. Toprak ve sediment örneklerinin kum/kil/silt analizi.....	84
Şekil 3.14. Toprak tekstür üçgeni .....	85
Şekil 3.15. Analizlerin yapıldığı GC-MS cihazı.....	85
Şekil 4.1. 2 ng/µL konsantrasyonundaki OCP bileşikleri kromatogramı .....	88
Şekil 4.2. 10 ng/µL konsantrasyonundaki OPP bileşikleri kromatogramı .....	89
Şekil 4.3. 0.5 ng/µL konsantrasyonundaki PCB bileşikleri kromatogramı.....	89
Şekil 4.4. Toprak örneklerinde tespit edilen OCP bileşiklerinin % dağılımları.....	100
Şekil 4.5. Toprak numunelerinde tespit edilen HCH bileşiklerinin miktarları.....	103
Şekil 4.6. Toprak numunelerinde tespit edilen heptachlor, heptachlor expoxide bileşiklerinin miktarları .....	106
Şekil 4.7. Toprak numunelerinde tespit edilen chlordane I, chlordane II bileşiklerinin miktarları.....	107
Şekil 4.8. Toprak numunelerinde tespit edilen endosulfan I, endosulfan II, endosulfan sulfate, bileşiklerinin miktarları .....	108
Şekil 4.9. Toprak numunelerinde tespit edilen endrin, endrin aldehyde, endrin keton bileşiklerinin miktarları .....	110
Şekil 4.10. Toprak numunelerinde tespit edilen p,p-DDT, p,p-DDD, p,p-DDE bileşiklerinin miktarları .....	112
Şekil 4.11. Toprak numunelerinde tespit edilen aldrin bileşiğinin miktarları .....	113
Şekil 4.12. Toprak numunelerinde tespit edilen methoxychlor bileşiğinin miktarları.....	114
Şekil 4.13. Toprak numunelerinde tespit edilen HCH bileşiklerinin sapma değerleri .....	115
Şekil 4.14. Toprak numunelerinde tespit edilen heptachlor, heptachlor expoxide bileşiklerinin sapma değerleri .....	117
Şekil 4.15. Toprak numunelerinde tespit edilen chlordane II bileşiğinin sapma değerleri .	117
Şekil 4.16. Toprak numunelerinde tespit edilen endosulfan I, endosulfan II, endosulfan sulfate bileşiklerinin sapma değerleri.....	118
Şekil 4.17. Toprak numunelerinde tespit edilen endrin, endrin aldehyde, endrin keton bileşiklerinin sapma değerleri .....	119

<b>Şekil 4.18.</b> Toprak numunelerinde tespit edilen p,p, DDT, p,p, DDD bileşiklerinin sapma değerleri .....	120
<b>Şekil 4.19.</b> Toprak numunelerinde tespit edilen aldrin bileşiğinin sapma değerleri.....	121
<b>Şekil 4.20.</b> Toprak numunelerinde tespit edilen metoxychlor bileşiğinin sapma değerleri	122
<b>Şekil 4.21.</b> Toprak örneklerinde tespit edilen OPP bileşiklerinin % dağılımları.....	124
<b>Şekil 4.22.</b> Toprak numunelerinde tespit edilen diazinon bileşiğinin miktarı.....	125
<b>Şekil 4.23.</b> Toprak numunelerinde tespit edilen methyl-parathion bileşiğinin miktarı .....	126
<b>Şekil 4.24.</b> Toprak numunelerinde tespit edilen malathion bileşiğinin miktarı.....	127
<b>Şekil 4.25.</b> Toprak numunelerinde tespit edilen chlorpyrifos bileşiğinin miktarı .....	128
<b>Şekil 4.26.</b> Toprak numunelerinde tespit edilen parathion bileşiğinin miktarı .....	129
<b>Şekil 4.27.</b> Toprak numunelerinde tespit edilen OPP bileşiklerinin sapma değerleri.....	130
<b>Şekil 4.28.</b> Toprak örneklerinde tespit edilen PCB bileşiklerinin % dağılımları .....	133
<b>Şekil 4.29.</b> Toprak numunelerinde tespit edilen PCB 28 kongenerinin miktarı.....	135
<b>Şekil 4.30.</b> Toprak numunelerinde tespit edilen PCB 52 kongenerinin miktarı.....	136
<b>Şekil 4.31.</b> Toprak numunelerinde tespit edilen PCB 101 kongenerinin miktarı.....	137
<b>Şekil 4.32.</b> Toprak numunelerinde tespit edilen PCB 118 kongenerinin miktarı.....	138
<b>Şekil 4.33.</b> Toprak numunelerinde tespit edilen PCB 153 kongenerinin miktarı.....	139
<b>Şekil 4.34.</b> Toprak numunelerinde tespit edilen PCB 138 kongenerinin miktarı .....	140
<b>Şekil 4.35.</b> Toprak numunelerinde tespit edilen PCB 180 kongenerinin miktarı.....	141
<b>Şekil 4.36.</b> Toprak numunelerinde tespit edilen PCB kongenerlerinin sapma değerleri ....	142
<b>Şekil 4.37.</b> Buğday örneklerinde tespit edilen OCP bileşiklerinin % dağılımları .....	146
<b>Şekil 4.38.</b> Buğday numunelerinde tespit edilen HCH bileşiklerinin miktarları.....	147
<b>Şekil 4.39.</b> Buğday numunelerinde tespit edilen heptachlor, heptachlor expoxide bileşiklerinin miktarları .....	148
<b>Şekil 4.40.</b> Buğday numunelerinde tespit edilen chlordane I, chlordane II bileşiklerinin miktarları.....	149
<b>Şekil 4.41.</b> Buğday numunelerinde tespit edilen endosulfan I, endosulfan II bileşiklerinin miktarları .....	149
<b>Şekil 4.42.</b> Buğday numunelerinde tespit edilen endrin, endrin aldehyde, endrin keton bileşiklerinin miktarları .....	150
<b>Şekil 4.43.</b> Buğday numunelerinde tespit edilen endrin, p,p, DDT, p,p, DDD, p,p, DDE bileşiklerinin miktarları .....	151
<b>Şekil 4.44.</b> Buğday numunelerinde tespit edilen endrin, aldrin, dieldrin bileşiklerinin miktarları.....	152
<b>Şekil 4.45.</b> Buğday numunelerinde tespit edilen methoxychlor bileşiğinin miktarı.....	152
<b>Şekil 4.46.</b> Buğday örneklerinde tespit edilen OPP bileşiklerinin % dağılımları.....	154
<b>Şekil 4.47.</b> Buğday numunelerinde tespit edilen diazion bileşiğinin miktarı.....	154
<b>Şekil 4.48.</b> Buğday numunelerinde tespit edilen methy-parathion bileşiğinin miktarı.....	155
<b>Şekil 4.49.</b> Buğday numunelerinde tespit edilen malathion bileşiğinin miktarı.....	156
<b>Şekil 4.50.</b> Buğday numunelerinde tespit edilen chlorpyrifos bileşiğinin miktarı .....	156
<b>Şekil 4.51.</b> Buğday numunelerinde tespit edilen parathion bileşiğinin miktarı.....	157
<b>Şekil 4.52.</b> Buğday örneklerinde tespit edilen PCB bileşiklerinin % dağılımları .....	158
<b>Şekil 4.53.</b> Buğday numunelerinde tespit edilen PCB 28 bileşiğinin miktarı .....	159
<b>Şekil 4.54.</b> Buğday numunelerinde tespit edilen PCB 52 bileşiğinin miktarı .....	159
<b>Şekil 4.55.</b> Buğday numunelerinde tespit edilen PCB 101 bileşiğinin miktarı .....	160
<b>Şekil 4.56.</b> Buğday numunelerinde tespit edilen PCB 118 bileşiğinin miktarı .....	161
<b>Şekil 4.57.</b> Buğday numunelerinde tespit edilen PCB 153 bileşiğinin miktarı .....	159
<b>Şekil 4.58.</b> Buğday numunelerinde tespit edilen PCB 138 bileşiğinin miktarı .....	160
<b>Şekil 4.59.</b> Buğday numunelerinde tespit edilen PCB 180 bileşiğinin miktarı .....	162

**Şekil 4.60.** Toprak ve buğday numunelerinde tespit edilen OCP, OPP, PCB bileşiklerinin karşılaştırılması.....163

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

As	: Arsenik
Ca	: Kalsiyum
CB	: Klorlu benzen
Cd	: Kadmiyum
Cl	: Klor
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
Hg	: Civa
Na	: Sodyum
Ni	: Nikel
Pb	: Kurşun
Zn	: Çinko
Mg	: Magnezyum
g	: Gram
$K_{ow}$	: Oktanol-su dağılım katsayıları
$Na_2SO_4$	: Sodyum sülfat
NaAc	: Sodyum asetat
$NO_3-N$	: Nitrat azotu
$PO_4-P$	: Fosfor
$MgSO_4$	: Magnezyum sülfat
s	: Saniye
$\mu g/kg$	: Mikrogram/kilogram
$mg/kg$	: Miligram/kilogram
$ng/kg$	: Nanogram/kilogram
$ng/g$	: Nanogram/gram
$pg/g$	: Pikogram/gram
$\mu S/cm$	: Mikrosimens/santimetre
$ng/\mu L$	: Nanogram/mikrolitre
$m^3/gün$	: Metreküp/gün
$m^3/s$	: Metreküp/saniye
$kg/ha$	: Kilogram/hektar
\$	: Dolar

## Kısaltmalar

AAS	: Atomik Absorbsiyon Spektrometresi
AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AKM	: Askıda katı madde
AM	: Ağır metal
BHC	: Benzen hekza klorür
BOİ <sub>5</sub>	: Biyokimyasal oksijen ihtiyacı
% BSS	: Bağlı standart sapma
DSİ	: Devlet Su İşleri
p,p-DDT	: p,p'-dichloro diphenyl trichloro ethane
p,p-DDD	: p,p'-dichloro diphenyl dichloro ethane
p,p-DDE	: p,p'-dichloro diphenyl dichloro ethylene
Eİ	: Elektriksel iletkenlik
EPA	: Çevre koruma ajansı
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Teşkilatı
GC	: Gaz kromatografi
GC-MS	: Gaz kromatografi-kütle spektroskopisi
GC-HRMS	: Gaz kromatografi- yüksek çözünürlüklü kütle spektroskopisi
GC-ECD	: Gaz kromatografi-elektron yakalama dedektörü
GC-NPD	: Gaz kromatografi-nitrojen fosfor dedektörü
GLC	: Gaz-sıvı kromatografi
GPS	: Küresel Konumlama Sistemi
HAc	: Asetik asit
HCB	: Hekza klora benzen
HCH	: Hekza klora siklo hekzan
HPLC	: Yüksek performans sıvı kromatografi
KGP	: Kirlilik gösterge parametre
KOİ	: Kimyasal oksijen ihtiyacı
KOK	: Kalıcı organik kirletici madde
LC <sub>50</sub>	: Ortalama öldürücü konsantrasyon
LOD	: Dedeksiyon limiti
LOQ	: Kantifikasyon limiti
MeCN	: Asetonitril
MRL	: Maksimum kalıntı limiti
OCP	: Organoklorlu pestisit
OPP	: Organofosforlu pestisit
ÖD	: Ölçüm değeri
ÖD <sub>maks</sub>	: Maksimum ölçüm değeri
PAH	: Poliaromatik hidrokarbon
PBDE	: Polibromlu difenil eter
PCB	: Poliklorlu bifenil
PCDD	: Poliklorlu dibenzo dioksin
PCDF	: Poliklorlu dibenzo furan
PSA	: Primer sekonder amin
PVC	: Polivinil klorür
QuEChERS	: Hızlı, kolay, ucuz, etkili, sağlam ve güvenilir
RD	: Referans değeri
SD	: Standart sapma

TC	: Toplam karbon
TOC	: Toplam organik karbon
TIC	: Toplam inorganik karbon
TN	: Toplam azot
TKKNKSDY	: Toprak Kirliliği Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş
Sahalara Dair Yönetmelik	
IUPAC	: Uluslararası Saf ve Uygulamalı Kimya Birliği
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
WHO	: Dünya Sağlık Teşkilatı

## 1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızla artması teknolojik gelişmeleri beraberinde getirirken, yiyecek talebinin ve su ihtiyacının artmasına sebep olmuştur. Hızla gelişen teknolojiyle birlikte çevreye bırakılan atık miktar ve türü de artmıştır. Özellikle endüstriyel faaliyetler sonucunda çevre, insan ve diğer canlılar için toksik özellikte kirleticiler oluşmaktadır. 1929'lu yıllardan beri birçok alanda (boya üretimi, yalıtım malzemeleri, elektronik, kimya endüstrisi vb.) ticari olarak kullanılan poliklorlu bifeniller (PCB'ler) de bu kirleticiler arasındadır.

Artan gereksinimleri karşılamak için ise çeşitli uygulamalara başvurulmaktadır. Ürün miktar ve kalitesini arttırmak, ürünleri zararlılardan korumak için tarım ilaçları uygulanması, su ihtiyacını karşılamak için atıksuların özellikle de tarımsal alanlarda yeniden kullanılması bu uygulamalardan bazılarıdır.

Atıksuların sulamada kullanılması yıllardır dünya çapında birçok şehirde uygulanmaktadır. Ancak atıksular ile uzun süreler boyunca sulama tarımsal topraklarda toksik maddelerin birikmesine sebep olabilmekte ve besin zincirine karışmasından dolayı da insan sağlığı için potansiyel bir risk oluşturabilmektedir. Uzun süre devam eden atıksu sulaması sonucu toprak verimliliği azalırken, toksik elementler toprakta birikerek ürünlere geçebilmektedir (Ansari ve Malik, 2009).

Pestisitlerin uygulamaları esnasında önemli bir kısmı atmosfere karışmaktadır. Hava akım şartları ve rüzgarın da etkisiyle atmosfere karışan pestisitler farklı bölgelere taşınabilmektedir. Atmosfere partikül ve buhar halinde karışan pestisitler, atmosferdeki gaz ve toz partiküllerine tutunarak birikirler. Daha sonra yağışlarla yeryüzüne inerek yeraltı ve yüzey sularına, caddelerde de kanalizasyon sistemine karışırlar. Böylece sular pestisitlerle kirlenmiş olur (Kalajzic ve ark., 1998). Ayrıca pestisit üretimi yapan endüstrilerde doğrudan değişik pestisit atıkları bırakırlar.

Pestisitler içinde kalıcılıkları nedeniyle en önemli olanları organoklorlu pestisitlerdir. Organoklorlu pestisitlerin (OCP'ler) tarım ve sanayide sıkça kullanılmaları çevrede önemli kirlilik problemlerine yol açmaktadır. Bazı OCP'ler birçok yıl önce yasaklanmış olmalarına rağmen kalıcılıklarından dolayı çevrede hala bulunmaktadır.

Organofosforlu pestisitler (OPP'ler) ise çevrede kalıcılıkları düşük olduğu için tercih edilmektedirler. Ancak düşük kalıcılıklarına rağmen insan ve memeliler için toksiktirler.

PCB'lerin sulara karışması doğrudan PCB üretimi yapan PCB endüstrilerinin atıksuyundan veya ürünlerinde PCB karışımını kullanan endüstrilerin atıksuyundan oluşmaktadır. Pestisitler, boyalar gibi PCB içeren kimyasalların sulara karışması da mümkündür. PCB'lerle kirlenmiş alanlardan, uygun koşullarda saklanmamış stoklardan, uygun yöntemlerle bertaraf edilmemiş atıklardan atmosfere karışan PCB'lerde yine yağışlar yoluyla yeryüzüne inerek sulara karışırlar.

Birleşmiş milletler çevre programı (UNEP) tarafından belirlenen 12 grup kalıcı organik kirletici sınıfına pestisitler ve PCB'ler de girmektedir. Kalıcı Organik Kirletici Maddeler (KOK'lar) fotolitik, kimyasal ve biyolojik bozunmaya karşı direnç göstermeleri nedeniyle doğaya salındığında olağandışı uzun süre boyunca ayrışmadan kalan belirli birtakım fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip, doğal veya antropojenik kökenli organik bileşiklerdir. KOK'lar insan dahil canlı organizmaların yağlı dokularında biyolojik birikim yapar ve besin zincirinin üst düzeyinde daha yüksek yoğunluklarında bulunurlar.

Tarım ilaçlarının kullanımı ürünleri zararlılara karşı koruyup miktarını arttırırken, bilinçsiz uygulamaları çevre ve insan sağlığını önemli ölçüde olumsuz etkilemektedir. Bu kimyasallarla ilgili en önemli sorun hedef organizmalar dışındaki bitki, hayvan ve insanlar içinde toksik olmalarıdır. Gıdalardaki pestisit kalıntılarının vücuda alımı ile oluşan kronik zehirlenme sonucu, akciğer hastalıkları, kanser, beyinde hasar, karaciğer ve böbrek rahatsızlıkları oluşabilir. Teratojen (ana karnında bebekte deformasyon), mutajen (genetik bozukluklar) ve alerjik etki gösteren pestisitler de vardır.

Yalıtkan ve kıvamlaştırıcı özelliklerinden dolayı sıkça kullanılan PCB'ler de canlılarda kanserojen etki, immün baskılayıcı etki, nörolojik etkiler, endokrin sistemi üzerine etki yaparlar. PCB ve pestisitlerin toksik etkileri anlaşılmaya başlayınca bazı türlerinin üretim ve kullanımına son verilmiştir.

Bu çalışmada, Konya Ana Tahliye Kanalındaki atıksu ile sulanan tarımsal alanlarda ve yetiştirilen buğdaylarda bazı organoklorlu ve organofosforlu pestisitlerin ve PCB'lerin kalıntıları belirlenerek atıksu ile sulamanın bu kirleticilerin toprak ve topraklarda yetişen ürünlerdeki (buğday) birikimini nasıl etkilediği ve besin zincirine taşınımaları incelenmiştir.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Pestisitler

Bitkilere zarar veren, ürün miktarı ve kalitesini olumsuz etkileyen zararlılara karşı bir dizi kimyasal geliştirilmiştir. Pestisitlerde bu kimyasal gruptan birisidir. Zararlılarla mücadele amacıyla üretilen pestisitler kullanılırken çevreye verebilecekleri zararlı etkiler göz ardı edilip bilinçsizce kullanılmıştır.

Pestisitler toksik ve biyosidal maddelerdir. Yani canlıları öldürmek üzere kullanılan maddelerdir. Her türlü pestisitinin kullanımında bu özelliğın dikkate alınması gerekir (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

#### 2.1.1. Pestisitlerin tanımı ve tarihçesi

Pestisitler sorun yaratan böcekler, hayvanlar, mikroorganizmalar, yabancı otlar ve diğer zararlıların önlenmesini ya da davranışlarını değiştirmesini sağlayan biyolojik olarak aktif kimyasallardır (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

İdeal bir pestisit;

- İstenmeyen zararlıyı kontrol edebilmeli,
- Hedef alınmayan canlıya zarar vermemeli,
- Uygun bir zaman sürecinde ekolojik olarak kabul edilebilir ürünlere dönüşmeli,
- Uygulama alanında kalabilmeli,
- Çevrede birikme potansiyeli olmamalıdır.

Ancak günümüzde kullanılan pestisitler bu nitelikleri sağlamamaktadır. Pestisitler toprağı kirletip, yeraltı sularına ve denizlere karışmaktadır (Kuş, 2007).

Tarımsal uygulamalarda ürünün miktar, tür ve kalitesini arttırmak, zararlılardan korumak için kimyasal maddeler yüzyıllardan beri kullanılmaktadır. Pestisit olarak kullanılan ilk maddeler arsenik ve kükürttür. Daha sonra nikotin gibi botanik kökenli maddeler kullanılmaya başlanmıştır. Çok yüksek riskli nikotin balık avlamak için halen bazı bölgelerde kullanılmaktadır. Nikotin 16. y.y. da, krizantemden elde edilen pyrethrum 19. yy da kullanılmaya başlanmıştır. Colorado patates böceğine karşı ABD'de paris yeşili gibi bakır arsenik bileşikleri kullanılmıştır. Daha sonra civa ve kurşun metal bileşikleri de kullanıma sokulmuştur. II. Dünya savaşına kadar kimyasal

kontrolünde, büyük oranda fungusit olarak bakır, civa tuzları ve kükürt, insektisit olarak ise arsenik, siyanür kullanılmıştır. 1939 yılında İsviçreli kimyacı Paul Mueller dikloro difenil trikoloro etan yani DDT'nin pestisit özelliklerini belirlemiştir. 1942 yılında piyasaya çıkan DDT hızla yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. II. Dünya Savaşında yeni bir sinir gazı üzerinde çalışan alman bilim adamları organofosforlu bir insektisiti (parathion) bulmuşlardır. Parathion 1943 yılında pazara sunulmuştur. Yine fenoksi herbisitlerin 2,4-D, ve 2,4,5-T herbisitlerin kullanımı 1940'lı yılların başlangıcında devreye girmiştir. II. Dünya savaşında botanik kökenli pestisitlerin ülkeye sağlanması güçleştikinde ABD'de ve diğer ülkelerde organik kimyasallara yönelmiştir. DDT'ye karşı direnç oluştuğunun gözlenmesi, yeni insektisitlerin bulunmasını hızlandırmıştır. İlk olarak BHC (Benzen hekza klorür), aldrin, dieldrin daha sonra da organofosforlu ve karbamat gibi pestisitlerin üretimi gerçekleştirilmiştir (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Bugün pestisit sanayisi geçen elli yıllık süre içinde gelişerek bini aşkın pestisit türü ve yüz milyonlarca tonluk üretimiyle çok büyük bir sanayi kolu haline gelmiştir (Vural, 1996).

### 2.1.2. Pestisitlerin sınıflandırılması

Pestisitler çeşitli şekillerde sınıflandırılmaktadır. Aktif oldukları etkene göre sınıflandırılırsa;

- İnsektisitler: Böcek öldürücüler (karıncalar, böcekler, tırtıllar, hamam böcekleri, sivrisinekler vb.),
- Herbisitler: Ot öldürücüler (yabani otlar, bitkiler, yosunlar),
- Fungisitler: Mantar öldürücüler (bitkisel hastalık mantarları, diğer mantar cinsleri vb.),
- Akarisitler: Akar öldürücüler (keneler, halı böcekleri, toz böcekleri vb.),
- Rodentisitler: Fare, kemirici öldürücüler,
- Pisisitler: Balık öldürücüler,
- Avenisitler: Kuş öldürücüler,
- Mollusitler: Yumuşakça öldürücüler,
- Nematisitler: Nematodlar, topraktaki segmentsiz kurtlar.

EPA pestisitleri işlevlerine göre sınıflandırmaktadır. Bunlar;

- Yaprak dökücüler (defoliant): Bitkilerin yaprağını dökerek etkileyenler,
- Kurutucular (dessicants): Bitkileri kurutucu etki yapanlar,
- Dezenfektanlar: Mikroorganizmaları etkisiz hale getirenler,
- Kaçınıncılar (repellent): Böcek ve kuşları kaçıranlar,
- Çekiciler (pheromonlar, yemler vb.) Böcekleri onları yok edecek sisteme doğru çekenler ve yönlendirenler,
- Kısırlık yapan kimyasallar (kemosterilantlar): Böceklerde kısırlaştırıcı etki yapanlar,
- Büyüme düzenleyiciler: Böcek veya bitkilerin büyümelerini geciktirenler veya hızlandıranlar.

Pestisitleri aynı zamanda kimyasal yapılarına göre de sınıflandırılabilir. Bunlar;

- Organofosforlular,
- N-metil karbamatlar,
- Organoklorlular,
- Bisditiyokarbamatlar,
- Organotinler,
- Botanik kökenli maddeler,
- Arsenikler,
- Fenoksialifatik asitler,
- Piretrodiler,
- Fenol türevleri,
- Mikrobiyaller.

Pestisitler kullanımlarına göre de sınıflandırılabilir. Bunlar;

- Tarımsal kullanım,
- Tarımsal olmayan kullanım.

Ayrıca;

- Halk sağlığı,
- Yapısal,
- Endüstriyel,
- Evsel,

- Bahçe pestisitleri olarak sınıflandırabiliriz.

Etki ettikleri gelişim evrelerine göre sınıflandırılabilirler. Bunlar;

- Larvisit: Larvaları öldüren,
- Ovisit: Yumurtalara zarar veren,
- Adlütisit: Erişkin böcekleri öldürenler.

Pestisitler kalıcılıklarına göre de aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

- Kalıcı olmayanlar: Birkaç günden-12 haftaya kadar etkisini sürdürenler.
- Orta derecede kalıcı: 1-18 ay arasında dayanabilenler.
- Kalıcı olanlar (persistent): Bir çok klorlu hidrokarbon bu gruba girmektedir. DDT, aldrin, dieldrin gibi maddeler 20 yıl kadar dayanabilmektedir.
- Sürekli kalıcılar (permanent): Civa, kurşun, arsenik.

### **2.1.3. Tez çalışmasında incelenen pestisitler**

#### **2.1.3.1. Organoklorlu pestisitler**

OCP'ler yapılarında klor bulunan alifatik veya aromatik klorlanmış hidrokarbonlardır (Vural, 2000). OCP'ler başlıca önemli pestisit türleri arasındadırlar. OCP'ler çevrede yüksek toksisite, kalıcılık ve besin zincirindeki biyokümülyasyonla bilinirler (Jırıes ve ark., 2002). OCP'ler çevre ve insana olan olumsuz etkileri nedeniyle birçok ülkede yasaklanmıştır.

Çizelge 2.1 ve 2.2'de OCP'lerin fiziksel ve kimyasal özellikleri ve kimyasal yapıları verilmiştir.

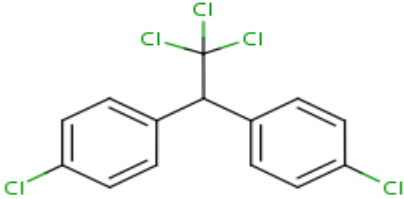
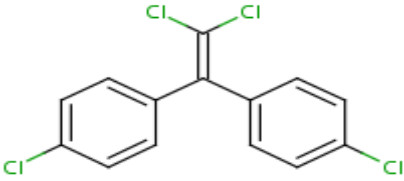
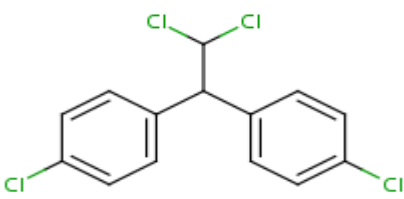
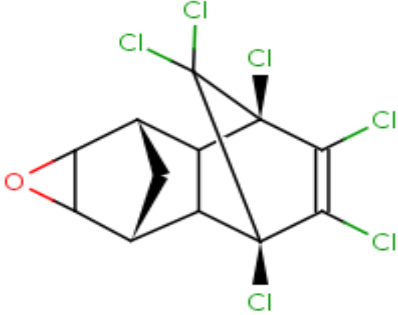
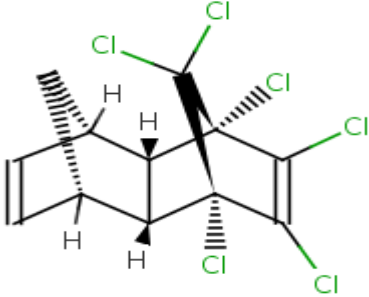
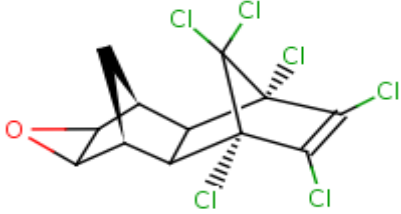
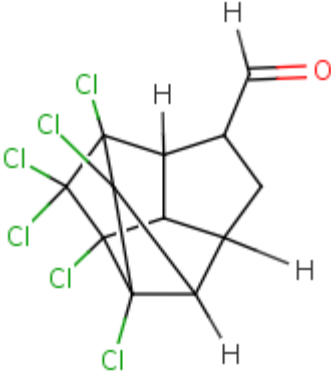
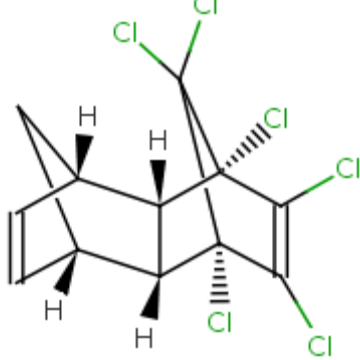
Çizelge 2.1. İncelenen OCP'lerin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (HSDB, 2012)

OCP'ler	Kimyasal formül	Molekül ağırlığı	Kaynama noktası/Erime noktası	Çözündüğü ortamlar	Çözünürlük (suda)	Log Kow
DDT	C <sub>14</sub> H <sub>9</sub> Cl <sub>5</sub>	354.49	0.05 mm Hg'da 186°C/108.5°C	Aseton, eter, benzen, karbon tetra klorür, kerosen, dioksan ve piridin içerisinde çözünür.	Suda 25 °C'de çözünürlüğü 5.50X10 <sup>-3</sup> mg/L'dir.	6.91
DDE	C <sub>14</sub> H <sub>8</sub> Cl <sub>4</sub>	318.03	- /89 °C	Yağ ve çoğu organik solvent içerisinde çözünür.	Suda 24 °C'de çözünürlüğü 0.065 mg/L'dir.	6.51
DDD	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub> Cl <sub>4</sub>	320.04	1 mm Hg'da 193°C /109-110 °C	Organik solvent içerisinde çözünür.	Suda 25 °C'de çözünürlüğü 0.09 mg/L'dir.	6.02
Dieldrin	C <sub>12</sub> H <sub>8</sub> Cl <sub>6</sub> O	380.91	- /175.5 °C	Aromatik solventler içerisinde çözünür, asetonda orta derecede çözünür, benzen içerisinde çözünür.	Suda 25 °C'de çözünürlüğü 0.195 mg/L'dir.	5.40
Aldrin	C <sub>12</sub> H <sub>8</sub> Cl <sub>6</sub>	364.91	2 mm Hg'da 145°C/104 °C	Aromatikler, esterler, ketonlar, parafinler, ve halojenli çözücüler içerisinde çözünür.	Suda 25 °C'de çözünürlüğü 170 mg/L'dir	6.50
Endrin	C <sub>12</sub> H <sub>8</sub> Cl <sub>6</sub> O	380.91	- /200°C	25 °C 'de g/100 ml çözücü içinde çözünebilirlik: aseton 17, benzen 13.8, karbon tetraklorür 3.3, heksan 7.1, ksilen 18.3'dür.	Suda 25 °C'de çözünürlüğü 0.25 mg/L'dir.	5.20
Endrin aldehyde	C <sub>12</sub> H <sub>8</sub> Cl <sub>6</sub> O	380.89	- /235 °C	-	Suda 25 °C'de çözünürlüğü 0.024 mg/L'dir.	4.80
Endrin ketone (isodrin)	C <sub>12</sub> H <sub>8</sub> Cl <sub>6</sub>	364.90	- /240-242 °C	-	Suda 25 °C'de çözünürlüğü 0.014 mg/L'dir.	6.75
Chlordane	C <sub>10</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>8</sub>	409.80	1 mm Hg'da 175°C / cis-isomer; 106-107°C, trans-isomer 104-105 °C	Alifatik ve aromatik hidrokarbon solventlerde çözünür.	Suda 25 °C'de çözünürlüğü 0.56 mg/L'dir.	6.16

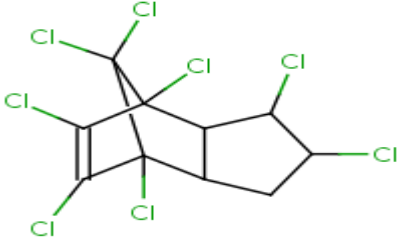
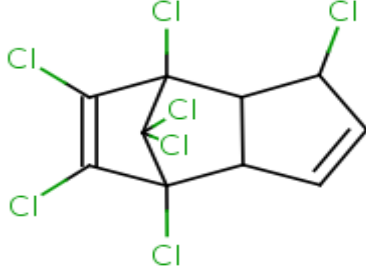
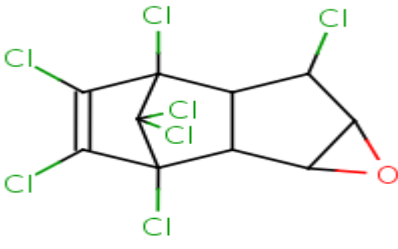
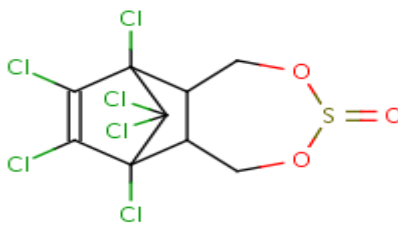
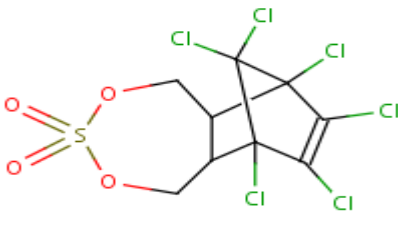
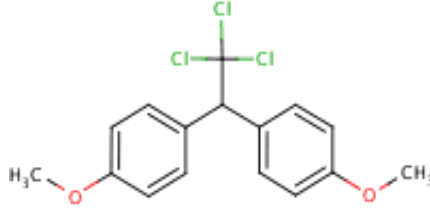
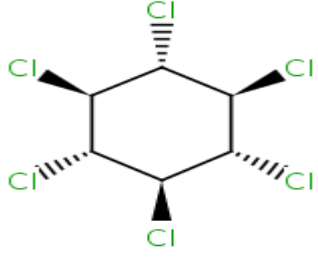
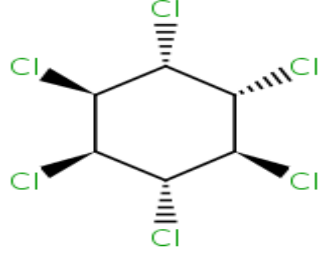
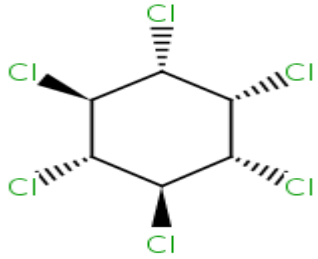
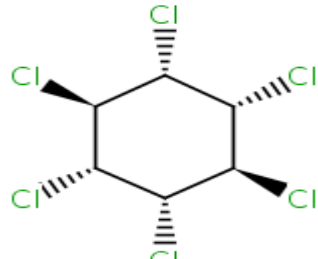
Çizelge 2.1. (Devam) İncelenen OCP'lerin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (HSDB, 2012)

Heptachlor	C <sub>10</sub> H <sub>5</sub> Cl <sub>7</sub>	373.32	1.5 mm Hg'da 145°C / 95-96 °C	Etil eter, etanol, ligroin, hekzan içerisinde çözünür.	Suda 25 °C'de çözünürlüğü 0.18 mg/L'dir.	6.10
Heptachlor epoxide	C <sub>10</sub> H <sub>5</sub> Cl <sub>7</sub> O	389.40	- /160-161.5 °C	-	Suda çözünürlüğü 0.350 mg/L'dir	5.40
Methoxychlor	C <sub>16</sub> H <sub>15</sub> Cl <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	345.65	- /87 °C	Alkol içerisinde çözünür.	Suda 25 °C'de çözünürlüğü 0.1 mg/L'dir.	5.08
Endosulfan	C <sub>9</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>6</sub> O <sub>3</sub> S	406.93	0.7 mm Hg'da 106°C/106 °C	Ksilen, kerosen, kloroform, aseton ve alkol içinde çözünür.	Suda 25 °C'de çözünürlüğü, alfa endosulfan için 0.53 mg/L beta endosulfan için 0.28 mg/L'dir.	alfa endosulfan için 3.83, beta endosulfan için 3.62
Endosulfan sulfate	C <sub>9</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>6</sub> O <sub>4</sub> S	422.95	- /181-182 °C	-	Suda çözünürlüğü 0.117 mg/L'dir.	3.66
β-HCH	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>6</sub>	290.83	0.5 mm Hg'da 60°C/309 °C	1.1 g/100g etanol, de 1.8g/100g ether'dir.	Suda 20 °C'de çözünürlüğü 0.2 mg/L'dir.	3.78
α-HCH	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>6</sub>	290.83	288 °C/158 °C	1.8 g/100g etanol, de 6.2 g/100 g ether'dir.	Suda 25 °C'de çözünürlüğü 2 mg/L'dir.	3.8
δ-HCH	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>6</sub>	290.83	0.36 mm Hg'da 60 °C/141.5 °C	24.4 g/100 g etanol, 35.4 g/100 g ether; 41.1 g/100 g benzene'dir.	Suda 25 °C'de çözünürlüğü 31.4 mg/L'dir.	4.14
Lindane	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>6</sub>	290.83	760 mm Hg'da 323.4°C/112.5°C	20°C'de asetonda >200g/l, metanolde 29- 40g/L, etil asetatta >200g/L, n- heptanda 10- 14g/L'dir.	Suda 25 °C'de çözünürlüğü 7.3 mg/L'dir.	3.72

Çizelge 2.2. İncelenen OCP'lerin kimyasal yapısı (HSDB, 2012)

 <p style="text-align: center;"><b>DDT</b></p>	 <p style="text-align: center;"><b>DDE</b></p>
 <p style="text-align: center;"><b>DDD</b></p>	 <p style="text-align: center;"><b>Dieldrin</b></p>
 <p style="text-align: center;"><b>Aldrin</b></p>	 <p style="text-align: center;"><b>Endrin</b></p>
 <p style="text-align: center;"><b>Endrin aldehyde</b></p>	 <p style="text-align: center;"><b>Endrin ketone -isodrin</b></p>

Çizelge 2.2. (Devam) İncelenen OCP'lerin kimyasal yapısı (HSDB, 2012)

 <p style="text-align: center;"><b>Chlordane</b></p>	 <p style="text-align: center;"><b>Heptachlor</b></p>
 <p style="text-align: center;"><b>Heptachlor epoxide</b></p>	 <p style="text-align: center;"><b>Endosulfan</b></p>
 <p style="text-align: center;"><b>Endosulfan sulfate</b></p>	 <p style="text-align: center;"><b>Methoxychlor</b></p>
 <p style="text-align: center;"><b><math>\beta</math>-HCH</b></p>	 <p style="text-align: center;"><b><math>\alpha</math>-HCH</b></p>
 <p style="text-align: center;"><b><math>\delta</math>-HCH</b></p>	 <p style="text-align: center;"><b>Lindane</b></p>

### 2.1.3.2. Organofosforlu pestisitler

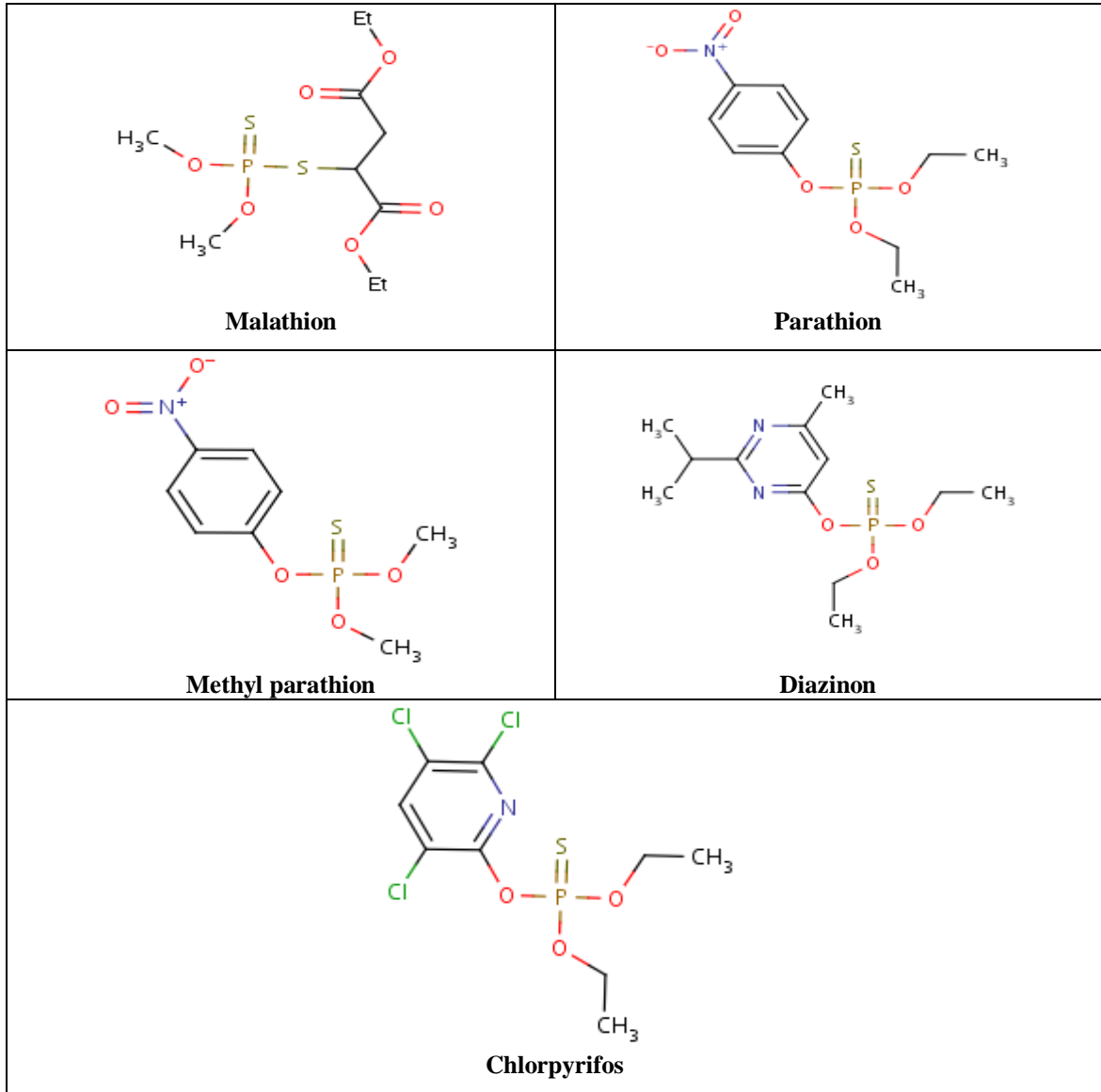
Yapısında azot ve fosfor bulunan organik yapıdaki pestisitler OPP'ler olarak bilinmektedir (Polat, 2010). OCP'lerin canlıların yağ dokularında birikme özellikleri ve uzun yarı ömürleri nedeniyle kullanımlarının kısıtlanmasıyla birlikte, zararlılara karşı daha toksik, kalıcılıkları daha düşük, insanlara olumsuz etkileri daha az olan OPP'lere yönelilmiştir (Ünal ve Gürkan, 2001).

Çizelge 2.3 ve 2.4'de OPP'lerin fiziksel kimyasal özellikleri ve kimyasal yapıları verilmiştir.

**Çizelge 2.3.** İncelenen OPP'lerin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (HSDB, 2012)

OPP'ler	Kimyasal formül	Molekül ağırlığı	Kaynama noktası / Erime noktası	Çözündüğü ortamlar	Çözünürlük (suda)	Log Kow
Malathion	C <sub>10</sub> H <sub>19</sub> O <sub>6</sub> PS <sub>2</sub>	330.36	0.7 mm Hg'da 156-157 °C/2.9 °C	Etanol ve aseton içinde çözünür, etil eter içinde çok çözünür.	20 °C suda çözünürlüğü 145 mg/L dir.	2.36
Parathion	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> NO <sub>5</sub> PS	291.26	760 mm Hg'da 375 °C/6.1 °C	Alkoller, esterler, eterler, ketonlar, aromatik hidrokarbonlar, hayvansal ve bitkisel yağlarda çözünürler.	20 °C suda çözünürlüğü 11 mg/L'dir.	3.83
Parathion methyl	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> NO <sub>5</sub> PS	263.21	136 Pa'da 154 °C/35 - 36 °C	Etanol, kloroform, alifatik solventler içerisinde çözünürler.	20 °C suda çözünürlüğü 55 mg/L'dir.	2.86
Diazinon	C <sub>12</sub> H <sub>21</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> PS	304.35	1 mm Hg'da 125 °C/ -	Ketonlar içerisinde çözünür.	20 °C suda çözünürlüğü 60 mg/L'dir.	3.81
Chlorpyrifos	C <sub>9</sub> H <sub>11</sub> Cl <sub>3</sub> NO <sub>3</sub> PS	350.59	320 °F/41-42 °C	Organik çözücüler içerisinde çözünür.	25 °C suda çözünürlüğü 1.4 mg/L'dir.	4.96

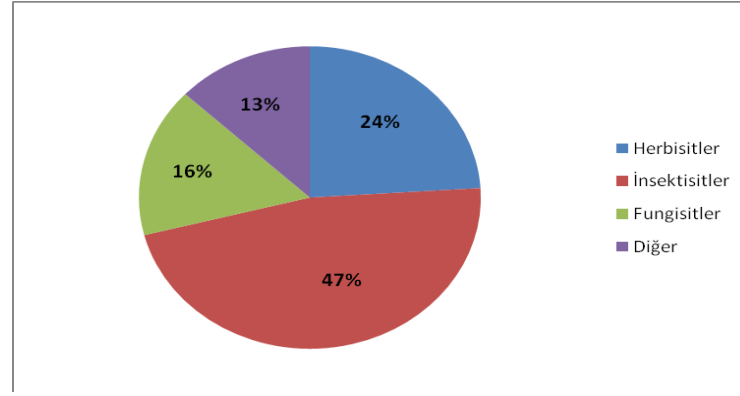
Çizelge 2.4. İncelenen OPP'lerin kimyasal yapısı (HSDB, 2012)



#### 2.1.4. Türkiye’de ve Dünya’da pestisit kullanımı

##### 2.1.4.1. Türkiye’de pestisit kullanımı

Pestisit guruplarına göre %47’sini insektisitler, %24’ünü herbisitler, %16’sını fungusitler, %13’ünü de diğer gruplar oluşturmak üzere Türkiye’de tarım ilacı tüketimi ortalama 33,000 tondur (Tiryaki ve ark., 2010). Şekil 2.1’de pestisit guruplarına göre Türkiye’de tarım ilacı kullanımı görülmektedir.



Şekil 2.1. Pestisit gruplarına göre Türkiye’de tarım ilacı kullanımı

Çizelge 2.5’de Türkiye’de etki ettikleri canlı gruplarına göre 1979 -2007 yılları arasındaki pestisit tüketimi verilmiştir. Çizelge incelendiğinde son yıllardaki önemli artışlar dikkat çekmektedir. Ülkemizdeki pestisit tüketimi 2002 yılında 12,199 ton iken, 2006 yılında yaklaşık %50 artış ile 18,258 ton ve 2007’de de %24.22 artarak 22,681 ton olmuştur (Delen, 2008).

Çizelge 2.5. Etki ettikleri canlı guruplarına göre 1979 -2007 yılları arasında etkili madde olarak Türkiye’de pestisit tüketimi (ton) (Delen, 2008)

Pestisit gurupları	1979	1987	1994	1996	2002	2006	2007
İnsektisitler	2,288	3,303	2,065	3,027	2,251	3,406	7,304
Akarisitler	203	240	192	223	297	219	315
Yağlar	1,595	2,147	2,147	2,871	2,428	2,144	2,447
Fumigant ve nematisitler	316	322	531	1,077	1,559	2,650	3,031
Rodensit ve mollusisitler	5.6	2.1	2.5	3.3	1.8	6.7	11.0
Fungisitler	1,537	2,612	2,201	2,951	1,964	4,432	4,945
Herbisitler	2,452	3,495	3,903	3,644	3,697	5,400	4,638
Toplam	8,396	12,112	10,872	13,797	12,199	18,258	22,681

Ülkemizdeki pestisit tüketimi her yıl az veya çok artış göstermiştir ve ülkemizde oldukça heterojen bir pestisit kullanımı vardır (Durmuşoğlu ve ark., 2010). Ülkemizdeki modern tarım yapılan Adana, Mersin ve Antalya illerinde pestisit kullanımı ülke ortalamasının üzerindedir. Türkiye’de yıllık pestisit tüketiminin %40’ı bu illerde gerçekleştirilmektedir. (Dağ ve ark., 2000).

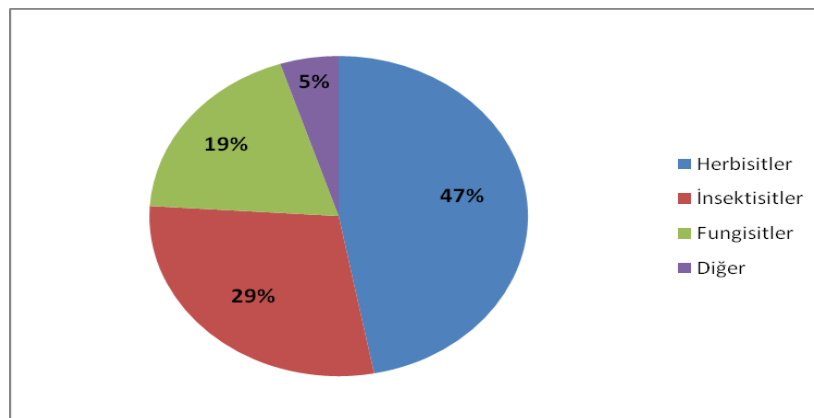
Konya’da ise ekilebilir alanın yaklaşık olarak %97.5’inde tahıl üretimi yapıldığı için kullanılan pestisit miktarı Türkiye ortalamasının altındadır. Ancak 2010 yılında, 2007 yılına göre %50’lik bir artış görülmüştür (Yeşil ve Ögür, 2011).

**Çizelge 2.6.** Konya ili 2006-2010 yılı kullanılan zirai mücadele ilaçları miktarları (kg)  
(Yeşil ve Öğür, 2011)

Pestisit gurupları	2007	2008	2009	2010
İnsektisitler	412,487	408,306	528,390	634,068
Fungisitler	520,362	516,340	685,140	856,425
Akarisitler	21,625	19,520	24,500	26,950
Fumigant ve nematisitler	22,244	18,760		
Herbisitler	497,227	437,186	620,185	806,240
Kışlık-yazlık yağlar	52,715	49,870		
Rodensit ve mollusisitler	28,585	26,403	40,150	44,165
Diğerleri	137,067	129,054	37,400	42,430
Toplam	1,694,319	1,607,447	1,935,765	2,410,278
Birim alanda kullanılan pestisit miktarları (g/da)	128	129	155	190

#### 2.1.4.2. Dünya’da pestisit kullanımı

Dünyada tarım ilacı üretimi 3 milyon ton, yıllık satış tutarı ise 25–30 milyar \$ arasında değişmektedir. Dünya pestisit pazarında tonaj olarak yılda %1 civarında bir büyüme beklenmektedir (Dağ ve ark.,2000). Şekil 2.2’de pestisit gruplarına göre Dünya’da tarım ilacı kullanımı görülmektedir. Herbisitler tarım ilaçları içinde %47’lik bir payla birinci sırayı almaktadır. Bunu %29 ile insektisitler izlemekte, fungisitlerin ise %19’luk bir payı bulunmaktadır. Diğer pestisit grupları ise %5’lik bir paya sahiptir. (Tiryaki ve ark., 2010).



**Şekil 2.2.** Pestisit guruplarına göre Dünya’da tarım ilacı kullanımı

Çizelge 2.7’de çeşitli ülkelerin hektar başına pestisit tüketimi verilmiştir. Türkiye’nin tüketimi ise hektar başına 400-700 g arasında değişmektedir. Bu değerler

Türkiye'nin AB ülkelerine göre oldukça az pestisit tükettiğini göstermektedir (Tiryaki ve ark., 2010).

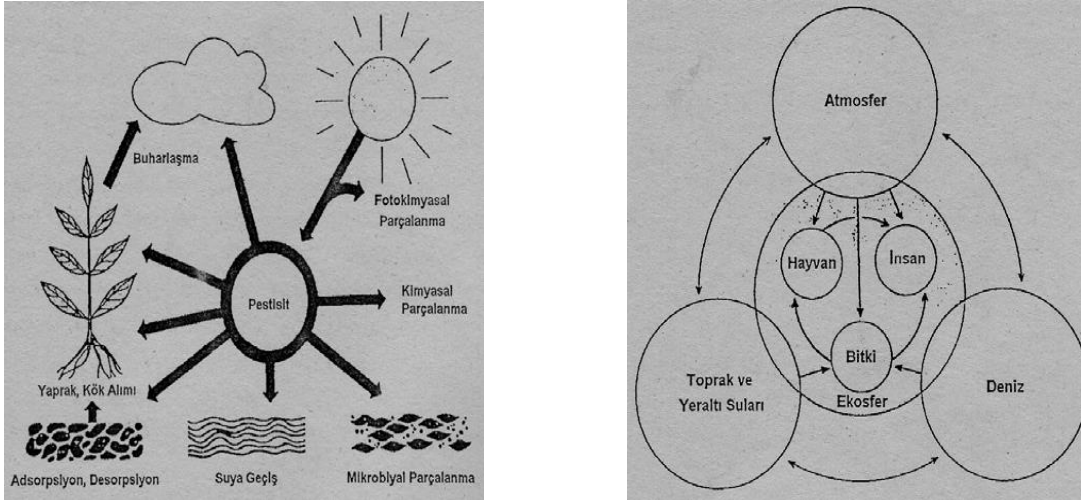
**Çizelge 2.7.** Bazı AB Ülkelerinde Birim Alanda Tüketilen Ortalama Pestisit Miktarları  
(Oskam ve ark., 1997)

Ülkeler	Pestisit Tüketimi (kg/ha)
Hollanda	13.8
Yunanistan	13.5
İtalya	9.3
İrlanda	8
İngiltere	6.4
Portekiz	6
Fransa	5.6
İsveç	4.4
Lüksemburg	4.4
Avusturya	4
Almanya	2.6
İspanya	2.3
Danimarka	1.7
Belçika	1.2
Finlandiya	1.2

### 2.1.5. Pestisitlerin çevredeki davranışları

Pestisitler uygulandıkları yüzeylerde parçalanmaya maruz kalırlar ancak sahip oldukları özellikleriyle parçalanmaya direnç gösterirler. Doğal kaynaklı pestisitler güneş ışığında hızla parçalanırken, sentetik pestisitler yüksek kalıcılık gösterir. Pestisitlerin çevredeki davranışlarının tahmininde suda çözülebilirlikleri ve oktanol-su dağılım katsayıları ( $K_{ow}$ ) kullanılır. Dağılım katsayısı değeri 7'den büyük olan bileşikler organik moleküllere kolayca bağlanarak toprak veya sediment tabakasında birikirler. Buna karşılık dağılım katsayısı 4-7 arasında olan kimyasallar lipofilik özelliktedir ve bu bileşikler yağlı dokularda kolaylıkla birikirler ve bunun sonucunda besin zincirine taşınım gerçekleşir (Yıldız ve ark., 2005).

Şekil 2.3.'te pestisitlerin ekosistemdeki akıbetleri ve davranışları gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Pestisitlerin ekosistemdeki davranışları

### 2.1.5.1. Pestisitlerin havadaki davranışları

Pestisitler havaya püskürtme, sis ve duman makineleri, basınçlı kutulardan bireylerin püskürtmesi gibi yöntemlerle uygulanmaktadır. Parçacıkların büyüklüğüne, dağılan hacme, hava akımının hızına, havanın sıcaklığına, diğer bazı faktörlere bağlı olarak uygulanan alanda kalabilir veya istenmeyen bölgelere yayılabilirler. Hava koşullarına bağlı olarak bölgeden kaymalar dikkatle değerlendirilmelidir.

### 2.1.5.2. Pestisitlerin sudaki davranışları

Toprak yüzeyinden akıntılarla gelen veya evlerden, bitkilerden ve tarımsal bölgelerden gelen pestisitler su kütlelerine karışabilir. Bazı pestisitler su akımı, toprağa enjekte edilmeleriyle, yağmur ve karla yıkanarak yeraltı sularına sızabilir. Yeraltı sularından içme suyuna karışabilirler. Pestisitlerin kullanılması bu nedenle mutlaka denetim altında olmalı, su kaynaklarının denetimi düzenli olarak yapılmalıdır.

### 2.1.5.4. Pestisitlerin topraktaki davranışları

Toprak ve pestisit özellikleri, bunların birbirleri ile reaksiyonu pestisitlerin toprak tarafından farklı derecelerde tutulmalarını sağlar. Pestisitlerin çoğu için toprak absorpsiyonunu belirleyen en önemli özellik, toprağın organik madde içeriğidir (Tosun ve ark., 1996).

Pestisitler topraktan havaya buharlaşabilecekleri gibi yeraltı sularına sızarak veya akararak da tehlike yaratabilirler.

Toprak kirliliğine bağlı olarak canlılar ve insanlar pestisitleri doğrudan alabilirler. Ayrıca pestisitler toprak aracılığıyla bitkilere geçebilir ve kimi kültür bitkilerinde söz konusu kimyasallar toksik düzeyde birikebilirler. Toprakta kullanılan kimyasalların kalıcı olmaması, kolayca parçalanarak zararsız hale dönüşmesi gerekmektedir.

### **2.1.6. Pestisitlerin insan ve çevre sağlığına etkileri**

#### **2.1.6.1. Pestisitlerin insan sağlığına etkileri**

Ürün kaybını önlemek ve ürün kalitesinin arttırmak için kullanılan pestisitler dikkatsiz ve korumasız şekilde uygulandığında insan sağlığını da tehdit etmektedirler. İnsanlarda pestisit zehirlenmeleri deri, solunum veya sindirim yolları ile pestisitlere maruz kalınması sonucu akut veya kronik olarak gerçekleşir. Akut zehirlenmeler genellikle pestisitlerin tarımsal uygulamaları sırasında gerçekleşirken, üretim tesislerinde, ilaç hazırlama sırasında da gerçekleşebilir. En büyük oranda etkilenim pestisit hazırlamakla görevli kişilerde olmaktadır. Bu nedenle pestisitler hazırlanırken ve kullanılırken kişinin koruyucu elbise giymesi, maske takması önemlidir.

Pestisitler uygulandıkları ürünlerde kalıntı bırakabilirler. İnsanlar tarafından pestisit kalıntısı taşıyan ürünlerin tüketilmesi kronik zehirlenmeye yol açabilir. Besinler yoluyla insan vücuduna giren pestisitler akciğer hastalıkları, karaciğer ve böbrek hastalıkları, beyinde hasar, kanser, anne karnındaki bebekte genetik bozukluklar gibi birçok soruna sebep olabilirler. Pestisitlere uzun süre maruz kalındığında, sinir, solunum, kalp damar, mide, bağırsak ve dolaşım sistemlerinde, karaciğer, böbrek gibi iç organlarda deri ve gözlerde çeşitli hasarlar meydana gelmektedir.

#### **2.1.6.2. Pestisitlerin çevreye etkileri**

Pestisit uygulamaları bitkilerin üzerine veya doğrudan toprağa verilerek yapılır. Toprak içinde bulunan yararlı organizmalar bu uygulamalardan etkilenir. Bu durum toprağın doğal yapısı, mineral döngüsü gibi özelliklerini olumsuz etkiler ve toprağın verimliliği düşebilir. Toprağa uygulanan pestisitler yeraltı suyuna taşınabilmektedir.

Suların tarım ilaçları ile kirlenmesinin balıklar ve kuşlar için hayati önemi olmakla birlikte suyu insan ve hayvanların içmesi bakımından da istenmeyen durumlar ortaya çıkabilir (Gedikli, 2001).

Ayrıca tarımsal ilaçlarla kirlenmiş sularda yaşayan akuatik canlılardaki kalıntılar pestisitlerin besin zincirine karışmasına sebep olurlar.

Bazı pestisitler ise uzun yarı ömre sahip olup oldukça zor bozunurlar bu özellikleri onların çevrede uzun süre kalıp farklı ortamlara taşınmalarını sağlar. Böylece zararlılarla mücadele için kullanılan pestisitler hava, su ve toprak ortamlarında bulunmaktadır.

Pestisitlerin bilinçli kullanılmaması toprak, su ve hava kirliliğine yol açarken bu çevresel ortamlarda yaşayan hedef olmayan mikroorganizmaları olumsuz etkilerler. Arılar, kuşlar, balıklar, mikroorganizmalar ve omurgasızlarda ölümler, kuş, balık ve diğer organizmalarda üreme potansiyelinin azalması, insanlar tarafından tüketilen canlıların vücutlarındaki birikimden dolayı insanların etkilenmesi gibi sorunlar ortaya çıkabilmektedir.

## 2.2. Poliklorlu Bifeniller

PCB'ler 1-10 arası Cl atomunun bağlandığı tek bağla bağlanmış iki benzen halkasından oluşan sentetik organik kimyasallardır. Yapıları  $C_{12}H_xCl_y$  şeklindedir ( $x=0\sim9$   $y=10-x$ ) (UNEP, 1999).

Doğal kaynakları olmayan PCB'ler, doğrudan üretilenler gibi yan ürün olarak da ortaya çıkabilirler. PCB'ler çevrede kalıcıdır, canlıların vücutlarında birikim yaparlar ve çok zehirlidirler ve tüm çevresel ortamlarda bulunabilirler.

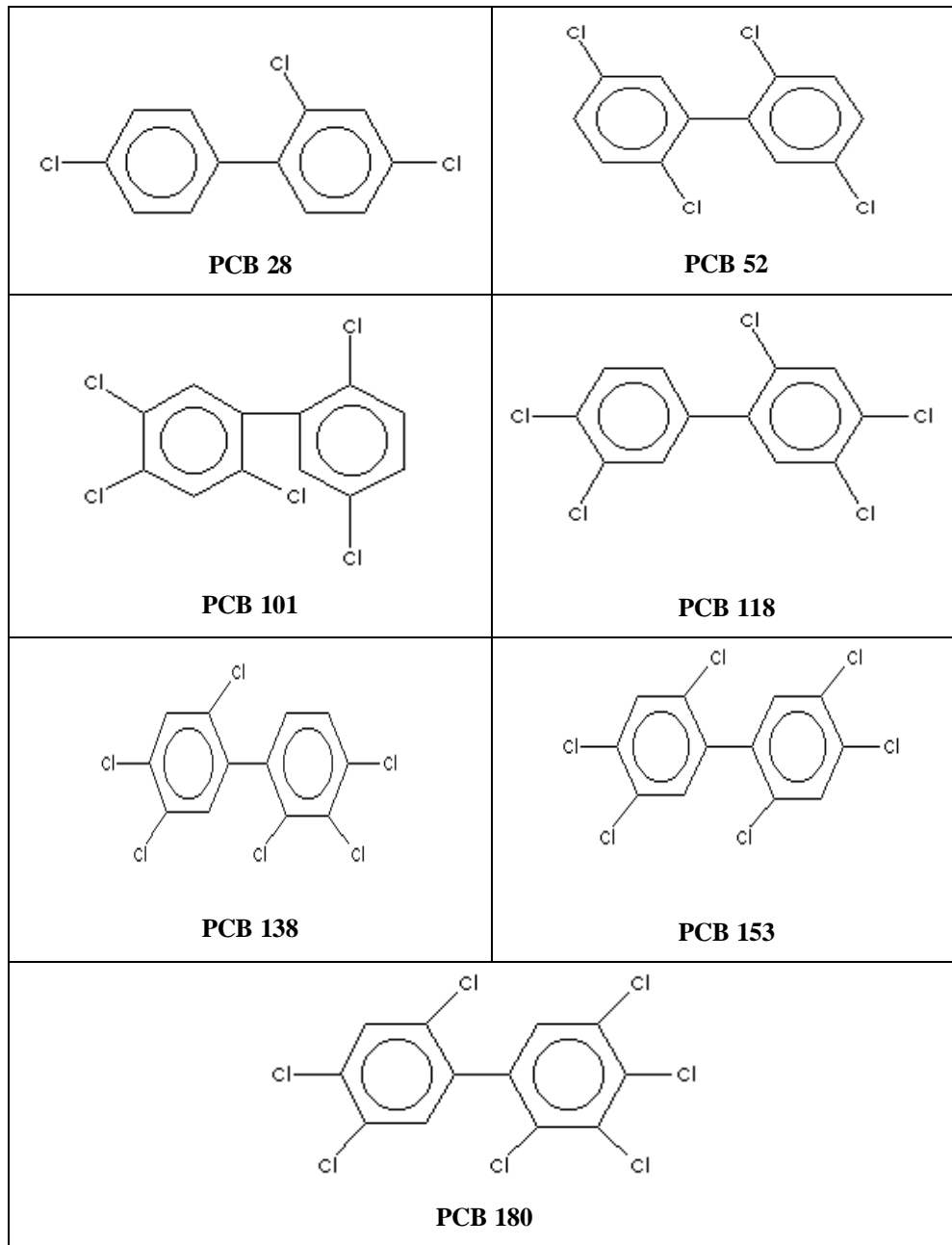
PCB'lerin 209 alt türü mevcuttur (UNEP, 1999). Ticari olarak aroclor 1254 ve phenoclor gibi isimlerle bilinirler.

Ticari PCB'lerin çoğu kendiliğinden parçalanabilir özellikteki PCB karışımlarından oluşur. Ancak bir kısmı kararlıdır ve biyolojik bozunmaya dayanıklıdır ve daha çok toksik olan dioksin benzeri PCB olma eğilimindedir (UNEP, 1999).

Çizelge 2.8'de tez çalışmasında incelenen PCB IUPAC numaraları, isimleri, kimyasal formülleri ve molekül ağırlıkları verilmiştir.

**Çizelge 2.8.** İncelenen PCB'lerin IUPAC numaraları, kimyasal formülleri ve molekül ağırlıkları

Kongene r no	IUPAC adı	Kimyasal formül	Molekül ağırlığı	Erime noktası	Çözündüğü ortamlar	Çözünürlük (suda)	Log Kow
PCB 28	2,4,4'-Trichlorobiphenyl	C <sub>12</sub> H <sub>7</sub> Cl <sub>3</sub>	257.54	100.85 °C	Organik solventlerde çözünür.	25 °C suda çözünürlüğü 0.3407 mg/L'dir.	5.62
PCB 52	2,2',5,5'-Tetrachlorobiphenyl	C <sub>12</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>4</sub>	291.99	122.32 °C	Organik solventlerde çözünür.	25 °C suda çözünürlüğü 0.086 mg/L'dir.	6.09
PCB 101	2,2',4,5,5'-Pentachlorobiphenyl	C <sub>12</sub> H <sub>5</sub> Cl <sub>5</sub>	326.43	134.60 °C	-	25 °C suda çözünürlüğü 0.01337 mg/L'dir.	6.81
PCB 118	2,3',4,4',5-Pentachlorobiphenyl	C <sub>12</sub> H <sub>5</sub> Cl <sub>5</sub>	326.43	134.60 °C	-	25 °C suda çözünürlüğü 0.007126 mg/L'dir.	7.12
PCB 153	2,2',4,4',5,5'-Hexachlorobiphenyl	C <sub>12</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>6</sub>	360.86	146.34 °C	Organik solventlerde çözünür.	25 °C suda çözünürlüğü 0.001281 mg/L'dir.	7.75
PCB 138	2,2',3,4,4',5'-Hexachlorobiphenyl	C <sub>12</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>6</sub>	360.88	146.34 °C	Organik solventlerde çözünür.	25 °C suda çözünürlüğü 0.002357 mg/L'dir.	7.44
PCB 180	2,2',3,4,4',5,5'-Heptachlorobiphenyl	C <sub>12</sub> H <sub>3</sub> Cl <sub>7</sub>	395.32	163.56 °C	Organik solventlerde çözünür.	25 °C suda çözünürlüğü 0.000284 mg/L'dir.	8.27

**Çizelge 2.9.** İncelenen PCB bileşiklerinin kimyasal yapıları (Caslab, 2012)

### 2.2.1. PCB'lerin tarihçesi

Doğal kaynağı bulunmayan PCB'lere benzer kimyasallar ilk olarak 1865 yılında kömür katranında bulunmuştur. 1881 yılında ise PCB'ler sentezlenmiştir. PCB'ler 1914 yılında doğada bazı kuşların tüylerinde tespit edilmiştir. PCB bileşiklerinin ticari üretimi ilk olarak 1929 yılında Amerika Bileşik Devletleri'nde başlamıştır (Tanabe, 1988). 1935 yılından itibaren İtalya, Fransa, Almanya ve Japonya'da çeşitli firmalarca üretimi yapılmıştır.

Üretimin yoğun olarak yapıldığı General Electric ve Westinghouse firmalarında PCB'lerin ilk toksik etkileri işçilerde görülmeye başlamıştır. 1930'ların ortalarında mesleki maruziyet nedeniyle ölümler görülmeye başlamıştır. Bu problemler ortaya çıkmasına rağmen 1970'lere kadar PCB'ler sanayide yaygın olarak kullanılmıştır. Harvard Üniversitesi üretimin başlamasından 7 yıl sonra PCB'lerin etkilerini incelediği bir toplantı yapmıştır ve PCB'ler ilk olarak bilimsel alanda gündeme gelmiştir. PCB'lerin çevreye olan ilk etkileri 1966 yılında İsveçli araştırmacı Sören Jensen'in balık ve kartal numunelerinde pestisit analizi yaparken tesadüfen 200 adet belirlenemeyen bileşikler saptaması ile ortaya çıkmıştır (Jensen, 1966). Daha sonra bu bileşiklerin insan ve çevre üzerindeki etkileri incelenmeye başlanmıştır.

### **2.2.2. PCB bileşiklerinin kullanım alanları**

PCB'ler pek çok uygulamada kullanılırlar bu uygulamaların çoğu elektrikli ekipmanlardaki yalıtkan sıvılar, mekanik işlemlerde ısı iletim sıvıları, akışkanlaştırıcılar, motor yağları, mürekkepler veya dış yüzey kaplamalarıdır. PCB'lerin kullanım alanları kapalı, yarı kapalı ve açık sistemler olarak sınıflandırılabilir.

#### **Kapalı Sistemler;**

PCB'lerin ekipman içinde tutulduğu kullanım alanıdır. Ekipmanın onarımı, bakımı, devreden çıkarılması, hasarlı durumda sızıntı yapması gibi durumlar dışında bu uygulamalarda kullanıcı ve çevre PCB'lere maruz kalmaz.

PCB'lerin kullanıldığı kapalı uygulamalar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Elektrikli transformatörler,
- Elektrikli kondansatörler,
- Elektrik dağıtım sistemlerinde güç faktörü kondansatörleri,
- Aydınlatma balastları,
- Buzdolapları, ısı sistemleri, klimalar, saç kurutucular, su kuyusu motorlarındaki motor start kondansatörleri,
- Televizyonlar ve mikro dalga fırınlar dahil elektrikli ekipmanlardaki kondansatörler,
- Elektrikli motorlar (bazı özel sıvı soğutmalı motorlarda çok az miktarda),
- Elektrikli mıknatıslar (bazı sıvı soğutmalı ayırıcı mıknatıslarda çok az miktarda).

### **Yarı Kapalı Sistemler;**

PCB yağının periyodik kullanımı dışında çevreye direk temasının olmadığı uygulamalardır. Deşarjlar sırasında çevreye PCB salınımı olabilir.

PCB'lerin kullanıldığı yarı kapalı uygulamalar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Isı transfer sıvıları (İnorganik kimyasallar, organik kimyasallar, plastikler ve sentetikler ve petrol rafinaj endüstrileri),
- Hidrolik sıvılar (Madencilik ekipmanları, alüminyum, bakır, çelik ve demir işleme endüstrileri),
- Vakumlu pompalar (Elektronik parça imalatçıları; laboratuvar, araç ve araştırma uygulamaları ve atık su deşarj alanları),
- Şalterler (Elektrik altyapı hizmetleri),
- Voltaj regülatörleri (Elektrik altyapı hizmetleri),
- Sıvı dolgulu elektrik kabloları (Elektrik altyapı hizmetleri ve özel elektrik üretim tesisleri, örneğin, askeri tesisler),
- Sıvı dolgulu devre kesiciler (Elektrik hizmetleri).

### **Açık Sistemler;**

PCB'lerin doğrudan çevre ile temasta olduğu sistemlerdir. Bu tür uygulamalarda PCB'ler kolaylıkla çevreye ulaşabilirler.

PCB'lerin kullanıldığı açık uygulamalar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Makine yağları,
  - Mikroskoplar için immersiyon yağı,
  - Fren balataları,
  - Kesme yağlar,
  - Yağlama yağları (doğal gaz hava kompresörleri),
- Yüzey kaplamaları,
  - Boyalar (gemilerin alt kısmındaki boya),
  - Tekstil için yüzey işleme,
  - Karbonsuz kopya kağıdı (baskıya duyarlı),
  - Yangın geciktiriciler (tavan kaplaması üzerinde, mobilya ve duvarlarda),
  - Toz kontrolü ( asfalt, toz tutucu, doğal gaz boru tesisatı),
- Yapıştırıcılar,
  - Özel yapıştırıcılar,

- Suya dayanıklı duvar kaplamaları için yapıştırıcılar,
- Akışkanlaştırıcılar,
  - Conta dolgu maddesi,
  - Beton derzlerde dolgu malzemesi,
  - PVC (polivinil klorlu plastikler),
  - Kauçuk yalıtım maddesi (Hava deliklerinin etrafına, kapı ve pencerelerin etrafına),
- Mürekkepler,
  - Boyalar,
  - Matbaa mürekkebi,
- Diğer kullanımlar,
  - İzolasyon malzemeleri,
  - Pestisitler.

### 2.2.3. Türkiye’de ve Dünya’da PCB’lerin durumu

#### 2.2.3.1. Türkiye’de PCB’lerin durumu

Ülkemizde PCB üretimi yapılmamıştır fakat PCB içeren teçhizatlar diğer ülkelerden ithal edilmiştir. Ülkemizde PCB içeren madde ve ekipmanın niteliği ve miktarına ilişkin kesin veriler yoktur. PCB içeren madde ve ekipmanların ülkemizde tahmini olarak toplamının 140,000 ton olduğu belirlenmiştir (PCB özel ihtisas komisyonu raporu, 2012). Çizelge 2.10.’da Türkiye’deki PCB içeren teçhizatların tahmini miktarları verilmiştir.

**Çizelge 2.10.** Türkiye’deki PCB’li teçhizatın tahmini miktarları

Teçhizatın tipi	Tahmini teçhizat miktarı	Ortalama ağırlık (kg/birim)	Tahmini toplam miktarlar (ton)
PCB’li transformatörler	18,750	2,500	46,000
PCB ile kirlenmiş transformatörler	37,500	2,500	93,000
PCB’li kapasitörler	18,750	50	1,000
Toplam PCB içeren teçhizat	75,000	-	140,000

Yurdumuzda insan vücudundaki OCP’lerin miktarlarının belirlenmesine yönelik çalışmalar 1976 yılından bu yana insan anne sütü ve adipoz doku örneklerinde çeşitli

araştırmalarla ortaya koyulmaya çalışılmaktadır. Diğer yandan yurdumuzda PCB bileşiklerinin insanlarda, gıdalarda ve diğer çevresel matrislerde düzeylerinin belirlenmesine yönelik olarak yapılan çalışma sayısı son derece azdır. İnsan vücudundaki PCB bileşiklerinin varlığına yönelik çalışmalar kısa süre önce gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Yağ, anne sütü ve yağ doku (adipoz) üzerinde yapılan çalışmalarda ölçülebilir düzeyde PCB kirliliği tespit edilmiştir (PCB özel ihtisas komisyonu raporu, 2012).

### 2.2.3.2. Dünyada PCB'lerin durumu

PCB'ler sanayi ölçeğinde üretilmiş, kimyasal olarak ve ürünlerin içerisinde dünyanın her köşesine ihraç edilmiştir. PCB üreten ülkeler arasında Avusturya, Çin, Çekoslovakya, Fransa, Almanya, İtalya, Japonya, Rusya Federasyonu, İspanya, İngiltere ve Amerika Birleşik devletleri yer almaktadır. Avrupa ve Amerika'da 1970'lerin başında PCB'lerin açık uygulamalarda kullanımına sınırlamalar getirilmiş ancak 1980'lerin sonuna kadar kapalı uygulamalarda kullanımlarına izin verilmiştir.

Çizelge 2.11'de bazı ülkelerde PCB üretimine başlama tarihleri, üretime son verilme tarihleri ve üretilen PCB miktarları verilmiştir.

**Çizelge 2.11.** Dünya çapında PCB üretimi (Breivik ve ark., 2002)

Üretici Firma	Ülke	Üretime Başlama Tarihi	Üretime Son Verilme Tarihi	Üretilen Miktar (ton)
Monsante	Amerika Birleşik Devletleri	1930	1977	641,246
Geneva Ind.	Amerika Birleşik Devletleri	1971	1973	454
Kanegafuchi	Japonya	1954	1972	56,326
Mitsubishi	Japonya	1969	1972	2,461
+Bayer AG	Batı Almanya	1930	1983	159,062
Prodelec	Fransa	1930	1984	134,654
S.A.Cross	İspanya	1955	1984	29,012
Monsanto	İngiltere	1954	1977	66,542
Caffaro	İtalya	1958	1983	31,092
Chemko	Çek Cumhuriyeti	1959	1984	21,482
Orgsteklo	Rusya	1939	1990	141,800
Orgsintez	Rusya	1972	1993	32,000
Xi'an	Çin	1960	1979	8,000
Toplam		1930	1993	1,324,131

#### 2.2.4. PCB'lerin çevreye yayılımı

PCB'ler kimyasal özelliklerinden dolayı birçok alanda kullanılmakta ve çevreye çeşitli yollarla geçebilmektedirler. Endüstri, otomotiv, elektrik gibi alanlarda kullanılan ekipmanlardan çıkan atık yağlar belirlenebilir düzeyde PCB içermektedir. Bu atıkların uygun bertarafının yapılmaması çevreyi önemli ölçüde PCB kirliliğine maruz bırakabilir. Ayrıca PCB içeren ekipmanların bakım ve onarımı sırasında veya bu ekipmanların uygunsuz şekilde ve uygun olmayan ortamlarda kullanım dışı bırakılması sonucu PCB'lerin çevreye yayılımı mümkündür. Binalardaki beton yapıların dolgu malzemelerinde, elektrik tesisatında, floresan lambalarda, kaplamalarda, yangın geciktiricilerde, boyalarda PCB'ler bulunur. Bu yapıların kullanım dışı kalmasıyla yıkımlarında PCB içeren atıklar çevreye bırakılırlar.

Endüstrilerden atıksu arıtma tesislerine karışan PCB'ler burada uygun arıtım yöntemlerinden geçmediği için atık su deşarj noktalarına, çamur depolama alanlarına PCB içeren atıklar bırakılır. Aynı şekilde düzenli düzenli/düzensiz katı atık depolama sahalarına uygun şekilde bırakılmayan PCB içeren atıklar da vardır. Bunlar PCB'lerin toprak, yeraltı suyu ve havaya karışmasına sebep olurlar. Endüstriyel ve evsel atıkların yakma işlemi sırasında PCB emisyonları oluşabilir.

Çizelge 2.12'de kara ve kıyılardaki ve açık okyanuslardaki ekosistemlerde bulunan PCB miktarları verilmiştir.

**Çizelge 2.12.** Ekosistemlerde bulunan PCB miktarları (Eisler ve Belisle, 1996)

<b>Ekosistem</b>	<b>PCB miktarı (ton)</b>
<b>Kara ve Kıyılarda</b>	
Hava	500
Nehir ve Göller	3,500
Deniz suyu	2,400
Toprak	2,400
Sediment	130,000
Biota	4,300
<b>Açık Okyanus</b>	
Hava	790
Deniz suyu	230,000
Sediment	110
Biota	270
<b>Toplam</b>	<b>374,000</b>

Su içerisinde PCB'ler sedimentte ve diğer organik maddelere absorbe olurlar. Sedimentte ve askıda maddelerde tespit edilen PCB miktarları suya göre oldukça

fazladır ve yüksek oranda klor içeren PCB'ler sedimentte daha kuvvetli bir şekilde absorbe olurlar. Sediment tabakasının toplam organik karbon seviyeleri ile PCB seviyeleri arasında önemli bir ilişki vardır ve PCB'ler ince partiküller üzerinde yoğun bir şekilde bulunurlar (Çakıroğlu ve Seçer, 2011). Topraklardaki PCB seviyeleri, toprak yapısı, topraktaki bitki türleri, bitki yüzey alanları ve çevresel şartlar (rüzgar yönü ve şiddeti, sıcaklık) gibi etkilerle değişiklik göstermektedir (Backe ve ark., 2004). Sıcaklığın yüksek olduğu mevsimlerde topraktan buharlaşma olduğu için topraktaki PCB seviyeleri düşük, atmosferde ise PCB'ler yüksek seviyelerde bulunurlar. Soğuk mevsimlerde ise bu durumun tam tersi söz konusudur. Toprakta havalanan tabakadaki PCB'ler, buharlaşma yoluyla havaya karışabilirler, topraktaki mevcut nemde çözünebilirler, toprak partikülleri üzerine adsorbe olabilirler ve biyolojik olarak degradasyona uğrayabilirler (Çakıroğlu ve Seçer, 2011). PCB'lerin 1930-1993 yılları arasında toplam 1.3 milyon ton üretildikleri ve bu miktarın büyük bir kısmının da doğada, özellikle de toprak ve sedimentte biriktiği bilinmektedir.

Dünya çapında yapılan pek çok çalışmada kaynaklarından çok uzak kırsal toprak, sediment ve sularda PCB'lere rastlanmıştır. Meijer ve ark. (2003) yaptıkları çalışmada Antalya civarındaki işlenmemiş topraktan alınan numunede pek çok PCB bileşiğinin ölçülebilir düzeyde olduğunu, numunelerdeki PCB konsantrasyonlarının dünya ortalamalarının yaklaşık %5-15'i civarında olduğunu belirtmiştir. Ayrıca tüm Dünya PCB üretiminin %86'sının Türkiye'nin de içinde bulunduğu 30°-60 °N enlemleri arasında ve toprakta en yüksek PCB konsantrasyonlarının da aynı enlemler arasında olduğunu göstermiştir. UNEP-Global Çevre Ajansı tarafından Avrupa'yı da içine alan modelleme çalışmalarında Türkiye'ye hava yoluyla Avrupa'dan PCB'lerin taşındığı belirtilmektedir.

## **2.2.5. PCB'lerin insan ve çevre sağlığı üzerine etkileri**

### **2.2.5.1. PCB'lerin insan sağlığına etkileri**

Kimyasal kararlılıkları ve lipofilik özellikleri nedeniyle besin zincirine girebilen ve suda çözünmeyip yağda çözünürlükleri çok yüksek olduğu için canlıların vücutlarında birikim yapabilen PCB'ler insan sağlığını birçok yönden tehdit etmektedir. PCB'lerin insanlar üzerindeki etkileri kanserojenik etkiler, öğrenme ve bellek bozukluğu üzerine etkiler, immün sistemi üzerine etkiler, endokrin bozucu etkiler, tiroid

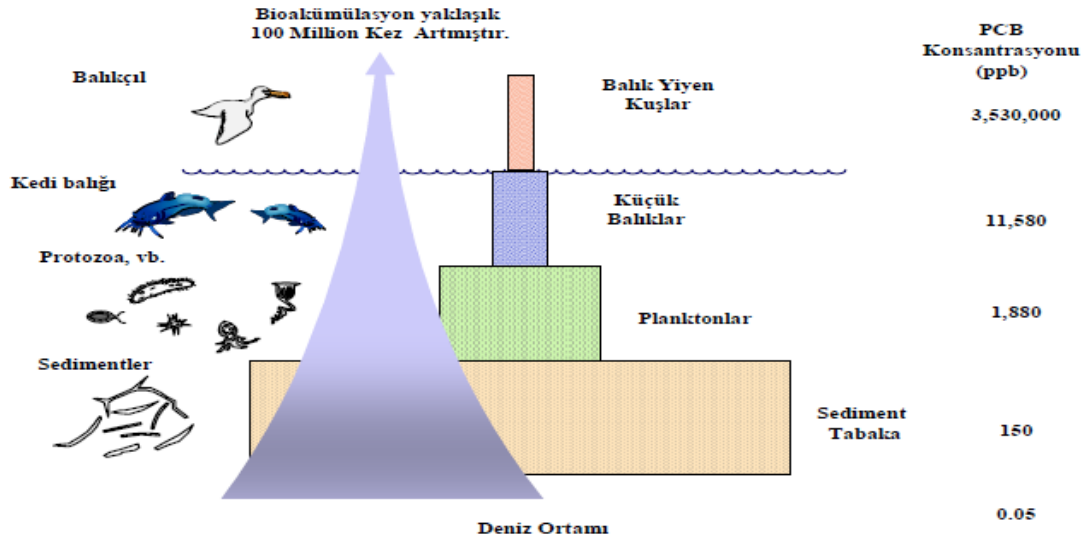
hormonları üzerine etkiler, östrojenik ve antrojenik etkiler olarak incelenebilir (Seyran ve Erişir, 2008).

PCB'lere maruziyetin kansere sebep olduğu bilinmektedir. PCB'lere maruz kalan insanlarda karaciğer, safra kesesi, beyin, akciğer gibi kanser türlerinde artış olduğu belirlenmiştir (Cogliano, 1998). Dioksin benzeri PCB'lerin daha kanserojenik olduğu düşünülmektedir. PCB'ler tiroit bezinin yapısında ve serum tiroit hormonu seviyesinde ve insülin hormonlarının salınımında azalmaya sebep olmaktadır (Collins ve Capen 1980). PCB'lerin en sık görülen etkilerinden biri olan serum tiroit hormonu seviyesindeki azalma sonucu da kişilerde öğrenme bozukluklarına ortaya çıkar. İnsülin ve tiroit hormonlarının salınımının değişmesi ise kişilerde endokrin bozucu etkiler olarak görülür.

PCB'ler ile akut zehirlenme vakaları meydana gelen kazalarda görülmüştür. Japonya'da 1968 yılında meydana gelen Yusho kazasında PCB'ler ile kontamine olmuş besinlerin tüketilmesi ile 1,863 kişi zehirlenmiştir. Genel olarak klorakne, göz kapaklarında şişme, bulantı, kusma belirtileri gözlenmiştir. 1979 yılında Tayland'da meydana gelen kazada ise yine PCB'ler ile kontamine olmuş besinler tüketilmiştir. Yuhua kazasında görülen belirtilerle benzer belirtilerin görüldüğü kazada 2,061 kişi zehirlenmiştir.

#### **2.2.5.2. PCB'lerin çevreye etkileri**

PCB'ler üretim ve kullanımları sırasında hava, toprak, su çevresel ortamlarına girerler, fiziksel kimyasal ve biyolojik bozunmaya dayanıklı olmaları sebebiyle çevrede uzun süre kalırlar. Parçalanmaları içerdikleri klor atomuna bağlıdır, klor atomu sayısı arttıkça çevrede kalıcılıkları da artar. PCB'lerin su gibi polar ortamlarda ve havada birikim özelliği düşüktür. Başlıca toprak ve sediment ortamlarında birikirler. Sediment ortamında organizmalarda birikim yaparlar. Balıklar tarafından bu organizmaların yenmesiyle, buldukları ortamda kolayca buharlaşıp atmosferde farklı bölgelere taşınarak yağmur kar gibi olaylarla tekrar yoğunlaşıp toprak ve yüzey sularına karışarak besin zincirine girebilirler (Ross, 2004; WHO, 1993).



Şekil 2.4. PCB bioakümülyasyonu

Şekil 2.4’de besin zincirinde PCB bioakümülyasyonu verilmiştir. Deniz ortamında 0.05 ppm konsantrasyonunda bulunan PCB bileşiminin balık yiyen kuşlarda 100 milyon kez arttığı görülmüştür. Yağ dokusunu tercih etmelerinden dolayı canlılarda giderek artan derişimlerde bulunurlar. PCB’lerin özellikle kuş ve deniz memelilerinin üreme sistemi üzerinde olumsuz etkileri vardır.

### 2.2.6. Pestisit ve PCB’lerle ilgili yasal mevzuat

Ülkemizde içme suyu ve gıdalarla ilgili yönetmeliklerde pestisitlerle ilgili limit değerler mevcuttur. 26.11.2005 tarih ve 26005 sayılı resmi gazetede yayınlanan Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliğinde DDT, aldrin, dieldrin, endrin, isodrin, HCH çok tehlikeli maddeler olarak sınıflandırılmıştır. 17.02.2005 tarih ve 25730 sayılı resmi gazetede yayınlanan İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik’te içme ve kullanma suları için pestisitler 0.1 µg/L, toplam pestisitler 0.5 µg/L, aldrin, dieldrin, heptachlor ve heptachlor epoxide için 0.03 µg/L sınır değer verilmiştir. 29.06.2012 tarih ve 28338 sayılı resmi gazetede yayınlanan İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik’te toplam pestisitler A1 kalite su için 0.001 mg/L, A2 kalite su için 0.0025 mg/L, A3 kalite su için 0.005 mg/L olarak sınır değerler verilmiştir. 29.11.2011 tarih ve 28157 sayılı resmi gazetede yayınlanan Türk

Gıda Kodeksi Pestisitlerin Maksimum Kalıntı Limitleri Yönetmeliği'nde çeşitli ürün gurupları için pestisitlerin limit değerleri verilmiştir.

Ülkemizde ilk defa 11.07.1993 tarih ve 21634 sayılı resmi gazetede yayınlanan Tehlikeli Kimyasallar Yönetmeliği ile PCB, PCT ve bunları ağırlıkça %0.1'den daha fazla içeren karışımların kullanımı kısıtlanmıştır. 2005 yılında çıkartılan tehlikeli atıkların üretimi, toplanması, geçici olarak depolanması, ara depolanması, taşınması, geri kazanılması, bertaraf edilmesi, ithali ve ihracatına ilişkin yasak, sınırlama ve yükümlülükleri, alınacak önlemleri, yapılacak denetimleri, tabi olunacak hukuki ve teknik sorumlulukları kapsayan 14.03.2005 tarih ve 25755 sayılı resmi gazetede yayınlanan Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinde de PCB veya PCT veya PBB içeren maddeler tehlikeli atık katagorisine dahil edilmiştir. 29.12.2011 tarih ve 28157 sayılı resmi gazetede yayınlanan Bulaşanlar Yönetmeliği'nde et ve et ürünleri, balıkçılık ürünleri, karaciğer ve bunların ürünleri, süt ve süt ürünleri, yumurta ve yumurta ürünleri, hayvansal ve bitkisel yağlar gibi gıdalarda dioksinler ve dioksin benzeri PCB'lerin toplamı için ve PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180 toplamı için maksimum limit değerler verilmiştir. 27.12.2007 tarih ve 26739 sayılı resmi gazetede Poliklorlu Bifenil ve Poliklorlu Terfenillerin Kontrolü Hakkında Yönetmelik yayınlanmıştır. Bu yönetmelikte kullanılmış PCB ve PCB içeren madde ve ekipmanların çevre ve insan sağlığına zarar vermeden tamamen ortadan kaldırılmasının sağlanmasına yönelik idarî ve teknik usul ve esaslar verilmiştir. Bu yönetmelikte; PCB'lerin üretimi ve ithalatının yasak olduğu ancak bilimsel deneyler, laboratuvar analiz ve ölçmelerinde referans standart olarak kullanımları bu yasaklama dışında olduğu, kullanılmış PCB ve PCB içeren madde ve ekipmanların taşınmasında Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinin taşımaya ilişkin hükümleri uygulanması gerektiği, hizmet dışına alınan madde ve ekipmanın zemin geçirimsizliği sağlanmış, kapalı ve havalandırma imkânı bulunan tesis içinde belirlenmiş alanlarda geçici olarak depolanabileceği belirtilmiştir.

08.06.2010 tarih ve 27605 sayılı resmi gazetede yayınlanan Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik'le (TKKNKSDY), yürürlükten kaldırılan 31.05.2005 tarihli ve 25831 sayılı Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğinde kirlenmiş toprakta arıtma sonucu uyulması gereken sınır değerlerde PCB'ler için 0.5 mg/kg kuru toprak, tarımsal mücadele ilaçları (bireysel) için 0.5 mg/kg kuru toprak, tarımsal mücadele ilaçları (toplam) için 2 mg/kg kuru toprak olarak sınır değerler verilmiştir. 03.07.2009 tarih ve 27277 sayılı resmi gazetede yayınlanan Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nde

pestisitlerin üretildiği tesislerin atık gazlarındaki toz emisyonları 25 g/saat ve üzerinde ise partikül madde konsantrasyonu 5 mg/Nm<sup>3</sup> 'ü aşmaması gerektiği belirtilmiştir ve PCB'ler için baca gazındaki emisyon konsantrasyonunun 0.1 ng/Nm<sup>3</sup> seviyesini geçmeyecek şekilde gerekli önlemlerin alınması bildirilmiştir.

Ayrıca ülkemizin de taraf olduğu Stockholm Sözleşmesinde Kalıcı Organik Kirletici (KOK) grubuna bazı pestisit ve PCB kirleticileri de girmektedir. UNEP altında KOK madde emisyonlarını azaltacak ya da ortadan kaldıracak küresel nitelikli bir anlaşma olan Stockholm Sözleşmesi 22-23 Mayıs 2001 tarihlerinde, aralarında Türkiye'nin de bulunduğu 125 ülke tarafından imzalanmıştır. Kalıcı organik kirleticilere ilişkin Stockholm sözleşmesi, 50 ülke tarafından onaylanmasının tamamlandığı 17 Mayıs 2004 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Sözleşme;

- Ülkelere KOK'ların üretimi, kullanımı, ithalat ve ihracatı, çevreye bırakılması ve bertaraf edilmesi hususlarında yükümlülükler getirmekte,
- Ülkelerin birtakım yakma ve kimyasal prosesler ile istemeyerek ürettikleri KOK'ların azaltılması ve/veya ortadan kaldırılması için mevcut en iyi teknikleri ve en iyi çevresel uygulamaları kullanmaları hususlarında teşvik etmekte, bazı hallerde ise zorunlu kılmakta, yeni KOK'ların geliştirilmesinin önlenmesi ve Sözleşmeye gelecekte diğer KOK'ların da dahil edilebilmesi hususlarında hükümler içermektedir.

KOK'lar, fotolitik, kimyasal ve biyolojik bozunmaya karşı direnç göstermeleri nedeniyle doğaya salındığında olağandışı uzunlukta zaman süreleri boyunca ayrışmadan kalan belirli birtakım fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip, doğal veya antropojenik kökenli organik bileşiklerdir. Bu bileşiklere, PCB'ler gibi snai kimyasallar, DDT gibi zararlı öldürücüler ile dioksinler ve furanlar gibi yan ürünler dahildir. Bileşiklerin temel özelliği, suda çözünürlüklerinin düşük olmasına karşın, lipidler içerisinde yüksek çözünürlüğe sahip olmalarıdır. KOK'lar, insan dahil canlı organizmaların yağ içeren dokularında biyolojik birikim yapar ve besin zincirinin üst düzeylerinde daha yüksek yoğunluklarda bulunurlar. Dolayısıyla, insan, yaban hayvanları ve diğer organizmalar KOK'lara pek çok durumda nesiller boyu sürebilen uzun zaman süreleri boyunca maruz kalmakta, sonuç olarak hem akut, hem de kronik toksik etkiler meydana gelmektedir. Ayrıca, KOK'lar besin zinciri aracılığıyla insanlara da geçmekte olup, anneden çocuğa aktarılmakta ve bağışıklık, sinir ve üreme sistemi üzerinde önemli etkilerde bulunmakta ve kansere yol açtıklarından şüphelenilmektedir.

İlk olarak Stockholm Sözleşmesinde 12 adet KOK bileşiği yer almıştır. Bunlar;

**Pestisitler:** aldrin, chlordane, DDT, dieldrin, endrin, heptachlor, hexachlorobenzene, mirex, toxaphene.

**Sanayi kimyasalları:** hexachlorobenzene, polychlorinated biphenyls (PCBs).

**İstenmeden üretilenler:** hexachlorobenzene; polychlorinateddibenzo-p- dioxins ve polychlorinateddibenzofurans (PCDD/PCDF), ve PCBs.

2009 yılında 9 adet yeni KOK bileşiği ilave edilmiştir. Bunlar;

**Pestisitler:** Chlordecone, alphahexachlorocyclohexane, beta hexachlorocyclohexane, lindane, pentachlorobenzene.

**Sanayi kimyasalları:** Hexabromobiphenyl, hexabromodiphenylether ve heptabromodiphenylether, pentachlorobenzene, perfluorooctanesulfonicacid, ve perfluorooctanesulfonylfluoride, tetrabromodiphenylether ve pentabromodiphenylether.

**İstenmeden üretilenler:** Alphahexachlorocyclohexane, beta hexachlorocyclohexane ve pentachlorobenzene.

Görüldüğü gibi bazı pestisit ve PCB'ler kalıcı organik kirletici olarak sınıflandırılmaktadır. Ülkemizin de taraf olduğu Stockholm sözleşmesi yükümlülüklerince bu kirleticilerin azaltılması ve kontrol altına alınmasıyla ilgili gerekli çalışmalar yapmalıdır.

Tez çalışmasında toprak numunelerinde tespit edilen pestisit ve PCB sonuçların değerlendirilmesi için TKKNKSDY'ten ve buğday numunelerinde pestisit sonuçlarının değerlendirilmesi için Türk Gıda Kodeksi Pestisitlerin Maksimum Kalıntı Limitleri Yönetmeliği'nden yararlanılmıştır.

### **2.2.6. 1. Türk Gıda Kodeksi Pestisitlerin Maksimum Kalıntı Limitleri Yönetmeliği**

Bu yönetmelik pestisitlerin taze, işlenmemiş, işlenmiş veya kompozit bitkisel ve hayvansal gıdalarda bulunmasına izin verilen maksimum kalıntı limitleri (MRL) ve limitlerin uygulama esaslarının kapsamaktadır.

Bu yönetmelikte belirtilen MRL'leri karşılamayan pestisit kalıntı değerine sahip işlenmiş veya kompozit bir ürün, MRL'leri düşürülmek üzere, kendisiyle aynı veya diğer ürünlerle karıştırılarak veya işlenerek piyasaya arz edilemez. Çizelge 2.13.'de tez çalışmasında kalıntı miktarları belirlenecek pestisitler için yönetmelikte verilen MRL değerleri görülmektedir. Çizelge incelendiğinde sadece buğday gurubu için diazinon ve chloryrifos bileşiklerinin MRL değeri vardır. HCH (gamma izomeri hariç izomerleri toplamı), aldrin ve dieldrin (aldrin ve dieldrin kombinasyonu, dieldrin cinsinden),

endosulfan (alfa- ve beta- izomerleri ile endosulfan- sulfate, endosulfan cinsinden), malathion (malathion ve malaaxon toplamı malathion cinsinden) bileşiklerinin MRL değeri tahıl gurubu için, diğer pestisitlerin ise tüm ürünler için verilmiştir. OCP bileşiklerinden yağda çözünebilir  $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH,  $\gamma$ -HCH, heptachlor (heptachlor ve heptachlor epoxide toplamı, heptachlor cinsinden), aldrin ve dieldrin (aldrin ve dieldrin kombinasyonu, dieldrin cinsinden), chlordane (cis- ve trans- chlordane toplamı) , endrin için MRL değeri 0.01 mg/kg olarak verilmiştir. HCH (gamma izomeri hariç izomerleri toplamı), diazinon, metilparathion (metil paraoxon dahil) için MRL değeri 0.02 mg/kg, endosulfan (alfa- ve beta- izomerleri ile endosulfan- sulfate, endosulfan cinsinden), DDT (p,p- DDT, o,p-DDT, p,p- DDE ve p,p-DDD toplamı DDT cinsinden), chloryrifos, parathion için MRL değeri 0.05 mg/kg ve malathion (Malathion ve malaaxon toplamı malathion cinsinden) için MRL değeri 5 mg/kg olarak verilmiştir. Yönetmelikte yer almayan pestisit ve ürünler için ise MRL değeri 0.01 mg/kg olarak kabul edilmektedir.

**Çizelge 2.13.** Türk Gıda Kodeksi Pestisitlerin Maksimum Kalıntı Limitleri

Pestisit adı	Maksimum kalıntı limitleri (MRL) (mg/kg)	MRL'nin uygulanacağı ürün ve ürün gurupları
<b>OCP</b>		
$\alpha$ -HCH (F)	0.01	Tüm ürünler
$\beta$ -HCH (F)	0.01	Tüm ürünler
$\gamma$ -HCH (F) (lindane) (F)	0.01*	Tüm ürünler
HCH (gamma izomeri hariç izomerleri toplamı)	0.02	Tahıllar
Heptachlor (heptachlor ve heptachlor epoxide toplamı, heptachlor cinsinden) (F)	0.01	Tüm ürünler
Aldrin ve dieldrin ( aldrin ve dieldrin kombinasyonu, dieldrin cinsinden) (F)	0.01	Tahıllarda
Chlordane (cis- ve trans- chlordane toplamı) (F)	0.01*	Tüm ürünler
Endosulfan (alfa- ve beta- izomerleri ile endosulfan- sulfate, endosulfan cinsinden)(F)	0.05	Tahıllar
DDT (p,p- DDT, o,p-DDT, p,p- DDE ve p,p-DDD toplamı DDT cinsinden) (F)	0.05*	Tüm ürünler
Endrin (F)	0.01	Tüm ürünler
<b>OPP</b>		
Diazinon (F)	0.02*	Buğdaylar
Metilparathion (metil paraoxon dahil)	0.02*	Tüm ürünler
Malathion (Malathion ve malaaxon toplamı malathion cinsinden)	5	Tahıllar
Chloryrifos (F)	0.05*	Buğdaylar
Parathion	0.05	Tüm ürünler

(F)= Yağda çözüdür.

\* = Analitik olarak tespit edilebilen en düşük limit

## **2.2.6. 2. Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik**

Bu yönetmeliğin amacı; alıcı ortam olarak toprağın kirlenmesinin önlenmesi, kirlenmenin mevcut olduğu veya olması muhtemel sahaların ve sektörlerin tespit edilmesi, kirlenmiş toprakların ve sahaların temizlenmesi ve izlenmesi esaslarını sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu bir şekilde belirlemektir.

Yönetmelikte kirlenmiş sahanın yerleşim alanı olması ve insan sağlığı üzerindeki riskleri dikkate alınarak, yönetmeliğin EK-1'inde jenerik kirletici sınır değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.14. tez çalışmasında kalıntı miktarları belirlenecek pestisitler ve PCB'ler için yönetmelikteki jenerik kirletici sınır değerleri (Toprağın yutulması ve deri teması yoluyla emilim, Kirleticilerin yeraltı suyuna taşınması ve yeraltı suyunun içilmesi) verilmiştir. Çalışmada tespit edilen sonuçlar jenerik kirletici listesi, toprağın yutulması ve deri teması yoluyla emilim için verilen sınır değerler açısından incelenmiştir.

Çizelge 2.14. Jenerik kirletici sınır değerler listesi

Kirletici	CAS No	Toprağın yutulması ve deri teması yoluyla emilim		Kirleticilerin yeraltı suyuna taşınması ve yeraltı suyunun içilmesi <sup>1</sup> (mg/kg fırın kuru toprak)			
		(mg/kg fırın kuru toprak)		SF = 10		SF = 1	
Aldrin	309-00-2	0.03	e	0.008	e,g	0.0008	e,g
DDD	72-54-8	2	e	0.9	e,g	0.09	e,g
DDE	72-55-9	1	e	0.6	e,g	0.06	e,g
DDT	50-29-3	2	e	0.9	e,g	0.09	e,g
Dieldrin	60-57-1	0.03	e	0.0009	e,g	0.00009	e,g
Endosulfan	115-29-7	367	b	97	b,g	10	b,g
Endrin	72-20-8	18	b	0.1	h	0.01	h
$\alpha$ -HCH ( $\alpha$ -BHC)	319-84-6	0.08	e	0.0007	e,g	0.00007	e,g
$\beta$ -HCH ( $\beta$ -BHC)	319-85-7	0.3	e	0.003	e,g	0.0003	e,g
$\gamma$ -HCH (Lindane)	58-89-9	0.5	e	0.1	h	0.01	h
Heptaklor	76-44-8	0.1	e	0.02	e,g	0.002	e,g
Chlordan	57-74-9	2	e	0.3	e,g	0.03	e,g
Metoxychlor	72-43-5	306	b	156	b,g	16	b,g
PCB <sup>2</sup>	1336-36-3	0.2	e	0.03	e,g	0.003	e,g
PCB <sup>3</sup>	1336-36-3	6	e	0.9	e,g	0.09	e,g

<sup>1</sup> Akifere olan mesafenin 3m'den az olması, akiferin çatlaklı veya karstik olması ya da kirlilik kaynağı alanının 10 hektar veya daha büyük olması koşullarından herhangi birinin geçerli olması halinde seyrelme faktörü SF "1" ; diğer durumlarda SF "10" olarak kabul edilmelidir.

<sup>2</sup> Aroklor 1016 dışında kalan tüm karışımlar için dikkate alınmalıdır.

<sup>3</sup> Sadece Aroklor 1016 karışımları için dikkate alınmalıdır.

<sup>b</sup> Bu değer hesaplanmasında tehlike endeksi "1" olarak kabul edilmiştir.

<sup>e</sup> Bu değer hesaplanmasında kanser riski "10<sup>-6</sup>" olarak kabul edilmiştir.

<sup>g</sup> Bu değer hesaplanmasında **HBL** değeri kullanılmıştır.

<sup>h</sup> Bu değer hesaplanmasında Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlediği içme suyu standardı kullanılmıştır.

Bu yönetmeliğe göre kirlenmiş olduğu düşünülen alandan alınan toprak/yüze-yeraltı suyu/gaz örneklerinde yönetmeliğin EK-2, Tablo 1 ve 2'sinde verilen "kirlilik gösterge parametre (KGP)" ölçümleri yapılır. Bu ölçümler "ölçüm değeri (ÖD)" olarak adlandırılır; bu değerlerden en yüksek olanı da maksimum ölçüm değeri, ÖD<sub>max</sub>, olarak adlandırılır. ÖD<sub>max</sub> sahaya özgü "referans değeri (RD)" ile karşılaştırılır ve referans değerden sapma düzeyine bakılır. Sapma düzeyi, sahanın, herhangi bir noktasal

kaynaklı faaliyet nedeniyle etkilenip etkilenmediğini belirlemede ve dolayısıyla, izlenecek yolu işaret etmekte kullanılır.

RD, şüpheli saha yakın çevresinde bulunan, herhangi bir noktasal kaynak veya insan faaliyeti nedeniyle kirlenmemiş olduğu düşünülen veya varsayılan alandan alınan toprak, yüzey suyu, yeraltı suyu örneklerinde ölçülen kirlilik gösterge parametresi veya hedef kirlitici konsantrasyonu ölçüm değerini ifade eder.

Sapma değerleri denklem 2.1.'den hesaplanır ve saha için bulunan sapma değerine göre çizelge 2.15'e göre sahanın değerlendirilmesi yapılır (TKKNKSDY, 2010).

$$\text{Sapma} = \frac{\text{Maksimum Ölçüm Değeri (ÖD}_{\text{maks}})}{\text{Referans Değeri (RD)}} \quad (2.1)$$

**Çizelge 2.15.** Referans Değer Bazında Sahanın Kirlilik Değerlendirmesi

KRİTER (Sapma = Ölçülen Değer/Referans Değer)	Değerlendirme
$\leq 1$	Takip Gerektirmeyen Saha
$>1$	İkinci Aşama Değerlendirme sürecine tabi Takip Gerektiren Saha
$>25$	Bakanlıkça Belirlenen Süreç Uyarınca Temizlenmesi Gereken Kirlenmiş Saha

Çizelge 2.15'e göre, eğer maksimum ölçülen değerinin referans değere oranı 1 veya 1'den küçükse; sahanın "Takip Gerektirmeyen Saha" olduğu kararlaır. Eğer sapma değeri 1 ile 25 değerleri arasında ise; saha "İkinci Aşama Değerlendirmeye Tabi Takip Gerektiren Saha" olduğu kararlaır. Sapma değeri 25'den büyükse, kirliliğin fazla ve tehlikeli olduğuna kanaat getirilir ve sahanın "Bakanlıkça Belirlenen Süreç Uyarınca Temizlenmesi Gereken Kirlenmiş Saha" olduğuna karar verilir.

### 2.2.7. Pestisit ve PCB'lerin analiz yöntemleri

Pestisit ve PCB'lerin analizleri genellikle ayırma özellikleri yüksek kromatografik yöntemlerle gerçekleştirilir. Kromatografik analizlerden önce numuneler örnek hazırlama aşamalarından geçirilmektedir.

Analizi yapılacak numune aranan madde dışında birçok bileşenin yer aldığı karışık bir matristen oluşur. Bu nedenle numunelerin analizlerinden önce gerçekleştirilen örnek hazırlama işlemi çok önemlidir. Örnek hazırlama işlemi

kalıntıların karışık bir matriksten ekstraksiyonu, ekstrakta yer alan diğer bileşenlerin temizlenmesi ve kromatografik analizlerde çok küçük numune hacimlerinde çalışıldığı için ekstraktların konsantre edilmesi aşamalarından oluşur (Çallı Altun, 2007).

Kalıntı analizlerinde numuneye aranan maddelerin kimyasal yapısına uygun ekstraksiyon yöntemi uygulanır. Ekstraksiyon işlemi ile analit uygun bir çözücü içine alınır. Genellikle aseton, diklorometan, etil asetat, asetonitril, n-hekzan çözücüleri kullanılır. Çözücünün kalitesi, uçuculuğu, kolay bulunabilmesi ve toksisitesi önemlidir.

Temizleme işlemi de genellikle gerekli olan bir aşamadır. Bu aşamada hatalı sonuçlara sebep olabilecek maddeler numune ekstraktından uzaklaştırılır.

Çizelge 2.16'de matriks tipi ve analitlerin özelliğine göre EPA tarafından önerilen ekstraksiyon metotları görülmektedir. Çizelge incelendiğinde katı numuneler için sokslet ekstraksiyon, otomatik sokslet ekstraksiyon, basınçlı sıvı ekstraksiyon, mikro dalga ekstraksiyon, ultrasonic ekstraksiyon, süper kritik akışkan ekstraksiyon yöntemleri önerilmiştir. Katı numunelerdeki PCB ve OCP'ler içinde süper kritik akışkan ekstraksiyon yöntemi önerilmiştir. Sokslet ekstraksiyon yöntemi yarı uçucu ve uçucu olmayan organikler için önerilmiştir.

**Çizelge 2.16.** Matriks tipi ve analitlere göre EPA'nın önerdiği ekstraksiyon metotları (US EPA, 2007)

Metot	Matriks tipi	Ekstraksiyon Tekniği	Analitler
3510	Sıvı	Ayrırma hunili sıvı sıvı ekstraksiyon	Yarı uçucu ve uçucu olmayan organikler
3520	Sıvı	Sürekli sıvı sıvı ekstraksiyon	Yarı uçucu ve uçucu olmayan organikler
3535	Sıvı	Katı faz ekstraksiyon	Yarı uçucu ve uçucu olmayan organikler
3540	Katı	Sokslet ekstraksiyon	Yarı uçucu ve uçucu olmayan organikler
3541	Katı	Otomatik sokslet ekstraksiyon	Yarı uçucu ve uçucu olmayan organikler
3542	Hava	Ayrırma hunisi & sokslet ekstraksiyon	Yarı uçucu organikler
3545	Katı	Basınçlı sıvı ekstraksiyon	Yarı uçucu ve uçucu olmayan organikler
3546	Katı	Mikro dalga ekstraksiyon	Yarı uçucu ve uçucu olmayan organikler
3550	Katı	Ultrasonic ekstraksiyon	Yarı uçucu ve uçucu olmayan organikler
3560	Katı	Süper kritik akışkan ekstraksiyon	Yarı uçucu petrol hidrokarbonlar
3561	Katı	Süper kritik akışkan ekstraksiyon	Polinükleer aromatic hidrokarbonlar
3562	Katı	Süper kritik akışkan ekstraksiyon	Poliklorlu bifeniller ve organoklorlu pestisitler
3580	Solventte çözülebilir sulu olmayan atıklar	Solvent seyrelme	Yarı uçucu ve uçucu olmayan organikler

Çizelge 2.17'de çeşitli analit grupları için EPA tarafından önerilen analiz metotları ve temizleme metotları verilmiştir. Çizelge incelendiğinde çalışmada incelenen bileşik gurupları olan OCP'ler için temizleme yöntemi olarak alumina temizleme, florisil temizleme, gel-permeation, sülfür temizleme metotları, OPP'ler için Florisil temizleme metodu ve PCB'ler için florisil temizleme, silica jel temizleme, sülfürik asit/permanganat temizleme metotları önerilmiştir. OCP, OPP, PCB bileşiklerinin analiz metotlarında ise GC ile analizleri önerilmiştir.

Çizelge 2.17. EPA'nın önerdiği temizleme ve analiz metotları (US EPA, 1996)

Analit Gurubu	Analiz Metodu (EPA metot no)	Temizleme Metotları	Temizleme Tipi
Fenoller	GC ile fenol analizi (8041)	Silica Jel temizleme, Gel-Permeation temizleme (GPC), Asit baz ayrımı temizleme	Adsorpsiyon, boyut ayrımı, asit baz ayrımı
Phthalate esters	GC/ECD ile phthalate esters (8061A)	Alumina temizleme, Florisil temizleme, Gel-Permeation temizleme (GPC)	Adsorpsiyon, adsorpsiyon, boyut ayrımı
Nitrosamines	GC ile nitrosamines analizi (8070A)	Alumina temizleme, Florisil temizleme, Gel-Permeation temizleme (GPC)	Adsorpsiyon, adsorpsiyon, boyut ayrımı
OCP'ler	GC ile OCP analizi (8081A)	Alumina temizleme, Florisil temizleme, Gel-Permeation, Sülfür temizleme	Adsorpsiyon, adsorpsiyon, boyut ayrımı, oksidasyon/redüksiyon
PCB'ler	GC ile PCB analizi (8082A)	Florisil temizleme, Silica Jel temizleme, Sülfürik Asit/Permanganat temizleme	Adsorpsiyon, adsorpsiyon, oksidasyon/redüksiyon
Nitroaromatikler ve siklik ketonlar	GC ile nitroaromatikler ve siklik ketonlar (8091)	Florisil temizleme, Gel-Permeation temizleme (GPC)	Adsorpsiyon, boyut ayrımı
Polinükleer aromatik Hidrokarbonlar	Polinükleer aromatik Hidrokarbonlar (8100/8310)	Alumina Temizleme ve petrol atıkları ayırma, Silica Jel temizleme, Gel-Permeation temizleme (GPC)	Adsorpsiyon, adsorpsiyon, boyut ayrımı
Haloeterler	GC ile haloeterlerin analizi (8111)	Florisil temizleme, Gel-Permeation temizleme (GPC)	Adsorpsiyon, boyut ayrımı
Klorlu hidrokarbonlar	Klorlu hidrokarbonların GC ile analizi: kapiler kolon tekniği (8121)	Florisil temizleme, Gel-Permeation temizleme (GPC)	Adsorpsiyon, boyut ayrımı
Anilin ve türevleri	GC ile Anilin ve türevlerinin analizi (8131)	Florisil temizleme, Gel-Permeation temizleme (GPC)	Adsorpsiyon, boyut ayrımı,
OPP'ler	GC ile OPP'lerin (8141B)	Florisil temizleme	Adsorpsiyon
Klorlu herbisitler	GC ile klorlu herbisitlerin analiz (8151A)	Florisil temizleme	Adsorpsiyon
Yarı uçucu organikler	Yarı uçucu organiklerin GC-MS ile analizi (8270D)	Gel-Permeation temizleme (GPC), Asit baz ayrımı temizleme, Sülfür temizleme	Boyut ayrımı, oksidasyon/redüksiyon, asit baz ayrımı
Petrol atıkları	Yarı uçucu organiklerin GC-MS ile analizi (8270D)	Alumina Temizleme ve petrol atıkları ayırma, Asit baz ayrımı temizleme	Adsorpsiyon, asit baz ayrımı

Temizleme metotları ekstraksiyon metotlarından biri ile hazırlanan ekstraktlara girişimleri önlemek için uygulanır. Bu çalışmada buğday örneklerinde OCP ve OPP

bileşiklerinin ekstraksiyonu ve temizlenmesi için QuEChERS (Quick, easy, cheap, effective, rugged and safe) metodu kullanılmıştır. Toprak örneklerinde OCP, OPP ve PCB bileşiklerinin ve buğday örneklerinde PCB bileşiklerinin ekstraksiyonu için EPA 3540C sokslet ekstraksiyon metodu, temizlenmesi için EPA 3630C silika jel temizleme metodu kullanılmıştır. PCB, OCP ve OPP bileşiklerinin kantitatif analizleri ise GC-MS sistemi ile gerçekleştirilmiştir.

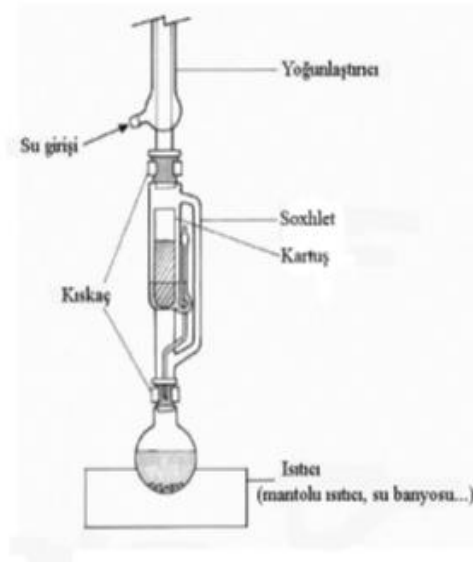
### **2.2.7.1. Metot 3540C sokslet ekstraksiyon metodu**

Bu yöntem uçucu olmayan veya yarı uçucu analitlerin toprak, sediment, çamur ve katı atıklardan ekstraksiyonu için kullanılmaktadır. Sokslet ekstraksiyon yönteminde örnek matriksinin ve ekstraksiyon çözeltilisinin yakın teması sağlanmaktadır. Suda çözünmeyen veya az çözünen PCB'lerin gaz kromatografi analizleri için hazırlanmasında kullanılabilir.

PCB'lerin bu yöntemle ekstraksiyonunda nemli numuneler ekstraksiyondan önce kurutulur veya susuz sodyum sülfat eklenir. Hazırlanan örnek 1:1 (v:v) aseton:n-hekzan kullanılarak otomatik sokslet cihazında ekstrakte edilir. Elde edilen ekstrak yoğunlaştırılıp n-hekzan ile değiştirilir.

### **Sokslet Ekstraksiyon Düzenegi**

Sokslet ekstraksiyon bir bileşigi katıdan ekstrakte etmenin zor olduğu her şartta kullanılabilir. Filtre kağıdından yapılmış yüksük şeklindeki ekstraksiyon tüpüne kuru numune konularak sokslet ekstraktörüne konur. Ekstraktöre takılan içerisinde çözücüyü içeren cam balon ısıtılarak buharlaştırılır. Çözücü buharı yoğunlaştırıcıya ilerler yoğunlaşarak katı numunenin üzerine düşer. Yüksük şeklindeki filtre yoğunlaşan çözücü ile tam dolduğunda by-pass kolundan tekrar cam balona ulaşır. Bu işlem sürekli tekrar eder. Her döngü sırasında analit miktar çözücüde çözünür. Bu şekilde cam balona toplanır.



Şekil 2.5. Soxhlet ekstraksiyon düzeneği

### 2.2.7.2. Metot 3630C silika jel temizleme metodu

Silika jel (silisik asit) zayıf asidik özellikli silikanın rejeneratif adsorbandır. Sodyum silikat ve sülfürik asitten üretilir. Farklı kimyasal polaritedeki girişim yapan bileşiklerden analiti ayırmak için kromatografi kolonu kullanılır. Silika jelin aktivasyonu deaktivasyonu yapılmalıdır. Bu yöntemle, polinükleer aromatik hidrokarbonları, türevlendirilmiş fenolik bileşikleri, organoklorlu pestisitleri ve PCB'leri ayırmak için kullanılır. Bu yöntemde aynı zamanda PCB'ler, OCP'ler ve penta flora benzil bromür türevlendirilmiş fenoller için katı faz ekstraksiyon kartuşları kullanılarak temizleme yapılabilir.

### 2.2.7.3. QuEChERS metodu

Pestisit kalıntı analizleri için kolay, ucuz, etkili, sağlam ve güvenli bir metot olarak bilinen bu metot, %1 asetik asit (HAc) içeren asetonitril (MeCN) ile numunenin ekstraksiyonunu, eş zamanlı olarak susuz magnezyum sülfat ( $MgSO_4$ ) ve sodyum asetat (NaAc) ilavesi ile sıvı- sıvı ayırımını ve primer sekonder amin (PSA) ve susuz  $MgSO_4$  ilavesi ile katı faz ekstraksiyon metodu olarak bilinen temizleme basamağını içerir (Lehotay, 2004).

QuEChERS metodunun diğer geleneksel yöntemlere göre birçok avantajı vardır. QuEChERS metodu ile geniş bir polarite ve uçuculuk aralığındaki pestisitler için

yüksek geri kazanım değerleri (>%85) elde edilir, doğru ve kesin sonuçlara ulaşılır, 30-40 dk.'da 10-20 numuneyi hazırlamak mümkündür. Kullanılan solvent miktarı ve oluşan atık oldukça küçüktür ve klorlu solventler kullanılmaz (Lehotay, 2004).

#### **2.2.7.4. Gaz kromatografi kütle spektroskopisi (GC-MS)**

Kromatografi genel anlamda bir karışımı oluşturan bileşiklerin veya maddelerin iki ayrı faz arasında ve bu fazlardaki hareket hızlarının farklılıklarına dayanarak hem nitelik hem de nicelik olarak ayrıştırılması işlemidir.

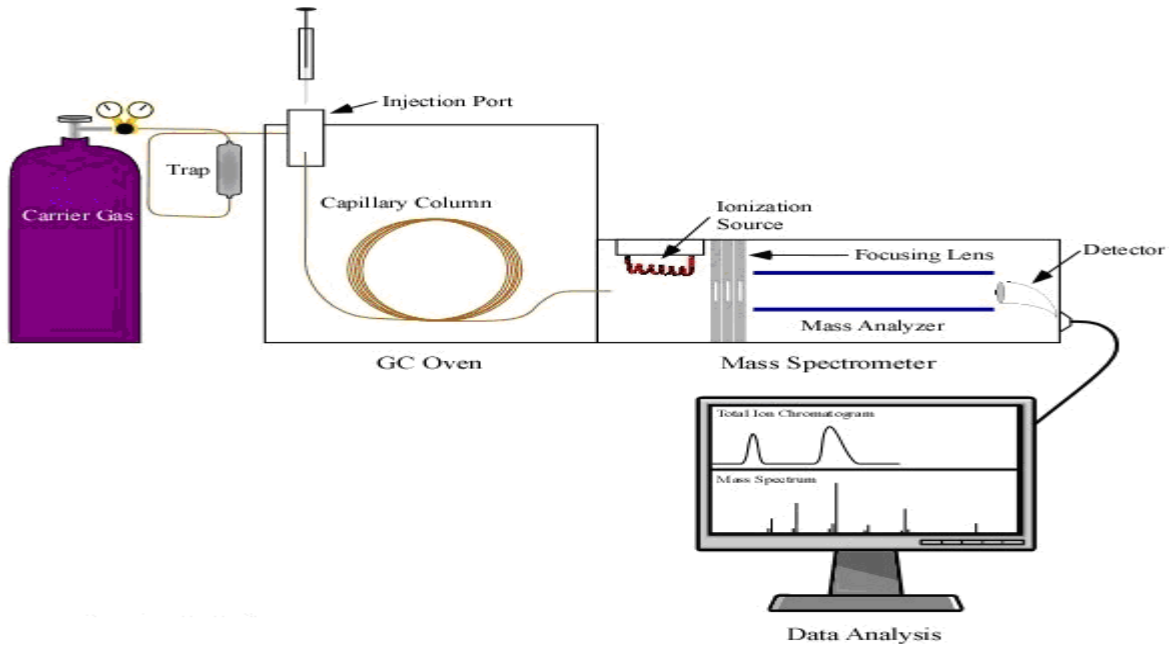
Gaz kromatografisinde (GC), buharlaştırılan numune kromatografik kolonun girişine enjekte edilir ve inert bir hareketli gaz faz ile elüsyon yapılır. Gaz faz analitin molekülleri ile etkileşmez; gazın tek işlevi, analiti kolon boyunca taşımaktır. İki tür gaz kromatografisi vardır: Gaz-katı kromatografisi (GSC), gaz-sıvı kromatografisi (GLC). Gaz-sıvı kromatografisi birçok alanda yaygın olarak kullanıldığı için adı genelde kısaltılır ve gaz kromatografisi terimi kullanılır (Jennings, 1987).

GC, taşıyıcı gaz, elektronik basınç kontrolü, enjeksiyon bloğu, fırın, kolon, dedektör, çoğaltıcı ve yazıcıdan oluşmaktadır. Taşıyıcı gaz enjekte edilen bileşiklerin sabit faz ile etkileşimini ve kolonda taşınmasını, elektronik basınç kontrolü taşıyıcı gaz akışının kontrolünü, enjeksiyon bloğu kolona girecek madde miktarını belirler. Fırın bölmesinde ise alıkonma süresinin ayarlanması için fırın sıcaklığının değiştirilmesi yapılır. Kolon verilen bileşenlerin birbirinden ayrıldığı, dedektör bileşiklerin elektrik sinyaline çevrilip tanındığı yerdir (Tunçbilek, 2005).

Kütle spektroskopisi ise numuneden molekül veya atomları iyonlaştıran, onları kütle-yük oranına ( $m/z$ ) göre ayıran ve sonra kaydeden analitik bir tekniktir (Barker, 1999). Kütle spektroskopisinde gaz fazındaki numune yüksek enerjili elektronlarla çarpıştıktan sonra, pozitif veya negatif yüklü iyonlar haline dönüşür, daha sonra hızlandırılan bu iyonlar manyetik alanda saptırılmaktadır. İyonların saptmaları kütlelerine, yüklerine ve hızlarına bağlıdır.

Kütle spektroskopisi ara bağlantı, iyon kaynağı, kütle analizörü, dedektör ve vakum sistemlerinden oluşur. GC ile MS arasındaki basınç farkından dolayı ara bağlantıya gerek vardır. İyon kaynağı ise moleküllerin iyonlaştığı bölümdür. Kütle analizörü ise  $m/z$  değerine göre bileşiklerinin ayrıldığı bölümdür ( Tunçbilek, 2005).

Bir arama yöntemi olan GC ve tanımlama yöntemi olan MS'in birleştirilmesiyle GC-MS sistemi oluşturulur. GC-MS kombinasyonlarında MS dedektör görevi yapmaktadır. Şekil. 2.6'da GC-MS sisteminin şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 2.6. GC-MS sistemi şematik gösterimi

### 2.3. Atıksuların Yeniden Kullanımı

Son yıllarda nüfus artışı, endüstrilerin tür ve miktarlarının artması sonucu su ihtiyacının artması, küresel ısınmanın beraberinde getirdiği yağış miktarındaki azalma sonucu su talebinin yeterince karşılanamaması önemli bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. İyi nitelikli suyun gün geçtikçe azalması ve dünya nüfusunun giderek artması su kaynaklarının optimum bir şekilde kullanılmasına ve ek su kaynaklarının arayışına gidilmesine yol açmıştır. Bu konuda çeşitli yaklaşımlar önerilmektedir. Bunlar arasında; var olan su kaynaklarının kirletilmemesi ve su tasarrufu, deniz suyunun tuzsuzlaştırılması ve atıksuların arıtıldıktan sonra yeniden kullanımı vardır (Büyükkamacı, 2009).

Atıksuların yeniden kullanılabilmesi için gerekli arıtma işlemleri atıksuyun özelliklerine ve arıtıldıktan sonra hangi amaçla yeniden kullanılacağına bağlıdır. Endüstriyel atıksuların ise yeniden kullanılabilmesi için gerekli arıtma işlemleri her bir sektör hatta her bir tesisi için farklılık göstermektedir.

Geri kazanılmış atıksuların en çok kullanıldığı alanlar; (Büyükkamacı, 2009);

**Kentsel kullanım:** Park, rekreasyon alanı, atletizm alanı, okul bahçesi, anayolların ve halka ait binaların ve tesislerin çevresindeki peyzaj alanlarının sulanması, ticari kullanımlar, kent içindeki havuz, fiskiye, şelaleler gibi yapay kullanım alanlarına su verilmesi, inşaat projelerinde beton yapımı için ve toz kontrolünde su kullanımı vb. amaçlar için kullanılabilir.

**Endüstriyel kullanım:** Soğutma suyu, kazan besleme suyu ve proses suyu olarak endüstrilerde kullanılabilir.

**Yeraltı suyu beslemesi:** Kıyı alanlarında akifere tuzlu su girişimini önlemek, atık suyun daha iyi arıtılmasını ve tekrar kullanımını sağlamak, içme suyu ya da diğer akiferlerin su kapasitesinin artırılmasını sağlamak, arıtılmış suyun depolanmasını sağlamak, yeraltı su seviyesindeki düşmeyi önlemek için uygulanan bu yöntem ülkemizde çok yaygın olmamakla birlikte gelişmiş ülkelerde uygulanmaktadır.

**Tarımsal kullanım:** Tarımsal su tüketimi toplam su kullanımının büyük bir kısmını oluşturur. Dolayısıyla tarımda geri kazanılmış suyun kullanılmasıyla önemli miktarda su tasarrufu sağlanabilir ve bitki besin maddesi kaynağı olabilecek elementler içermesi tarımsal üretimde artışa yol açabilir.

Atıksuların araziye verilmeye veya sulamaya uygun olup olmadığını belirlemek için incelenmesi gereken en önemli parametreler, suyun içindeki toplam çözünmüş madde konsantrasyonu, elektriksel iletkenlik, sodyum iyonu konsantrasyonu ve sodyum iyonu konsantrasyonunun diğer katyonlara oranı, bor, ağır metal, toksik olabilecek diğer maddelerin konsantrasyonu, bazı şartlarda Ca ve Mg iyonlarının toplam konsantrasyonları, toplam katı madde, organik madde yükü ve yağ-gres gibi yüzen maddelerin miktarı ve patojen organizmaların miktarı olarak sayılabilir (Berktaş ve Aydın, 1996).

Atıksular kimyasal olarak organik ve inorganik pek çok kirletici içermektedir. Ham atıksudaki organik içeriği humik maddeler, mutfak atıkları, deterjanlar, yağ-gres gibi maddeler oluşturmaktadır ve önemli miktarda sentetik organik bileşikler içermektedir. Endüstriyel atıksuların kanalizasyon sistemine verilmesi durumunda ise arsenik, kadmiyum, krom, bakır, kurşun gibi toksik etkiye sahip inorganik kirleticilerde atıksuda bulunabilir. Toksik kimyasalların konsantrasyonu insan sağlığını etkilemeyecek düzeyde olsa bile bitki için toksik etki yaratabilir (Pescod, 1992).

Bitki büyümesi için gerekli besinler olarak atıksu içerisinde yer alan azot, fosfor ve potasyum gibi nutrientler toprak ve bitki için faydalı olmakla birlikte aşırı miktarda uygulandığında yeraltı suyunda kirliliğe sebep olmaktadır. Ayrıca atıksu içerisinde

bulunan ve atıksuyun konvansiyonel yöntemlere karşı dirençli olan kararlı organikler olarak sınıflandırılan pestisit, klorlu hidrokarbon gibi bileşikler toksik olup suyun sulama amaçlı kullanımında dikkat edilmesi gereken önemli bir parametredir.

Uygun arıtma işlemlerine tabi tutulmadan kullanılan atıksu uygulandığı alanda pek çok problemi beraberinde getirebilir. Atıksu içerisinde bulunan patojen organizmalar ve toksik maddeler hastalıklara yol açabilirler. Bitki büyümesi için gerekli besinler olarak atıksu içerisinde yer alan azot, fosfor ve potasyum gibi nutrientler toprak ve bitki için faydalı olmakla birlikte aşırı miktarda uygulandığında yeraltı suyunda kirliliğe sebep olmaktadır. Çizelge 2.18'de atıksu geri kazanım maksadına göre uygulanabilecek arıtma sistemleri verilmiştir.

**Çizelge 2.18.** Atıksu geri kazanım maksadı ve uygulanabilecek arıtma sistemleri (AATTUT, 2010)

<b>Atıksu geri kazanım maksadı</b>	<b>Arıtma sistemleri</b>
Tarımsal sulama	Klasik aktif çamur + filtrasyon + klorlama
Golf sahaları sulama	Nitrifikasyon içeren aktif çamur sistemi + kimyasal fosfor giderimi + (filtrasyon) + klorlama
Yeşil alan sulama	Azot gideren aktif çamur sistemi + mikrofiltrasyon + UV
Dinlenme maksatlı kullanılan sulakalanları besleme	Azot ve fosfor giderimini içeren MBR + UV
Dolaylı kullanım suyu (Yeraltı suyuna veya yüzeysel sulara deşarj)	Nitrifikasyon içeren aktif çamur sistemi + mikrofiltrasyon + ters osmoz + UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
Endüstriyel soğutma suyu	Azot gideren aktif çamur sistemi + mikrofiltrasyon + UV
Endüstriyel proses suyu	Azot gideren aktif çamur sistemi + filtrasyon + nanofiltrasyon + iyon değiştirme + UV

### 2.3.1. Atıksularla sulama kriterleri

Bir evsel atıksuyun sulama suyu olarak geri kazanılmasında su kalitesi açısından kullanılabilir en önemli indikatörler; koliform ve patojen mikroorganizma konsantrasyonudur. Atıksular tarımsal sulamada tekrar kullanılırken, sulanacak bitkide meydana gelebilecek birikme, patojen mikroorganizmaların hala yaşama ve halkın bu bölgeye girme riski hususlarına dikkat edilir. Arıtılmış suyun sulamada kullanılması için iki değişik sınıf oluşturulmuş olup, bu kriterler minimum gereksinimleri sağlamak ve bazı özel uygulamalarda ilave kriterler de uygulanabilmektedir. Ticari olarak işlenmeyen gıda ürünlerinin ve park, bahçe gibi kentsel alanların sulanmasında, hem yenen ürün ile hem de park, bahçe gibi alanlarda insanların su ile teması olabileceği için iyi kalitede sulama suyu gerekmektedir. Sulama suyunun mikrobiyolojik kalitesi çok iyi

kontrol edilmelidir. Bunun yanında, ticari olarak işlenen gıda ürünleri (Meyve bahçeleri ve üzüm bağları), çim üretim ve kültür tarımı gibi halkın girişinin kısıtlı olduğu yerler ve otlak hayvanları için mera ve saman yetiştiriciliğinde, sulama suyu daha düşük kalitede olabilmektedir. (AATTUT, 2010).

Atıksuların araziye verilmeye veya sulamaya uygun olup olmadığını belirlemek için incelenmesi gereken en önemli parametreler;

- Su içindeki çözülmüş maddelerin toplam konsantrasyonu ve elektriksel iletkenlik,
- Na<sup>+</sup> iyonu konsantrasyonu ve Na<sup>+</sup> konsantrasyonunun diğer katyonlara oran,
- Bor, ağır metal ve toksik olabilecek diğer maddelerin konsantrasyonu,
- Bazı şartlarda Ca<sup>++</sup> ve Mg<sup>++</sup> iyonlarının toplam konsantrasyonu,
- Toplam katı madde, organik madde yükü ve yağ gres gibi yüzen maddelerin miktarı,
- Patojen organizmaların miktarıdır (AATTUT, 2010).

Atıksudaki çözülmüş tuzlar, bor, ağır metal ve benzeri toksik maddeler yörenin iklim şartlarına, toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine bağlı olarak ortamda birikebilmekte, bitkiler tarafından alınabilmekte veya suda kalabilmektedir. Bu nedenle uygulanacak atıksuyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler açısından uygunluğunun izlenmesi, yönetmeliklerle belirlenen sınır değerlerin ve sulanan bitki türlerinin dikkate alınması gerekmektedir (AATTUT, 2010).

Çizelge 2.19'de sulamada geri kullanılacak arıtılmış atıksuların sınıflandırılması, arıtma tipi, izleme periyodu, uygulama mesafesi ve Çizelge 2.20'de arıtılmış atıksular ile sulanabilecek bitkiler verilmiştir. Çizelge 2.19. incelendiğinde A sınıfı arıtılmış atıksuyun ticari olarak işlenmeyen gıda ürünlerinin ve kentsel alanların sulanmasında, B sınıfı arıtılmış atıksuyun ticari olarak işlenen gıda ürünlerinin, girişi kısıtlı sulama alanlarının, gıda ürünü olmayan bitkilerini sulanmasında uygun olduğu görülmektedir. Çizelge 2.20. incelendiğinde arpa, mısır, yulaf gibi tarla bitkilerinin ikinci kademe arıtım ve dezenfeksiyondan geçirilen atıksu ile sulanabileceği görülmektedir.

**Çizelge 2.19.** Sulamada geri kullanılacak arıtılmış atıksuların sınıflandırılması (AATTUT, 2010)

Geri kazanım türü	Arıtma tipi	Geri kazanılmış suyun kalitesi <sup>a</sup>	İzleme periyodu	Uygulama mesafesi <sup>b</sup>
<b>Sınıf A</b>				
a-Tarımsal sulama: Ticari olarak işlenmeyen gıda ürünleri <sup>l</sup> b-Kentsel alanların sulanması				
a)Yüzeysel ve yağmurlama sulama ile sulanan ve ham olarak direkt olarak yenilebilen her tür gıda ürünü b)Her türlü yeşil alan sulaması (Parklar, golf sahaları vb.)	-İkincil arıtma <sup>c</sup> -Filtrasyon <sup>d</sup> -Dezenfeksiyon <sup>e</sup>	-pH=6-9 -BOİ5 < 20 mg/L -Bulanıklık < 2 NTUf -Fekal koliform: 0/100 mL <sup>g,h</sup> -Bazı durumlarda, spesifik virüs, protozoa ve helmint analizi istenebilir. -Bakiye klor > 1 mg/L <sup>i</sup>	-pH: Haftalık -BOİ5: Haftalık -Bulanıklık: Sürekli -Koliform: günlük -Bakiye klor: sürekli	İçme suyu temin edilen kuyulara en az 50 m mesafede
<b>Açıklamalar:</b> -Tarımsal sulamada tavsiye edilen ağır metal analizlerine dikkat edilmelidir. -Standartları sağlamak üzere filtrasyon öncesinde koagülant ilavesi yapılabilir. -Geri kullanılacak arıtılmış atıksu renksiz ve kokusuz olmalıdır. -Virüs ve diğer parazitlerin yok edilmesi için daha uzun dezenfeksiyon temas süreleri kullanılabilir. -Arıtılmış atıksu dağıtım sisteminde (en son uygulama noktasında) bakiye klor değeri 0.5 mg/L'nin üzerinde olmalıdır. -Virüs ve diğer parazitlerin yok edilmesi için daha uzun dezenfeksiyon temas süreleri kullanılabilir. -Yüksek nütrient içeriği besinleri büyüme aşamasında etkileyebilir.				
<b>Sınıf B</b>				
a-Tarımsal sulama: Ticari olarak işlenen gıda ürünleri <sup>m</sup> b-Girişi kısıtlı sulama alanları c- Tarımsal sulama: Gıda ürünü olmayan bitkiler				
a)Meyve bahçeleri ve üzüm bağları gibi ürünlerin salma sulama ile sulanması b)Çim üretimi ve kültür tarımı gibi halkın girişinin kısıtlı olduğu yerler c)Otlak hayvanları için mera sulaması	-İkincil arıtma <sup>c</sup> -Dezenfeksiyon <sup>e</sup>	-pH=6-9 -BOİ5 < 30 mg/L -AKM < 30 mg/L -Fekal koliform < 200 ad/100 mL <sup>g,j,k</sup> -Bazı durumlarda, spesifik virüs, protozoa ve helmint analizi istenebilir. -Bakiye klor > 1 mg/L <sup>i</sup>	-pH: Haftalık -BOİ5: Haftalık -AKM: günlük -Koliform: günlük -Bakiye klor: sürekli	İçme suyu temin edilen kuyulara en az 90 m mesafede. -Yağmurlama sulama yapılıyor ise halkın bulunduğu ortama en az 30 m mesafede
<b>Açıklamalar:</b> -Tarımsal sulama için tavsiye edilen limitlerde gözönünde bulundurulmalıdır. -Püskürtmeli sulama yapılıyor ise AKM < 30 mg/L olmalıdır. -Yüksek nütrient içeriği besinleri büyüme aşamasında etkileyebilir. -Süt hayvanlarının meralara girişi sulama yapıldıktan 15 gün sonra olmalıdır. Bu süre kısa olması gerektiği durumlarda, fekal koliform değeri en fazla 14 ad/100 mL olabilir.				

<sup>a</sup>Aksi belirtilmedikçe, arıtılmış atıksu kalitesini belirtmektedir.

<sup>b</sup>Su kaynaklarını ve dolayısıyla insanları arıtılmış atıksuyun etkisinden korumak için konulmuş bir sınırlamadır.

<sup>c</sup>İkincil arıtma, aktif çamur sistemleri, biyodisk, damlatmalı filtreler, stabilizasyon havuzları, havalandırılmalı lagünleri vb içerebilir.

<sup>d</sup>Kum filtreleri veya mikrofiltrasyon ile ultrafiltrasyon gibi membran filtreler olabilir.

<sup>e</sup>Dezenfektant olarak klor kullanılması, diğer dezenfeksiyon yöntemlerinin de kullanımını kısıtlamaz.

<sup>f</sup>Tavsiye edilen bulanıklık değeri dezenfeksiyon öncesinde sağlanmalıdır. Hiç bir zaman 5 NTU'yu geçmemelidir. Bulanıklık yerine AKM'nin kullanıldığı durumlarda, AKM değeri 5 mg/L'nin altında olmalıdır.

<sup>g</sup>7günlük ortalama değerleri karakterize eder.

<sup>h</sup>Fekal koliform değeri hiç bir zaman 14 ad/100 mL'yi geçmemelidir.

<sup>i</sup>Bakiye klor değeri 30 dk temas süresi sonrasındaki değeri karakterize etmektedir.

<sup>j</sup>Fekal koliform değeri hiç bir zaman 800 ad/100 mL'yi geçmemelidir.

<sup>k</sup>Stabilizasyon havuzları fekal koliform değerini dezenfeksiyon olmadan da sağlayabilir.

<sup>l</sup>İleri arıtma uygulanmalıdır.

<sup>m</sup>Ticari olarak işlenen gıda ürünleri halka satılmadan önce patojen mikroorganizmaların öldürülmesi için fiziksel veya kimyasal bir işlemden geçirilen ürünlerdir.

**Çizelge 2.20.** Arıtılmış atıksu ile sulanabilecek bitkiler (AATTUT, 2010)

Tip	Örnek	Arıtma ihtiyacı
Tarla bitkileri	Arpa, mısır, yulaf	İkinci kademe + dezenfeksiyon
Lifli ve çekirdekli bitkiler	Pamuk	İkinci kademe + dezenfeksiyon
Ham olarak tüketilen sebzeler	Avokado, lahanası, salatalık, çilek	İkinci kademe + filtrasyon + dezenfeksiyon
Belli bir işlemde sonra tüketilen sebzeler	Enginar, şeker pancarı, şeker kamışı	İkinci kademe + dezenfeksiyon
Meyve bahçesi ve üzüm bağları	Kayısı, portakal, şeftali	İkinci kademe + dezenfeksiyon
Fidanlık	Çiçek	İkinci kademe + dezenfeksiyon
Ormanlık alanlar	Kavak vb.	İkinci kademe + dezenfeksiyon

### 2.3.2. Atıksuyun sulamada kullanılmasının avantaj, dezavantaj ve riskleri

Atıksuların yeniden kullanılması artan su sıkıntısına karşı alternatif bir çözümdür. Temiz su kaynaklarının korunması, ekonomiye katkısı gibi birçok faydası vardır ancak uygun yöntemlerle arıtılıp kullanılmazsa beraberinde birçok riski ortaya çıkarmaktadır. Bazı risk elementleri, mikrobiyal patojenlerin oluşturduğu hastalıklar gibi, kısa sürede ortaya çıkabilirken, bazı risk elementleri ise daha uzun sürelerde ortaya çıkmakta ve atıksuyun sürekli kullanılmasıyla etkisi artmaktadır (toprak tuzluluğu, toksik kimyasalların birikimleri ve etkileri gibi).

Atıksuların sulama amaçlı kullanımının avantajları;

- Kritik bölgelerde su krizi asgariye iner.
- Tarım ekonomisi üzerinde kuraklığın etkileri azalır.
- Gıda kıtlığını önlemek için sulama suyu teminidir.
- Tatlı su kaynaklarının korunması sağlanır.
- Su kaynakları artar ve büyüyen toplumun talebi karşılanır.
- Yüzeysel su kaynakları üzerindeki etkileri azalır.
- Atıksu ile sulama sentetik gübre kullanımını azaltır.
- Toprak verimliliğini iyileştirir.
- Sulama ve atıksu arıtım sistemlerinin ekonomik verimliliği birleştirilmiş olur. (Müler ve ark., 2007).

Atıksuların sulama amaçlı kullanımının dezavantajları;

- Atıksu çıkışları ve su ihtiyacı zamanlamasının ayarlanamaması,
- Mevsimlik atıksuları depolamak için yüksek alan gereksinimi,
- Ürün sulama tipine bağlı olarak yüksek arıtım maliyetleri,
- Atıksu ve yeraltı suyunu izlemek için gerekli bütçe,

- Yeraltı su kaynakları üzerindeki çevresel etkilerin artışı (ağır metal, organik kirleticiler vb.),
- Besin dengesizlikleri,
- Toprak yapısının bozulması (pH etkisi, çözülmüş organiklerin toprak gözeneklerini doldurması, su tutma kapasitesinin azalması),
- Sistem güvenliği, sulama suyu kalitesi, ekipman tıkanmasını önlemek (Müler ve ark., 2007).

Atıksuların sulama amaçlı kullanımının potansiyel riskleri;

- Aşırı nitrat, çözülmüş organik madde ve tuzluluk sebebiyle yer altı suyunun zarar görmesi,
- Toprakta organik madde, ağır metal ve kimyasal birikimi,
- Mikroorganizmalar için toksisite,
- Hassas bitkilerin zarar görmesi,
- Düşük kaliteli ürünler,
- Patojen organizmalardan ve toksik maddelerden kaynaklanan sağlık sorunları (Müler ve ark., 2007).

#### **2.4. Konu ile İlgili Daha Önce Yapılmış Çalışmalar**

Sun ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada Çin'in Beijing bölgesinin doğusundan toplanan, atıksu, karışık su ve temiz su ile sulanan toprak örneklerinde OCP'ler ve PBDE'lerin konsantrasyonlarını, profillerini ve akıbetlerini incelemişlerdir. Beijing Tongzhou bölgesinden 26 toprak örneği alınmıştır ve numune hazırlama aşamasında sokslet ekstraksiyon ve silika/alümina kolon temizleme metotları kullanılmıştır. Analizler GC-ECD'de gerçekleştirilmiştir. Atıksu ile sulanan alanlarda HCH konsantrasyonunu 1.5-11.36 ng/g, HCB konsantrasyonunu 0.6-1.8 ng/g, DDT konsantrasyonunu 4.15-155.56 ng/g ve  $\sum$ OCP'lerin konsantrasyonunu 7.52-171.17 ng/g aralıklarında bulunmuştur. Karışık su ile sulanan alanlarda HCH konsantrasyonu 1.24-4.56 ng/g, HCB konsantrasyonu 0.7-2.1 ng/g, DDT konsantrasyonu 4.04-82.12 ng/g,  $\sum$ OCP'lerin konsantrasyonu 6.37-89 ng/g aralıklarında bulunmuştur. Temiz su ile sulanan alanlarda HCH konsantrasyonu 1.58-9.29 ng/g, HCB konsantrasyonu 0.6-3.40 ng/g, DDT konsantrasyonu 5.9-53.14 ng/g,  $\sum$ OCP'lerin konsantrasyonu 8.21-70.67 ng/g aralıklarında bulunmuştur. Dieldrin, endosulfan sülfat, endrin, endrin aldehide,

endrin keton, heptachlor, metoxychlor kantifikasyon limitinin altında bulunmuştur. Envanter ve akıbetleri ile ilgili sınırlı düzeyde bilgi olan OCP'ler ve PBDE'ler kanalizasyon atıksuyu ile sulanan topraklarda mevcut olabileceğini ancak bu alanda yapılan atıksu ile sulamanın OCP ve PBDE kirliliğine önemli bir katkıda bulunmadığını belirlemişlerdir.

Çin de endüstriyel ve kanalizasyon atıksularının çoğu biyolojik arıtma prosesleri ile arıtılmaktadır. Çin'in kuzey kesiminin çoğundaki su kıtlığından dolayı, biyolojik arıtmadan sonraki çıkış suları yaygın olarak tarımsal uygulamalarda kullanılır. Ancak çıkış suları endüstriyel ve evsel deşarjlardan kaynaklı ağır metal ve kalıcı organik kirleticileri içerebilir. Chen ve ark. (2005), biyolojik arıtma tesisi çıkış suyu ile sulanan tarım alanlarında OCP'ler ve PAH'ları incelemişlerdir. Bu çalışmada kanalizasyon ve endüstriyel atıksuların arıtıldığı biyolojik arıtma tesisi çıkış suları ile sulanan tarım arazileri incelenmiştir. Yeraltı suyu ile sulanan, biyolojik arıtma tesisi çıkış suyu ile sulanan ve en az iki yıldır atık su ile sulanmayan topraklardaki PAH ve OCP kalıntıları incelenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Numune hazırlama aşamasında sokslet ekstraksiyon ve florosil kolon temizleme yöntemi kullanılmıştır. OCP bileşiklerini tespit etmek için GC-ECD cihazı kullanılmıştır. Yeraltı suyu ile sulanan referans alanda DDT'ler 7.51 ng/g, HCH'ler 3.49 ng/g,  $\Sigma$ OCP'ler 11.19 ng/g konsantrasyonunda bulunmuştur. İki yıldır atık su ile sulanmayan alanda DDT'ler 25.83 ng/g, HCH'ler 1.56 ng/g,  $\Sigma$ OCP'ler 27.39 ng/g konsantrasyonunda bulunmuştur. Arıtma tesisi ana çıkış kanalı ile sulanan alanlarda DDT'ler 5.15-5.8 ng/g, HCH'ler 2.93-6.9 ng/g,  $\Sigma$ OCP'ler 8.73-12.05 ng/g konsantrasyonunda bulunmuştur. Ana çıkış kanalından ayrılan kanallarla sulanan alanlarda ise DDT'ler 2.4-19.82 ng/g, HCH'ler 0.76-4.89 ng/g,  $\Sigma$ OCP'ler 5.48-23.44 ng/g konsantrasyonunda bulunmuştur. Bu çalışmada OCP'ler düşük seviyelerde gözlenmiştir ve bu atıksu ile sulanan alanda önemli bir endişe kaynağı olmadığı sonucuna varılmıştır.

Hindistan'ın Ghaziabad şehrinde evsel ve endüstriyel kaynaklardan gelen atıksu hiçbir arıtma işlemine tabi tutulmadan tarımsal arazilerin sulanmasında kullanılmaktadır. Ansari ve Malik (2009), Hindistan'ın Ghaziabad şehrinde sanayi bölgesinin çevresinde atıksu ile sulanan alanları incelemişlerdir. Hindistan'ın Ghaziabad şehrinde sanayi bölgesinin çevresinde ki 20 yıldan daha fazla süredir sürekli evsel ve endüstriyel atıksu ile sulanan tarımsal alanlardaki toprakların yüzeyden 15 cm derinliğinden numuneler alınmıştır. Her bir alan için, alanın içerisindeki dört farklı noktadan birer kg'lık numuneler alınmış ve 4 kg'lık kompozit numune hazırlanmıştır.

Birbirinden yaklaşık 8 km uzaklıktaki iki alandan iki tür toprak numunesi alınmıştır. Birincisi sürekli evsel ve endüstriyel atıksu ile sulanan araziden, ikincisi yeraltı suyu ile sulanan araziden referans numune olarak alınmıştır. Toprak numunelerinden pestisitlerin ekstraksiyonu için, 10 g numune 20 ml metanol:su (v/v:4/1) karışımı ile 1 saat boyunca kuvvetlice çalkalanmıştır. Üst kısmı alınıp 10,000 rpmde 15 dakika santrifüj edilmiştir. Bu işlem iki kez tekrarlanmıştır ve elde edilen ekstraktın hacmi yaklaşık 15 ml konsantre edilmiştir. Ekstraktın pH değeri HCL ile 1'e ayarlanmış ve ayırma hunisi kullanılarak 30 ml kloroform ile 3 kez ayrılmıştır. Faz kuruyana yakın kalana kadar konsantre edilmiş ve n-hekzan ile 1ml'ye tamamlanmıştır. GC analizleri toprak numunelerinde belirli OCP'lerin (DDE, DDT, dieldrin, aldrin, endosulfan) ve belirli organofosforlu pestisitlerin (dimethoate, malathion, methylparathion ve chlorpyrifos) varlığını göstermiştir. Atıksu ile sulanmış topraklarda belirli OCP'lerin konsantrasyonları Toplam-BHC 12.68 ng/kg, p,p'-DDE 10.94 ng/kg, p,p'-DDT 5.62 ng/kg, dieldrin 1.59 ng/kg, aldrin 0.78 ng/kg ve Toplam-endosulfan 2.24 ng/kg olarak tespit edilmiştir. Yeraltı suyu ile sulanan topraklarda ise aynı OCP'lerin konsantrasyonları Toplam-BHC 2.3 ng/kg, p,p'-DDE 1.07 ng/kg, p,p'-DDT 1.26 ng/kg, dieldrin 0.07 ng/kg, aldrin 0.02 ng/kg ve Toplam-endosulfan 0.32 ng/kg olarak tespit edilmiştir. Atıksu ile sulanmış topraklarda belirli OPP'lerin konsantrasyonları dimethoate 0.57 ng/kg, malathion 0.98 ng/kg, methyl-parathion 1.11 ng/kg ve chlorpyrifos 0.65 ng/kg olarak tespit edilmiştir. Yeraltı suyu ile sulanan topraklarda ise aynı OPP'lerin konsantrasyonları, malathion 0.03 ng/kg, methyl-parathion 0.04 ng/kg olarak tespit edilmiştir ve dimethoate, chlorpyrifos tespit edilmemiştir. Atık su ile sulamanın pestisit kalıntı miktarlarını arttırdığı gözlenmiştir.

Munoz ve ark. (2009) atıksuyun içerisindeki kirleticileri ve tarımda yeniden kullanılan atıksuyun çevresel risklerini araştırmışlardır. Bu çalışmada yeniden kullanılan atıksuyun içindeki kirletici konsantrasyonu temel alınarak karasal ekosistemdeki çevresel riskler değerlendirilmiştir. İki İspanya atıksu arıtma tesislerinden gelen çıkış suyu içerisindeki 27 acil ve öncelikli kirleticiler incelenmiştir. Öncelikli kirleticiler geniş kimyasal maddelerden oluşur. Acil kirleticilerin pharmaceutical ve kişisel bakım ürünleri gibi çeşitli grupları vardır, bunlar insan ve çevre sağlığına olan tehditlerin artmasına sebep olur. HCB ve lindan bileşiklerinin tespiti için numune hazırlama aşamasında hekzan kullanılarak sıvı sıvı ekstraksiyon yapılmıştır, analizleri ise GC/HRMS sisteminde gerçekleştirilmiştir. Alcalá de Henares Atıksu Arıtma Tesisi çıkış suyunda HCB konsantrasyonu 20-280 ng/L, diuron <dl-

120ng/L, lindan <dl- 4.3 ng/L, el ejido atıksu arıtma tesisi çıkış suyunda HCB konsantrasyonu <dl-22ng/L, diuron 22-3000ng/L, lindan <dl- 24 ng/L olarak tespit edilmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki tarımda sulama amaçlı kullanılan atıksuyun üçüncül arıtma olmaksızın kullanılması çevrede toksikolojik etkilerin olmasına neden olabilir.

Nasir ve Batarseh (2008), yaptıkları çalışmada PAH'lar, PCB'ler, CB'ler (klorlu benzenler) ve fenollerini toprakta, atıksuda, yeraltı suyu ve bitkilerde araştırmışlardır. Bu bileşiklerin konsantrasyonları Mutah Üniversitesi Atıksu Arıtma Tesisinde kurulan 2 pilot alanda incelenmiştir. Alanlardan birincisi Mutah Üniversitesi Atıksu Arıtma Tesisi çıkış suyu ile sulanırken, ikinci referans alan yeraltı suyu ile sulanmıştır. Bu alanlarda yetiştirilen çeşitli bitki türleri (ayçiçeği, bamyası, domates, mısır, patlıcan, kırmızıbiber) kullanılarak bu bileşiklerin bitkiler tarafından alımı incelenmiştir. Bitkilerin kök, yaprak ve meyve kısımlarındaki organik bileşiklerin konsantrasyonları ayrı ayrı incelenmiştir. Pilot alanların sulanmasında kullanılan atıksu ve yeraltı suyundaki organik kirleticilerin konsantrasyonu da incelenmiştir. Örnek hazırlama aşamasında meyve, yaprak, kök numunelerinde 100 g ve toprak numunelerinden 50 g alınarak aseton su (v:v, 2:1) karışımı ile ekstrakte edilmiştir. Bir gece boyunca 220 daire/dk hızda yatay karıştırıcıda çalkalanmış ve sonra 15 g NaCl ve 100 ml siklohelzan eklenerek 1 saat daha karıştırılmış ve sıvı sıvı ayrımı gerçekleştirilmiştir. Organik tabaka alınıp 15 g Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile kurutulup konsantre edilmiştir. Ekstrak şırınga filtreden geçirilmiş, GPC cam kolon ve silika h-jel kolon temizleme yöntemleri uygulanmıştır. Atıksu ve yeraltı suyu örneklerinde katı faz ekstraksiyon metodu kullanılmıştır. PCB kalıntılarının analizi için toprak, atıksu, yeraltı suyu ve çeşitli bitki kısımları (kök, yaprak, meyve) örnekleri elektron yakalama dedektörü donanımlı gaz kromatografi kullanılarak analiz edilmiştir. Hedef bileşiklerin konsantrasyonları atıksuda, yeraltı suyundan çok daha yüksek tespit edilmiştir. Farklı bitki numunelerinde farklı alım ve translokasyon davranışları gözlenmiştir. Farklı bitki kısımları arasında kökler en çok kirlenen, meyveler ise en az kirlenen kısımlar olarak bulunmuştur. Temiz su örneklerinde  $\sum$ PCB'ler (PCB28, PCB 52, PCB 101, PCB 153, PCB 138, PCB 180) 0-8.29 ng/l aralığında tespit edilirken, atıksu örneklerinde  $\sum$ PCB'ler ( PCB28, PCB 52, PCB 101, PCB 153, PCB 138, PCB 180) 46.42-75.70 ng/l aralığında tespit edilmiştir. Temiz su ile sulanan toprak örneklerinde PCB'ler tespit edilmemiştir. Atıksu ile sulanan topraklarda ise ayçiçeği yetiştirilen toprakta  $\sum$ PCB 0.735  $\mu$ g/kg, kırmızı biber yetiştirilen toprakta  $\sum$ PCB 39.340  $\mu$ g/kg, mısır yetiştirilen toprakta  $\sum$ PCB 0.041  $\mu$ g/kg, bamyası yetiştirilen toprakta  $\sum$ PCB 73.858  $\mu$ g/kg, patlıcan yetiştirilen toprakta  $\sum$ PCB 28.225  $\mu$ g/kg, domates yetiştirilen

toprakta  $\Sigma$ PCB 0.420  $\mu\text{g}/\text{kg}$  olarak tespit edilmiştir. Atıksu ile sulanmış topraklarda yetiştirilen bitkilerin kök, yaprak ve tohumlarında ise  $\Sigma$ PCB konsantrasyonu ayçiçeği kök 16.46  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , yaprak 6.79  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , meyve 3.43  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , mısır kök 56.46  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , yaprak 0.59  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , meyve 10.32  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , patlıcan kök 0.13  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , yaprak 0.53  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , meyve 0.07  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , domates kök 0.29  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , yaprak 1.46  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , meyve 0.04  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , bamya kök 8.01  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , yaprak 0.15  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , meyve 0.06  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , kırmızıbiber kök 31.38  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , yaprak 1.58  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , meyve 31.51  $\mu\text{g}/\text{kg}$  olarak tespit edilmiştir.

Loutfy ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada Süveyş Kanalı Üniversitesi çiftlik alanında yetiştirilen kına, biberiye ve moghat bitkilerinde dioksin, dioksin benzeri PCB ve indikatör PCB kirleticilerini incelemişlerdir. Çalışma alanı iki bölgeye bölünmüştür. Birinci kısım düzenli olarak kanal suyu ile sulanırken, ikinci kısım şehrin ham atık suyu ile sulanmaktadır. İki bölgedeki eş zamanlı tarım uygulamaları incelenmiştir. Her iki bölgenin de arazi hazırlıkları yapılmıştır (tohumlar 20 cm aralıklı dikilmiş, organik gübre kullanılmış, organik fosforlu insektisitler kullanılmış). Numunelerin ekstraksiyon işlemlerinde ultrasonik ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. PCDD/Fs, DL-PCBs ve NDL-PCB'lerin ham atık su ile yetiştirilmiş yaygın olarak kullanılan tıbbi bitkilerdeki (kına, biberiye, moghat) konsantrasyonu GC/HRMS kullanılarak belirlenmiştir. Kına ve biberiye bitkilerinde, atıksu ile sulanan bütün bitki numunelerinde çalışılan kirleticilerin konsantrasyonlarının, temiz su ile sulanan bitki örneklerinden daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Moghat bitkisinde ise temiz su veya atıksu ile sulanmış numunelerde çalışılan kirleticilerin konsantrasyonlarının hemen hemen aynı olduğu gözlenmiştir. Altı indikatör PCB'nin (PCB 28, 52, 101, 153, 138, 180) toplam konsantrasyonları temiz su ile sulanmış kına bitkisinde 1.99 ng/g, atıksu ile sulanmış kına bitkisinde 3.07 ng/g, temiz su ile sulanmış biberiye bitkisinde 3.72 ng/g, atıksu ile sulanmış biberiye bitkisinde 5.9 ng/g, temiz su ile sulanmış moghat bitkisinde 0.65 ng/g, atıksu ile sulanmış moghat bitkisinde 0.56 ng/g olarak tespit edilmiştir. 17 PCB (PCB 28, 52, 101, 153, 138, 180, 95, 99, 110, 151, 149, 146, 187, 183, 177, 170, 118) kongenerinin toplam konsantrasyonu temiz su ile sulanmış kına bitkisinde 2.65 ng/g, atıksu ile sulanmış kına bitkisinde 4.13 ng/g, temiz su ile sulanmış biberiye bitkisinde 4.64 ng/g, atıksu ile sulanmış biberiye bitkisinde 7.16 ng/g, temiz su ile sulanmış moghat bitkisinde 0.78 ng/g, atıksu ile sulanmış moghat bitkisinde 0.71 ng/g olarak tespit edilmiştir. Bitki numunelerinde PCDD konsantrasyonu 0.00004 ve 0.865 pgWHO TEQ/g ıslak ağırlık, PCDF'lerin konsantrasyonu 0.03 ve 1.86 pgWHO TEQ/g ıslak ağırlık değerleri arasında bulunmuştur. PCB'lerin TEQ seviyesi ise 0.005 ve 0.76 pg/g ıslak ağırlık arasında

bulunmuştur. Toplam TEQ ye PCB'lerin katkısı biberiye için ortalama %25, moghat için ortalama %7, kına için ortalama %2 olarak bulunmuştur. NDL-PCB'ler için, 17 PCB kongenerinin toplam konsantrasyonu, atık su ile sulamadan dolayı kınada 2.65 den 4.13 ng/kg ıslak ağırlığa, biberiyede 4.64 den 7.16 ng/kg ıslak ağırlığa arttığı gözlenmiştir. PCB 28 kongenerinin %60 ile başlıca katkıda bulunan kongener olduğu, bunu %18 ile PCB 52, %6 ile PCB 101 bileşiğinin takip ettiği gözlenmiştir.

Song ve ark. (2006), 40 yıldan daha uzun zamandır atıksu ile sulamaya maruz kalan Çin'in kuzeydoğusundaki Shenyang bölgesinde, önemli kirleticilerin (PAH, PCB, ağır metal) kalıntı seviyeleri ve genotoksisite değerlendirmesini yapmışlardır. 16 PAH bileşiği florans dedektör ile donatılmış HPLC, 8 PCB bileşiği elektron yakalama dedektörü ile donatılmış GC ve 6 ağır metal AAS ile ölçülmüştür. Toprakların genotoksisite değerlendirmesi *Vicia faba* micronucleus testi ile yapılmıştır. Her biri arasında 5 km mesafe olan Hunpu atıksuyu ile sulanan 6 çeltik tarlasından numuneler alınmıştır. Her bir alanın 0-20 cm derinliğinden toplam 5 örnek alınmıştır. GC-ECD ile sekiz adet PCB (PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 180, PCB 209) (penta, hekza, hepta, deca PCB) 4.4-20.14 µg/kg aralığında tespit edilmiştir. PCB 209 toplam PCB miktarının %25-42.7'si oranında tespit edilerek topraklarda baskın olarak görülmüştür. PCB 28 ile PCB 52 tüm toprak örneklerinde bulunmamıştır. Tüm topraklarda yüksek klorlu PCB kongenerlerinin hakim olduğu belirlenmiştir.

Wang ve ark. (2010), atıksu ile sulamanın PCB ve PBDE gibi iki kalıcı organik kirletici grubunun ekim alanlarındaki dağılımında önemini incelemişlerdir. Beijing, Tongzhou bölgesinde bulunan Liangshui Nehri yerleşim bölgesine doğru akmaktadır ve arıtılmış veya arıtılmamış yerel ve endüstriyel atıksular için alıcı ortam olarak kullanılmaktadır ve bunların yanı sıra büyük bir atıksu arıtma tesisinin deşarjları da bu nehre yapılmaktadır. Araştırma bu nehrin etrafında yapılmıştır ve bu alanlarda ki baskın toprak tipi tınlı toprak olup, kışın buğday ve yazın mısır üretilmektedir. Tarımsal alanlarda örnekleme bölgeleri, yalnız atıksu ile sulanan (S alanları), karışık su ile sulanan (M alanları) alanlar, geri kazanılmış atıksu ile sulanan (R) alanlar olarak sınıflandırılmıştır ve toprak örnekleri buralardan alınmıştır. Ayrıca referans toprak örnekleri sadece yeraltı suyu ile sulanan (G bölgesi) bölgelerden alınmıştır. Yüzey topraklarından (0-20 cm) kompozit örnekler alınmıştır: Temmuz (M1, M3, S3, R), Kasım (M1, M2, M4, S5, G) ve Mayıs (S2, M1, S1, S4, S6, S7, S8) aylarında numuneler alınmıştır.  $\sum$ PCB ( 77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169, 189, 28, 52, 101, 138, 153, 180, 3, 11, 15, 19, 202, 205, 208, 209) konsantrasyonları M

alanlarında 256.2-379.4 pg/g, S alanlarında 276.8- 2136.1 pg/g, G alanında 355.4 pg/g, R alanında 1481.8 pg/g konsantrasyonunda tespit edilmiştir. Atıksu ile sulanan tarım alanlarında PCB birikiminin daha yüksek olduğu gözlenmiştir ve atıksu ile sulamanın PCB ve PBDE birikimine yol açacağı sonucuna varılmıştır. Üst toprak örneklerinde PCB ve PBDE konsantrasyonları arasında ve farklı alanlardaki toprak organik içeriği arasında önemli bir korelasyon bulunamamıştır.

Jiries ve ark. (2002) yaptıkları çalışmada ham atıksuda, toprakta ve Karak ham atıksu deşarj alanında OCP'ler ve Zn, Pb, Cu, Ni, ağır metallerini incelemiştir. Karak ham atıksuyundan, ham atıksu deşarj alanından 0-25 cm derinliklerinde 45 toprak örneği ve 5 bitki türünü (*Salsola sp.*, *Anapsis sp.*, *Avena sp.*, *Malvo sp.*, *Heliotropium sp.*) temsil eden 20 bitki numunesi alınmıştır. En az beş aydır örnekleme bölgesine yağmur yağmamıştır ve bu yüzden çalışmada sonuçlarının yağmurdan etkilenmediği düşünülmüştür. Toprak örnekleri 2 mm'lik elekten geçirilip analiz işlemleri için hazırlanmıştır. Bitki ve toprak numunelerinin ekstraksiyonu için 25 g numune 100 ml aseton ve 25 ml saf su ile 2 saat boyunca çalkalanmıştır. Sıvı faz ayrılmış ve 200 ml aseton ile seyreltilmiştir. Daha sonra 20 ml'si ayırma hunisine alınmış ve 10 ml NzCl, 20 ml su, 30 ml diklorometan ile 2 kez ekstrakte edilmiştir. Atıksu numunelerin ekstraksiyonu için ise 500 ml numune alınmış 20 g NaCl, 30 ml diklorometan, 20 ml saf su ile karıştırılmıştır. Organik faz ayrılmıştır. Ekstraktların saflaştırılması için ise aktive edilmiş silika jel kullanılmıştır. Analizler GC-ECD kullanılarak yapılmıştır. Çalışma alanının 5 km batısında atıksudan etkilenmeyen benzer toprak tipinin bulunduğu alandan kontrol için referans numuneler alınmıştır. Sonuçlar araştırılan alanın çeşitli türde pestisitler ile yoğun kirli olduğunu göstermiştir. Vinclozoline numunelerin çoğunda en baskın pestisit olarak bulunmuştur. DDT ve metabolitleri gibi uygulamaları sınırlı olan bazı pestisitler araştırma alanında tespit edilmiştir. İncelenen numunelerde organokorlu pestisitler (vinclozoline, talcofos, tetradifon, propargite, lindane, epoxide, DDE, DDT, dieldrin, eldrin, endosulfan, fenprothrin, trans-heptachlor); atıksuda 77.1-583.7 ppb, toprakta 343.1-1654.3 ppb, bitkide 1116.7-1527.5 ppb aralığında bulunmuştur. Çalışma sonuçlarında organokorlu pestisitlerin konsantrasyonlarının yüksek olduğu bölgedeki halk sağlığını, otlama alanlarını ve yeraltı suyu kaynaklarını tehdit ettiği görülmüştür.

Çin'in Tianjin bölgesi uzun bir su kıtlığı tarihine sahiptir. 1958'de bu bölgedeki birçok çiftçi tarlalarını sulamak için atıksu kullanmaya başlamıştır. Bu bölgedeki kanallar şehir kanalizasyonu ve bölgedeki atıksu ile sık sık kirlenmektedir. Tianjin

bölgesinin yüzey topraklarından DDT ve metabolitlerinin kirliliğini araştırmak için Gong ve ark. (2004) tarafından 188 numune toplanmıştır. Tüm örnekler için p,p'-DDE, p,p'-DDD, p,p'-DDT, o,p'-DDE, o,p'-DDD ve o,p'-DDT ölçülmüştür. Numunelerin ekstraksiyonları için hızlandırılmış sokslet ekstraktör, temizlenmesi için florosil kolon temizleme yöntemi kullanılmıştır. Numuneler GC/ECD ile analiz edilmiştir. Sonuçlar p,p'-DDT, p,p'-DDE'nin yüzey topraklarında baskın kirletici olduğunu göstermiştir. p,p'-DDT ve p,p'-DDE'nin ortalama konsantrasyonları sırasıyla 27.5 ng/g ve 18.8 ng/g olarak bulunmuştur. Bütün numuneler için kirleticilerin kalıntı seviyesinin, pH değerinden ve toprağın TOK içeriğinden belirlendiği tespit edilmiştir. Atıksu ile sulanan alanlardan toplanan örnekler atıksu ile sulanmayan alanlarla karşılaştırılmıştır. Arıtılmış atıksu ile sulanan alanlar ve diğer alanlar arasında ölçülen DDT (o,p'-DDD hariç) konsantrasyonları arasındaki farkın önemli olmadığı görülmüştür. Buda atıksu ile sulamanın bu bölgede önemli bir DDT kaynağı olmadığını göstermiştir. Ama atıksu ile sulanan bölgelerde Cd, Hg, As, Cu, Pb, Cr gibi ağır metal kirliliğinin mevcut olduğu tespit edilmiştir.

Khim ve ark. (2001) Kore'de yaptıkları bir çalışmada evsel ve endüstriyel atıksuların deşarj edildiği Ulsan körfezinden aldıkları su ve sediment örneklerinde PCB ve OCP (HCB, HCHs, CHLs ve DDTs) bileşiklerini incelemişlerdir. Analizler GC-ECD sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bölgede PCB bileşiklerinin üretiminin ve kullanımının uzun süre önce yasaklanmış olmasına rağmen analiz sonuçları kirleticilerin mevcut olduğunu göstermiştir. OCP analizleri arasında, DDT'nin konsantrasyonu en büyüktür ve kuru ağırlık bazında 0.02-41.9 ng/g aralığında bulunmuştur. Sedimentte ölçülen PCB konsantrasyon aralığı kuru ağırlık bazında 1.4-77 ng/g aralığında bulunmuştur.

Koh ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada PCB'ler, OCP'ler ( HCB, HCH, CHL, DDT) ve PAH'ların mekansal dağılım ve kaynaklarını belirlemek için Kore'de Yeongil Körfezinden topladıkları 26 sediment örneğinde bu bileşiklerin konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Analizleri gerçekleştirmek için GC-ECD sistemi kullanılmıştır. PCB'ler 26 bölgenin 5'inde kuru ağırlık bazında 3.41-26.5 ng/g aralığında tespit edilebilmiştir. Maksimum PCB konsantrasyonu büyük tersanelerin bulunduğu içteki bölgelerde tespit edilmiştir. PCB içeren bütün bölgelerin ticari liman ve tersanelere yakın olduğu gözlenmiştir ve bu alanlar 200'den fazla endüstrinin atıksuyuna ve nakliye faaliyetlerine maruz kalmaktadır. OCP konsantrasyonları ise küçük miktarlarda tespit edilmiştir.

Gaw ve arkadaşları (2006) tarafından yapılan bir çalışmada, Yeni Zelanda'nın üç bölgesinden toplanan toprak örneklerindeki iz element konsantrasyonları ve toplam DDT seviyeleri ölçülmüştür. DDT analizlerinde GC-ECD/NPD sistemi kullanılmıştır. Bu üç bölgedeki toprakların tamamındaki arsenik, kadmiyum, bakır, kurşun ve  $\Sigma$ DDT seviyeleri tayin edilmiştir.  $\Sigma$ DDT miktarı için 0.03-34.5 mg/kg değerleri arasında bulunmuştur. Kadmiyum ve çinko hariç kirletici seviyelerinin tarımın yapıldığı topraklarda otlak olarak kullanılan topraklardan çok daha yüksek olduğu görülmüştür.

Li ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada Gaobeidian Atıksu Arıtma Tesisi deşarjının yapıldığı Gaobeidian gölünde yumuşak kabuklu kaplumbağa, balık, zooplankton, sediment ve suda OCP'leri (DDT, HCB, HCH) ve 6 indikatör PCB (PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153, PCB 180) kongenerinin varlığını araştırmışlardır. Su hariç diğer numunelerde baskın tür DDT olarak bulunmuştur. Suda HCB konsantrasyonu 1.65-4.51 ng/L, HCH'lerin konsantrasyonu 13.2-26.7 ng/L, DDT'lerin konsantrasyonu 0.17-14.4 ng/L, PCB'lerin konsantrasyonu 4.75-43.8 ng/L olarak bulunmuştur. Sedimentte HCB konsantrasyonu 2.53-3.12 ng/kg, HCH'lerin konsantrasyonu 1.02-1.48 ng/kg, DDT'lerin konsantrasyonu 10.3-15.6 ng/kg, PCB'lerin konsantrasyonu 0.91-3.7 ng/kg olarak bulunmuştur.

Tağa ve Bilgin (2008) Ege ve Akdeniz Bölgelerinde yetiştirilen portakal, limon ve mandalinalarda pestisit kalıntı düzeylerini araştırmışlardır. İzmir, Muğla, Antalya ve Mersin illerinin ilçelerinden toplam 210 narenciye numunesi alınmıştır. Numunelerin ekstraksiyonu Luke ekstraksiyon metoduyla yapılmıştır. Numunelerin analizleri için GC-MS sistemi kullanılmıştır. 210 adet numunenin 105 tanesinde en az bir adet pestisit kalıntısı bulunmuştur. 5 adet numunede (% 2.4) Türk Gıda Kodeksi (TGK) ve Avrupa Birliği (AB) Maksimum Kalıntı Limitleri (MRL)'nin üzerinde kalıntı tespit edilmiştir.

Şenöz (2007) buğday, makarna ve bisküvideki organofosforlu pestisit kalıntılarına depolama, öğütme ve pişirmenin etkisini incelemiştir. Kalıntıların belirlenmesinde GC-NPD ve GC-MS sistemleri kullanılmıştır. Sonuçlar tahılı korumak üzere izin verilen dozlarda uygulanan pestisitlerin maksimum kalıntı limitlerinin üzerinde çıktığını göstermiştir.

#### **2.4.1. Konya bölgesinde yapılan çalışmalar**

Aydın ve ark. (2003) Konya Ana Tahliye Kanalındaki su ve sedimentlerde PCB bileşiklerini araştırmışlardır. Konya Ana Tahliye Kanalı boyunca altı farklı noktadan

alınan su ve sediment numunelerde 6 PCB (28, 52, 101, 138, 153, 180) bileşiğinin analizleri yapılmıştır. Çalışmada kullanılan su ve sediment numuneleri kanalizasyon sularının toplandığı terfi merkezinin Ana Tahliye Kanalına bağlandığı noktadan 10 m sonra, bağlantı noktasından 500 m sonra, Keçili Deresi birleşim kolundan, 1 Nolu pompa istasyonu çıkışından, Tutupbeli Tüneli Çıkışından (2 Nolu Pompa İstasyonu) ve Gölyazı Köprüsü'nden (Tuzgölü Girişi) alınmıştır. Numuneler su yüzeyinin 20, sediment yüzeyinin 15 cm aşağısından alınmıştır. Analizler GC-ECD sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Atıksuda bulunan PCB konsantrasyonları PCB 28 0.25-2.55 µg/l, PCB 52 0.40-4.04 µg/l, PCB 101 0.02-0.26 µg/l, PCB 138 <dl-0.07 µg/l, PCB 153 0.03-0.19µg/l, PCB 180 <dl- 0.11µg/l, sedimentte bulunan PCB konsantrasyonları PCB 28 0.08-57.84 ng/g, PCB 52 <dl-84.40 ng/g, PCB 101 1.74-76.65 ng/g, PCB 138 0.47-8.17 ng/g, PCB 153 0.10-4.18 ng/g, PCB 180 0.39-7.26 ng/g aralığında tespit edilmiştir.

Aydın ve ark. (2004) Konya'da temiz su, atıksu ve sediment örneklerinde PCB (PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180) ve PAH bileşiklerinin analizlerini yapmışlardır. Numuneler Konya su dağıtım şebekesinden, kanalizasyon sisteminden ve Ana Tahliye Kanalından alınmıştır. Numunelerin PCB analizleri GC-ECD sistemi ile gerçekleştirilmiştir.  $\Sigma$ PCB değerleri temiz su örneklerinde 0.027-0.044 µg/L, atıksuda 0.08-0.19 µg/L ve sedimentte 6.3-35 µg/kg arasında bulunmuştur. Bu çalışmada su ve atıksudaki PCB seviyeleri EPA standartlarına göre uygun bulunmuştur.

Aydın ve ark. (2003) Konya Ana Tahliye Kanalı boyunca 6 farklı noktadan alınan su ve sediment örneklerinde tarımsal faaliyetler esnasında sıklıkla kullanılan lindan, heptachlor, aldrin, o,p-DDE, dieldrin, p,p-DDD, p,p-DDT, mirex gibi pestisitlerin varlığını araştırmışlardır. Çalışmada kullanılan su ve sediment numuneleri kanalizasyon sularının toplandığı terfi merkezinin Ana Tahliye Kanalına bağlandığı noktadan 10 m sonra, bağlantı noktasından 500 m sonra, Keçili Deresi birleşim kolundan, 1 Nolu pompa istasyonu çıkışından, Tutupbeli Tüneli Çıkışından (2 Nolu Pompa İstasyonu) ve Gölyazı Köprüsü'nden (Tuz Gölü Girişi) alınmıştır. Numuneler su yüzeyinin 20, sediment yüzeyinin 15 cm aşağısından alınmıştır. Analizler GC-ECD ile gerçekleştirilmiştir. Atıksuda bulunan OCP konsantrasyonu 0.01-16.08 µg/L, sedimentte ise 0.02-175.86 ng/g aralığında tespit edilmiştir. Sedimentteki OCP konsantrasyonlarının atıksudaki OCP konsantrasyonlarından farklı olduğu gözlenmiştir ve yüzey sedimentinde OCP'lerin biriktiği tespit edilmiştir.

Aydın ve ark. (2004) yaptıkları bir çalışmada Konya kanalizasyon sisteminden, Ana Tahliye Kanalının farklı noktalarından ve ana çıkış noktasından numuneler

almışlardır. Çalışmada lindane, mirex, aldrin, heptachlor, methoxychlor, o,p-DDE, p,p-DDD, p,p-DDT ve dieldrin gibi organoklorlu pestisit analizleri yapılmıştır. Konya atıksuyunda maksimum OCP konsantrasyonları lindan için 0.02-7.87 µg/L, heptaklor için 0.13-21.35 µg/L, aldrin için 0.004-10.13 µg/L, dieldrin <0.0002-1.72 µg/L, methoxychlor <0.01-26.13 µg/L, mirex için <0.0002-1.32 µg/L, o,p-DDE için 0.016-4.13 µg/L, p,p-DDD için <0.0002-3.93 µg/L, p,p-DDT için <0.01-2.28 µg/L aralıklarında tespit edilmiştir.

Aydın ve Kara (2004), Konya kanalizasyon suyunun toksisitesini, ikinci sanayi bölgesi kanalizasyon sistemi ve genel kanalizasyon sistemi çıkışında, *Lepidium sativum* ve tatlı su balıkları gibi test organizmalarıyla belirlemişlerdir. İki saatlik kompozit atıksu numuneleri toplanmıştır. Genel kanalizasyon çıkışından ve ikinci sanayi bölgesi kanalizasyon çıkışından alınan atıksu örneklerinin balık testi için LC<sub>50</sub> değerleri sırasıyla %41 ve %47 tespit edilirken, *Lepidium sativum* testi için LC<sub>50</sub> değerleri sırasıyla %83 ve %79 olarak tespit edilmiştir. Atıksuların toksisite seyrelme faktörü, su kirliliği kontrol yönetmeliği endüstriyel atıksu deşarj standartlarına göre kabul edilebilir değer aralıkları içinde bulunmuştur.

Konya kanalizasyon sisteminin çeşitli noktalarından atıksu örnekleri alınmış ve akut toksisitesinin belirlenmesi amacıyla balık toksisite testi, *Lemna minor* toksisite testi, *Lepidium stavium* toksisite testi, thamnotox, daphtox, *Vibrio fischeri* toksisite testi, algaltox toksisite testleri uygulanmıştır. Balık toksisite testi için komderi noktasından alınan atıksular “toksik değil” sınıfına girerken, diğer tüm noktalar “toksik” sınıfına girmiştir. *Thamnotox* toksisite testi incelendiğinde ise meram sanayi çıkışı “çok toksik” olarak sınıflandırılırken diğer tüm noktalar “toksik” sınıfında belirlenmiştir. Daphtox toksisite testinde tüm noktalar “toksik” olarak sınıflandırılmıştır. *Lemna minor* toksisite testi için ise meram sanayi girişi, I. Organize sanayi ve terfi merkezi “toksik” sınıfına girmiştir. Bu sınıflandırma Konya kanalizasyon sisteminden alınan kentsel atıksuların genellikle toksik sınıfına girdiğini ve bu sular ile sulanan tarımsal alanlar için risk oluşturduğunu göstermektedir (Aydın ve ark. 2007; 2008).

Aydın ve ark. (2005) yaptıkları bir çalışmada Konya atıksularının karakterizasyonunu belirlemişlerdir. İstanbul yolu, Anadolu sanayi, 1. Organize Sanayi, Motorlu sanayi ve Terfi merkezinden ayda bir olmak üzere bir yıl süre ile su örnekleri alınmıştır. Alınan atıksu örneklerinin pH, AKM, BOİ<sub>5</sub>, KOİ, TN, NO<sub>3</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P, TC, TIC, TOC, Pb ve Cr analizleri yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda, genel olarak Konya atıksuyunun orta kirlilikte evsel atıksu özelliği taşıdığı belirlenmiştir.

Özcan (2003) Konya atıksuyunda OCP'leri araştırmıştır. Kanalizasyon sisteminin 6 farklı noktasından, atıksuların toplandığı terfi merkezinden ve Ana Tahliye Kanalının 2 farklı noktasından numuneler alınmıştır. Numunelerin analizinde GC-ECD kullanılmıştır. Atıksu örneklerinde bulunan OCP konsantrasyonunun 0.01-5.73 µg/l arasında değiştiği belirlenmiştir. Konya atıksuyunda ve Ana Tahliye Kanalında ölçülen OCP'lerden en yüksek konsantrasyonda 5.73 µg/l değeriyle heptachlor bulunurken, 4.4 µg/l konsantrasyonunda o,p-DDE, 3.93 µg/l konsantrasyonunda p,p-DDD, 2.39 µg/l konsantrasyonunda aldrin, 2.29 µg/l konsantrasyonunda p,p-DDT, 1.66 µg/l konsantrasyonunda lindan, 0.15 µg/l konsantrasyonunda mirex, 0.12 µg/l konsantrasyonunda metoxychlor, 0.07 µg/l konsantrasyonunda dieldrin bulunmuştur.

Dağlı (2008) Konya bölgesindeki buğdaylarda organoklorlu pestisit kirliliğini araştırmıştır. Çalışmada çiftçilerden temin edilen 36 buğday numunesindeki organoklorlu pestisit kirliliği GC-ECD sistemi ile tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan buğday örnekleri; Konya' da bulunan buğday fabrikalarından, Konya Tarım İl Müdürlüğü'ne bağlı Kontrol Şube Müdürlüğü' nün kontrol amacıyla Konya piyasasından topladığı buğday numunelerinden ve hayvanlarda toksiteye neden oldukları şüphesiyle Konya Veteriner ve Kontrol Araştırma Enstitüsü Toksikoloji Laboratuvarı'na gelen buğday numunelerinden temin edilmiştir. Numunelerin tamamında organoklorlu pestisitler tespit edilmiştir. Aldrinin ortalama kalıntı değeri 0.0011 µg/g, dieldrin'in ortalama kalıntı değeri 0.0003 µg/g, endrinin ortalama kalıntı değeri 0.0002 µg/g, heptachlorun ortalama kalıntı değeri 0.0007 µg/g, β-endosulfanın ortalama kalıntı değeri 0.0002 µg/g, α-endosulfanın ortalama kalıntı değeri 0.0003 µg/g, α-HCH'nin ortalama kalıntı değeri 0.0003 µg/g, β-HCH'nin ortalama kalıntı değeri 0.0007 µg/g, γ-HCH'nin ortalama kalıntı değeri 0.0003 µg/g, metoxychlorun ortalama kalıntı değeri 0.0026 µg/g, HCB'nin ortalama kalıntı değeri 0.0008 µg/g, 4-4'-DDT'nin ortalama kalıntı değeri 0.0006 µg/g, 2-4,-DDT'nin ortalama kalıntı değeri 0.0003 µg/g olarak bulunmuştur. Aldrin, trans-klordan, oksiklordan, metoxychlor, Avrupa Birliği direktiflerine göre maksimum kalıntı değerlerinin üzerinde çıkmıştır. Buğday örneklerinin büyük kısmının organik klorlu pestisitlerle kontamine olduğunu belirtmiştir. Çevre kirliliğinin, pestisitlerin çiftçiler tarafından kullanılmasıyla ortaya çıktığını, çoğu örneğin bu kalıntılar tarafından kirletilmiş olduğunu ve buğdayda organik klorlu pestisit kalıntı kontrolünün yapılması gerektiğini belirtmiştir.

Uçan (2007) Konya kent merkezindeki süper marketlerde satılan bazı sebze ve meyvelerdeki OCP kalıntılarını araştırmıştır. Konya merkezindeki çeşitli

süpermarketlerde halka satılan 24 adet sebze (kabak, patlıcan, patates, domates, salatalık, turp, fasulye, karnabahar, mor lahana, maydanoz, yeşil biber, ıspanak, dolma biber, marul, kuru soğan, taze soğan, brokoli, pırasa, beyaz lahana, limon, şeker pancarı, roka, dereotu, kereviz ) ve 18 adet meyveden (elma, armut, siyah üzüm, erik, ayva, havuç, beyaz üzüm, hurma, portakal, nar, muz, mandalina, bal kabağı, greyfurt, çilek, kivi, yer elması, muşmula) oluşan toplam 42 adet numune kullanılmıştır. Araştırılan meyve ve sebze numunelerinde tespit edilen ortalama kalıntı değerleri; kerevizde  $\alpha$ -endosulfan,  $\delta$ -HCH,  $\epsilon$ -HCH, hexachlorobenzene ve pırasada Oxy-chlordane hariç Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) ve Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Teşkilatı (FAO)-Codex Alimentarius Commission tarafından tespit ve tavsiye edilen uluslararası maksimum limit düzeylerinin altında bulunmuştur.

Ersoy ve ark. (2011) Konya yöresinde halkın tüketimine sunulan mahalli pazarlar, kuru yemişçiler ve market gibi alanlardan toplanan sert çekirdekli meyve türlerinden erik (14 adet), kayısı (7 adet), kiraz (9 adet), nektarin (3 adet), şeftali (10 adet), vişne (3 adet); sert kabuklu meyve türlerinden Antep fıstığı (2 adet), badem (6 adet), ceviz (23 adet), fındık (11 adet) gibi meyve örnekleri olmak üzere toplam 89 adet numunede, 203 adet pestisit kalıntı düzeylerini araştırmışlardır. Örneklerin tamamı paslanmaz çelik blendırlarda parçalanarak homojenize edilmiştir. Örneklerin ekstraksiyon işlemi için QuEChERS metodu kullanılmış ve cihaz okumaları LC-MS/MS ve GC-MS cihazlarında yapılmış ve pestisit kalıntı miktarları tespit edilmiştir. 2010 yılında semt pazarları, marketler ve kuruyemişçilerden temin edilen toplam 14 adet erik örneklerinde yapılan pestisit kalıntı analizleri sonucunda, numunelerden bir tanesinde 8  $\mu\text{g}/\text{kg}$  Benomyl carbendazim, 19  $\mu\text{g}/\text{kg}$  Phosalone; başka bir numunede 26  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , Phosalone ve diğer bir tanesinde de yine 10  $\mu\text{g}/\text{kg}$  Phosalone kalıntısına rastlanmıştır. Kalan 11 numunede ise tespit edilebilir düzeyde pestisit kalıntısı bulunmamıştır. bir kayısı numunesinde 281.0  $\mu\text{g}/\text{kg}$  Amitraz düzeyinin Türk Gıda Kodeksi' nde bulunmasına izin verilen tolerans değerinin (50.0  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) yaklaşık 6 katı olduğu; bir kiraz numunesinde tamamen yasaklanan Monocrotophos pestisitinin 26.0  $\mu\text{g}/\text{kg}$  düzeyinde olduğu, bir vişne numunesinde de kullanımı yasaklanan 5.0  $\mu\text{g}/\text{kg}$  düzeyinde Chlorpyrifos pestisit kalıntısının bulunduğu, yine bir şeftali numunesinde 929.0  $\mu\text{g}/\text{kg}$  Chlorpyrifos pestisit kalıntısının bulunup elde edilen değer Türk Gıda Kodeksin' de belirtilen tolerans değerinin (200.0  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) oldukça üzerinde olup yaklaşık 5 katı bir değer gösterdiği belirlenmiştir.

Ersoy ve ark. (2011) Konya'da halkın tüketimine sunulan alanlardan toplanan, 63 adet elma, armut ve ayva örneklerinde, 203 adet pestisit kalıntı düzeyleri araştırmışlardır. LC-MS/MS ve GC-MS cihazlarında analizlenen örneklerdeki kalıntı miktarları, TGK'nin tolerans değerleri dikkate alınarak tespit edilmiştir. Örneklerin tamamı paslanmaz çelik blendırlarda parçalanarak homojenize edilmiştir. Örneklerin ekstraksiyon işlemi için QuEChERS metodu kullanılmıştır. En son olarak LC-MS/MS ve GC-MS cihazlarına enjeksiyonlar yapılmış ve pestisit kalıntı miktarları tespit edilmiştir. Araştırmada elde edilen kalıntı miktarları, 'Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerinde Bulunmasına İzin Verilen Pestisitlerin Maksimum Kalıntı Limitleri Tebliği'ne göre her örnekte 3 tekerrürün ortalaması şeklinde değerlendirilmiştir. Bu araştırmada, toplam 63 adet yumuşak çekirdekli meyve örneğinden (elma için 46 numune, armut için 13 numune ve ayva için 4 numune) 43 numunede en az bir pestisit kalıntısı tespit edilmiştir. Kalıntı rastlanan numuneler toplam numunenin % 68'ini oluşturmaktadır. Araştırma bulgularına göre, bir elma örneğinde yasaklı olan Thiabendazol'un (TGK tolerans değeri 10 µg/kg) 15 µg/kg, diğer bir elma örneğinde ise 6 µg/kg düzeylerinde olduğu; yine iki ayva numunesinde yasaklı Chlorpyrifos'un 8.0 ve 5.0 µg/kg düzeylerinde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bir armut numunesinde de 147 µg/kg Amitraz'ın TGK'nin tolerans değeri olan 50 µg/kg değerinin yaklaşık 3 katı düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, örnek popülasyonu düşünüldüğünde, kalıntı sorununa yönelik olarak kesin yargılarda bulunulmasını güçleştirmektedir. Ancak yine de çalışmada bazı numunelerde elde edilen insan sağlığı için tehlike oluşturabilecek düzeyler dikkat çekicidir.

Ersoy ve ark. (2011) Konya yöresinde halkın tüketimine sunulan mahalli pazarlar ve marketlerden toplanan 101 adet yaş üzüm ve 10 adet çilek meyvesinde 203 adet pestisit kalıntı düzeylerini araştırmışlardır. Örneklerin tamamı paslanmaz çelik blendırlarda parçalanarak homojenize edilmiştir. Örneklerin ekstraksiyon işlemi için QuEChERS metodu kullanılmış En son olarak LC-MS/MS ve GC-MS cihazlarına enjeksiyonlar yapılmış ve pestisit kalıntı miktarları tespit edilmiştir. Araştırmada ele alınan yaş üzüm numunelerinde pestisit kalıntısına rastlanmayan ürün, toplam ürünün %38'ini, bir adet pestisit kalıntısı bulunan %10'unu, 2 adet pestisit kalıntısı bulunan %20'sini, 3 adet pestisit kalıntısı bulunan %10'unu, 4 adet pestisit kalıntısı bulunan %11'ini, 5 adet pestisit kalıntısı bulunan %9'unu, 6 ve 7 adet pestisit kalıntısı bulunan %2'sini oluşturmuştur. İncelenen 10 adet çilek numunesinden 3 tanesinde kullanımı tamamen yasaklanan chlorpyrifosun 5, 11, 10 µg/kg düzeyinde kalıntısına rastlanmıştır.

Kalıntısız örnek oranı %70, kalıntılı örnek ve yasaklı kimsayal kullanılan örnek oranları %30'ar olarak bulunmuştur.

Ersoy ve ark. (2011) Konya'da market ve yerel pazardan toplanan, 8 adet portakal, 17 adet mandarin, 4 adet limon, 4 adet altıntop, 7 adet muz, 5 adet kivi, 6 adet taze incir, 5 adet nar, 2 adet altın çilek, 2 adet pepino, 2 adet pasiflora meyve örneklerinde, 203 adet pestisit kalıntı düzeylerini araştırmışlardır. Örneklerin tamamı paslanmaz çelik blendırlarda parçalanarak homojenize edilmiştir. Örneklerin ekstraksiyon işlemi için QuEChERS metodu kullanılmıştır. En son olarak LC-MS/MS ve GC-MS cihazlarına enjeksiyonlar yapılmış ve pestisit kalıntı miktarları tespit edilmiştir. Araştırmada yer alan 8 adet portakal numunesinden 1 tanesinde (P7) kullanımı yasaklanmış Chlopyrifos'un (TGK tolerans değeri 10 µg/kg) 34 µg/kg olduğu; 17 adet mandarin numunesinden bir numunede (M5) kullanımı yasak olan üç ayrı pestisit (Chlorpyrifos, Diazinon ve Pirimiphos ethyl) sırasıyla 23, 2 ve 5 µg/kg düzeylerinde olduğu; 4 limon numunesinden bir tanesinde (L3) kullanımı yasaklanmış Chlorpyrifos'un (TGK tolerans değeri 10 µg/kg) 17 µg/kg düzeyinde olduğu; altıntop meyve numunelerinden de bir tanesinde (A4) kullanımı yasaklanmış üç farklı pestisit olan Chlorpyrifos, Diazinon ve Pyrimiphos ethylin sırasıyla 37, 3 ve 7 µg/kg düzeylerinde bulunduğu tespit edilmiştir.

Ersoy ve ark. (2011) Konya yöresinde halkın tüketimine sunulan mahalli pazarlar ve marketlerden toplanan domates, biber ve patlıcan sebze örneklerinde 203 adet pestisit kalıntı düzeylerinin belirlenmesine yönelik olarak araştırma yapmışlardır. Örneklerin tamamı paslanmaz çelik blendırlarda parçalanarak homojenize edilmiştir. Örneklerin ekstraksiyon işlemi için QuEChERS metodu kullanılmıştır. Araştırmada yer alan 10 adet domates numunesinde yapılan pestisit kalıntı analizleri sonucunda, D1 numunesinde kullanımı tamamen yasak olan Oxamyl (TGK tolerans değeri 10 µg/kg)'in yaklaşık 7 katı bir değere sahip olduğu tespit edilmiştir (Tablo 5). Diğer numunelerde bulunan farklı pestisit kalıntıları TGK tolerans değeri sınırları içinde kalmıştır. Farklı satıcılardan temin edilen 10 adet biber örneklerinde yapılan pestisit kalıntı analizleri sonuçlarına göre, numunelerden bir tanesinde kullanımı yasaklanmış iki farklı pestisit (112.0 µg/kg Ethion ve 75.0 µg/kg Triazophos) bulunduğu; bir başka numunede ise 120.0 µg/kg Benomyl-carbendazim' in TGK'nın tolerans değeri olan 100.0 µg/kg değerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Analize alınan 10 adet patlıcan numunesinde ise, kullanımı yasaklanmış Oxamyl'in numunelerin bir tanesinde TGK tolerans değerinden yaklaşık 11 kat fazla olduğu (107.0 µg/kg) ve bu değer çok

tehlikeli düzeylerde olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanında 3 tane patlıcan numunesinde Imidacloprid (TGK tolerans değeri 20.0 µg/kg) sırasıyla 49.0, 190.0 ve 64.0 µg/kg düzeylerinde bulunmuştur.

Berktaş ve Aydın (1996) yaptıkları çalışmada, Konya ovasında atıksular ile sulamanın toprakların kirliliğine etkisini incelemek için, Ana Tahliye Kanalı çevresinden aldıkları toprak örneklerini, Ana Tahliye Kanalı'ndan alınan atıksularla laboratuvar şartlarında sulamışlardır. 0-200 mm, 200-400 mm, 400-600 mm derinliklerinden alınan toprak numunelerine değişik sayıda sulama suyu uygulamaları yapılmıştır. Sulanan topraklar üzerinde toplam çözünebilir tuzlar, bor ve değişebilir sodyum analizleri yapılmıştır. Sulama sayısı arttıkça, tuz ve bor değerlerinde önemli artışlar görülmüştür. Değişebilir sodyum yüzdesi değerleri de artan sulama sayısı ile paralel olarak artış göstermiştir. Ana Tahliye Kanalı suyunun sulama yönünden çok kaliteli olmadığı, bu sularla sulanan topraklarda bor ve tuzluluk konsantrasyonlarında artışların olduğu ve bunun toprak verimini azaltacağı, ürün kalitesinin düşüreceği sonucuna varmışlardır.

Aydın (2000) Konya Ana Tahliye Kanalı'nın Tuz Gölü'nün kirliliğine etkisini incelemiştir. Kanalın çeşitli noktalarından bir yıl süreyle numuneler alınmıştır. Su numuneleri Apa Baraj çıkışı, Keçili Deresi birleşim kolu, 3 nolu pompa istasyonu, Tutupbeli tüneli çıkışı ve Tuz Gölü girişinden alınmıştır. Kanaldan ayda bir alınan su numunelerinin fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmış, ağır metal içerikleri belirlenmiştir. Baraj çıkışından alınan su numuneleri ABD tuzluluk sınıflamasına göre C<sub>2</sub>-S<sub>1</sub> sınıfına, Wilcox sınıflamasına göre iyi su sınıfına girmektedir. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği teknik usuller tebliğinde sulama sularının sınıflandırılmasıyla C<sub>2</sub>-S<sub>1</sub> (Orta tuzlu, az sodyumlu) sınıfı suyun II. sınıf (iyi) su olduğu belirlenmiştir. Konya atıksularının kanala verildiği Keçili Kolundan alınan numunelerde su ABD tuzluluk su sınıfına göre C<sub>4</sub>-S<sub>1</sub> (Çok tuzlu, az sodyumlu) ve Wilcox sınıflamasına göre şüpheli kullanılamaz sınıfında belirlenmiştir. Ağır metal konsantrasyonlarının ise deşarj limitlerinin altında olduğu ve uzun zamanda Tuz Gölü'nde birikerek limitlerin üstüne çıkabileceği sonucuna varılmıştır.

Korkmaz (2006) Konya ili atıksularının Tuz Gölü üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Ana Tahliye Kanalı'nın 5 farklı noktasından alınan numunelerin fiziksel kimyasal özellikleri ve ağır metal içerikleri belirlenerek Tuz Gölü'ne giden kirlilik tespit edilmeye çalışılmıştır. Sulama şebekesine su verilen Apa Barajı çıkışından ve Konya'nın atıksularının kanala verildiği Keçili Kolundan alınan numune örnekleri

karşılaştırılmıştır. Baraj çıkış suyunun ABD tuzluluk sınıflamasına göre C2-S1 sınıfına girdiği, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği teknik usuller tebliğinde sulama sularının sınıflandırılmasında C2–S1 sınıfı II. sınıf (iyi) su olduğu belirlenmiştir. Keçili deresi sonuçları baraj çıkışı sonuçlarıyla karşılaştırılmış ve suyun önemli ölçüde kirlendiği görülmüştür. Keçili Deresi birleşim noktasında su ABD tuzluluk sınıflamasına göre şüpheli kullanılamaz sınıfında belirlenmiştir. Suyun baraj çıkışındaki iyi kaliteli halinden şüpheli kullanılamaz hale gelmesine etki eden faktörlerden birisinin Konya atık sularının arıtılmadan Ana Tahliye Kanalına verilmesi olduğu düşünülmüştür. Kanal suyunun toplam çözülmüş madde miktarının oldukça düzenli ve hızlı bir şekilde Tuz Gölü'ne doğru arttığı belirlenmiştir. Kanal boyunca çözülmüş madde miktarı ile toplam organik madde ve florür değerleri arasında kuvvetli pozitif ilişki olduğu düşünülmüştür.

Uyanöz (1998) Konya'da sulama suyu olarak kullanılan atıksuların, tarım topraklarının fiziksel, kimyasal, biyolojik özelliklerine ve bu arazilerde yetiştirilen bitkiler üzerine etkilerini araştırmak amacıyla çalışma gerçekleştirmiştir. Sulamada kullanılan atıksudan, atıksu ile sulanan ve sulanmayan alanlardan toprak ve bitki (buğday, arpa ve yonca) numuneleri alınarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, su örneklerinin pH değerleri 6.3-8 aralığında, Eİ değerleri 1235-8100 Micromhos/cm aralığında tespit edilmiştir. Su örneklerinin  $Ca^{++}+Mg^{++}$  içerikleri 7.6-54.0 me/l aralığında,  $Na^{+}$  içerikleri 2.6-43.0 me/l aralığında tespit edilmiştir. Su örneklerinin  $K^{+}$  içerikleri 0.08-1.80 me/l aralığında tespit edilmiştir. Su örneklerinin  $NH_4^{+}$  içerikleri 0.035-3.97 me/l aralığında tespit edilmiştir. Su örneklerinin  $Cl^{-}$  içerikleri 3.8-54.0 me/l aralığında bulunmuştur. Su örneklerinin  $HCO_3^{-}$  içerikleri 1.31-27.0 me/l aralığında tespit edilmiştir. Su örneklerinin  $SO_4^{-}$  içerikleri 0.34-51.36 me/l aralığında tespit edilmiştir. Su örneklerinin SAO değerleri 0.45-13.80 aralığında tespit edilmiştir. Su örneklerinin KOİ içerikleri 620-1680.7 mg/l aralığında tespit edilmiştir. Su örneklerinin B içerikleri 1.20-3.20 mg/l aralığında tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre toprak örneklerinin fiziksel özellikleri, killi-killi tınlı saturasyon yüzdesi %52-80, hacim ağırlığı 1.26-1.84 g/cm<sup>3</sup>, özgül ağırlık 2.35-2.88, tarla kapasitesi %29.49-38.15, solma noktası %14.30-21.79, faydalı su hacmi %10.01-21.63, porozite % 26-54, agregat stabilitesi %3.60-40.45 olarak bulunmuştur. Toprak örneklerinin bazı kimyasal özellikleri pH 7.73-8.35,  $Eİ \cdot 10^6(25^{\circ}C)$  806-10972, bor 1.56-6.61 ppm,  $CaCO_3$  %29-42,  $CO_3^{2-}$  0 me/100 g,  $HCO_3^{-}$  1.48-4.71 me/100 g,  $Cl^{-}$  4.10-23.84 me/100 g,  $SO_4^{2-}$  0.28-62.17 me/100 g, toplam anyon 7.79-84.24 me/100g,  $Na^{+}$  2.65-37.96 me/100g,  $K^{+}$  0.30-3.40 me/100g, Ca+Mg 2.33-46.93 me/100g, toplam katyon 7.79-84.24 me/100g, KDK

13.36-20.62 mk/100g olarak bulunmuştur. Atıksu ile sulanan ve sulanmayan tarım arazilerinin çeşitli derinliklerinden alınan toprak örneklerinin bazı kimyasal özellikleri, atıksuyla sulanmayan tarlalarda, pH 7.09-8.43,  $Eİ \times 10^6 (25^\circ C)$  1025-6332, organik madde %0.27-3.71,  $CaCO_3$  %38.24-63.49, TN 10.03-140.40 mg/kg,  $P_2O_5$  2.43-9.79 kg/da,  $K_2O$  8.77-122.85 kg/da, Fe 9.11-23.56 kg/da, Zn 0.39-3.83 kg/da, Mn 1.12-8.65 kg/da, Cu 0.90-5.90 kg/da, Bor 1.44-7.10, atıksu ile 3 yıl boyunca sulanan tarlalarda pH 7.73-8.50,  $Eİ \times 10^6 (25^\circ C)$  733-10972, organik madde %0.14-4.32,  $CaCO_3$  %29.73-56.28, TN 10.75-72.10 mg/kg,  $P_2O_5$  1.42-52.91 kg/da,  $K_2O$  28.27-240.58 kg/da, Fe 4.89-30.0 kg/da, Zn 0.45-2.46 kg/da, Mn 1.78-15.46 kg/da, Cu 0.14-7.87 kg/da, Bor 1.97-7.87 kg/da, atıksu ile 10 yıl boyunca sulanan tarlalarda pH 7.83-8.50,  $Eİ \times 10^6 (25^\circ C)$  1246-8756, organik madde %0.43-3.24,  $CaCO_3$  %29.66-49.96, TN 10.21-54.34 mg/kg,  $P_2O_5$  3.86-48.70 kg/da,  $K_2O$  32.90-98.71 kg/da, Fe 8.67-21.78 kg/da, Zn 0.36-4.82 kg/da, Mn 1.28-8.26 kg/da, Cu 0.10-11.43 kg/da, Bor 1.23-6.61 kg/da, atıksu ile 20 yıl boyunca sulanan tarlalarda pH 7.52-8.50,  $Eİ \times 10^6 (25^\circ C)$  1845-5759, organik madde %0.25-3.88,  $CaCO_3$  %27.75-42.10, TN 17.74-143.65 mg/kg,  $P_2O_5$  1.65-49.94 kg/da,  $K_2O$  39.48-121.38 kg/da, Fe 11.55-24.89 kg/da, Zn 0.17-2.14 kg/da, Mn 2.10-15.90 kg/da, Cu 0.11-3.80 kg/da, Bor 1.75-5.95 kg/da, olarak bulunmuştur. Atıksu ile hiç sulanmayan tarlalardan alınan buğday örneklerinde tespit edilen N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Cu, Mn değerlerinin ortalama değerleri sırasıyla %3.55, %0.27, %4.95, %0.36, %0.36, %0.14, 260.57 ppm, 39.20 ppm, 28.01 ppm, 49.75 ppm olarak bulunmuştur. Atıksu ile hiç sulanmayan tarlalarda arpa örneklerinde tespit edilen N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Cu, Mn değerlerinin ortalama değerleri sırasıyla %3.75, %0.28, %4.60, %0.64, %0.61, %0.17, 282.0 ppm, 38.20 ppm, 23.0 ppm, 45.44 ppm olarak bulunmuştur. Atıksu ile hiç sulanmayan tarlalarda yonca örneklerinde tespit edilen N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Cu, Mn değerlerinin ortalama değerleri sırasıyla %3.80, %0.23, %5.90, %1.15, %0.96, %0.17, 356 ppm, 41.3 ppm, 22.0 ppm, 56.0 ppm olarak bulunmuştur. Atıksu ile üç yıl sulanan tarlalardan alınan buğday örneklerinde tespit edilen N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Cu, Mn değerlerinin ortalama değerleri sırasıyla %3.98, %0.34, %5.10, %0.63, %0.40, %0.20, 332.0 ppm, 52.56 ppm, 29.95 ppm, 76.70 ppm olarak bulunmuştur. Atıksu ile üç yıl sulanan tarlalardan alınan arpa örneklerinde tespit edilen N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Cu, Mn değerlerinin ortalama değerleri sırasıyla %3.44, %0.25, %4.80, %0.54, %0.50, %0.21, 367.0 ppm, 45.33 ppm, 28.7 ppm, 47.26 ppm olarak bulunmuştur. Atıksu ile üç yıl sulanan tarlalardan alınan yonca örneklerinde tespit edilen N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Cu, Mn değerlerinin ortalama değerleri sırasıyla

%4.12, %0.20, %6.35, %1.30, %0.65, %0.15, 306.0 ppm, 49.75 ppm, 25.92 ppm, 41.33 ppm olarak bulunmuştur. Atıksu ile on yıl sulanan tarlalardan alınan buğday örneklerinde tespit edilen N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Cu, Mn değerlerinin ortalama değerleri sırasıyla %4.77, %0.26, %5.20, %0.58, %0.71, %0.42, 352.5 ppm, 42.22 ppm, 30.03 ppm, 53.0 ppm olarak bulunmuştur. Atıksu ile on yıl sulanan tarlalardan alınan arpa örneklerinde tespit edilen N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Cu, Mn değerlerinin ortalama değerleri sırasıyla %4.16, %0.23, %5.05, %0.53, %0.49, %0.15, 353.0 ppm, 48.33 ppm, 31.33 ppm, 44.67 ppm, atıksu ile on yıl sulanan tarlalardan alınan yonca örneklerinde tespit edilen N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Cu, Mn değerlerinin ortalama değerleri sırasıyla %4.0, %0.40, %6.0, %1.39, %0.57, %0.14, 249.70 ppm, 45.11 ppm, 31.30 ppm, 47.34 ppm olarak bulunmuştur. Atıksuyla yirmi yıl sulanan tarlalardan alınan buğday örneklerinde tespit edilen N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Cu, Mn değerlerinin ortalama değerleri sırasıyla %4.49, %0.31, %5.35, %0.48, %0.56, %0.14, 345.33 ppm, 47.92 ppm, 33.70 ppm, 68.0 ppm, arpa örneklerinde tespit edilen N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Cu, Mn değerlerinin ortalama değerleri sırasıyla %3.65, %0.30, %4.53, %0.74, %0.49, %0.25, 361.67 ppm, 41.55 ppm, 33.0 ppm, 40.30 ppm, yonca örneklerinde tespit edilen N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Cu, Mn değerlerinin ortalama değerleri sırasıyla %5.02, %0.29, %5.66, %1.02, %1.47, %0.10, 345.67 ppm, 61.10 ppm, 28.75 ppm, 59.67 ppm olarak bulunmuştur. Bu çalışma sonucunda Konya Kenti atıksularının C4S1 sınıfında olduğu, uzun süreli kullanımında dikkatli olunması gerektiği tespit edilmiştir. Konya Kenti atıksularında bulunan bazı kirletici parametrelerin, bitki gelişimini olumsuz yönde etkileyebilecek düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Konya Kenti atıksuları ile sulanan tarım topraklarının özellikle alt katmanlarında alkalileşme olduğu saptanmıştır. Sulamaya devam edildiği takdirde söz konusu alkalileşmenin üst toprak katmanlarında da oluşabileceği gözlenmiştir. Konya Kenti atıksuyunda bulunan Fe, Zn, Cu ve Mn miktarlarının, eser seviyede olmasına rağmen zamanla toprakta birikip insan ve hayvan için tehlikeli sınırlara ulaşabileceği gözlenmiştir. Konya Kenti atıksuyunda ve bu su ile sulanan tarım topraklarında tespit edilen bor konsantrasyonları duyarlı bitki sınırı olan 0-1 ppm üzerinde çıkmıştır. Ayrıca toprak katmanlarına inildikçe bor konsantrasyonunun arttığı gözlenmiştir.

Yılmaz (1993) Konya Ovası Drenaj Şebekesi sularının sulamada kullanılabilirliğini ve ortaya çıkabilecek sonuçlarını araştırmıştır. Ana Tahliye Kanalına bağlanan tahliye kanallarından ve Ana Tahliye Kanalı'nın terfi istasyonları arasında bulunan kısımlardan su kalitesinin değişiminin takibi için örnekler alınmıştır. Drenaj

kanalına yakın tarım arazilerinin farklı derinliklerinden ise toprak örnekleri alınmıştır. Su numunelerinde pH, Eİ, suda çözünebilir anyon ve katyon, bor, sodyum adsorpsiyon oranı, efektif tuzluluk analizlerinin yapılmasıyla, drenaj kanallarındaki suların büyük bir kısmının 3. ve 4. sınıf sulama suyu kalitesinde olduğu ve sulamada kullanılmasının uygun olmadığı tespit edilmiştir. Toprak numunelerinde bünye, saturasyon %'si ve saturasyon ekstraktı, hacim ağırlığı, özgül ağırlık, pH, Eİ, kireç, suda çözünebilir anyon ve katyon, bor, katyon değiştirme kapasitesi, değişebilir katyonlar, değişebilir sodyum yüzdesi, organik madde, tarla kapasitesi, solma kapasitesi analizleri yapılmıştır. Üst katmanlardaki toprakların killi-tınlı, alt katmanlardaki toprakların killi olduğu gözlenmiştir. Toprak tuzluluk oranının üst katmanlardan alt katmanlara doğru arttığı ve Eİ değerinin 850-19,280  $\mu\text{S}/\text{cm}$  arasında, pH değerlerinin ise 7.02-8.40 arasında değiştiği gözlenmiştir. Katyon değişim kapasitelerinin ise üst katmanlardan alt katmanlara doğru azalma gösterdiği gözlenmiştir. Toprakların çoğunun tuzlu ve sodyumlu toprak özelliği gösterdiği belirlenmiştir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada atıksu ile sulanan topraklardaki ve bu topraklarda yetiştirilen ürünlerdeki pestisit ve PCB'ler incelenmiştir. Çalışmada kullanılan toprak numuneleri Konya atıksuyunu Tuz Gölü'ne götüren Ana Tahliye Kanalı üzerindeki 1, 2, ve 3 nolu pompa istasyonları civarından alınmıştır. Ürünleri incelemek için toprak numunelerinin alındığı noktalardan buğday numuneleri alınmıştır. Toprak numunelerinde tespit edilen PCB, OCP ve OPP miktarlarının değerlendirilmesi referans alandan alınan toprak numunelerinin analiz sonuçlarına ve 2010 yılında çıkartılan Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik'e göre yapılmıştır. Buğday numunelerinde tespit edilen OCP ve OPP miktarlarının değerlendirilmesi referans alandan alınan buğday numunelerinin analiz sonuçlarına ve 2011 yılında çıkartılan Türk Gıda Kodeksi Pestisitlerin Maksimum Kalıntı Limitleri Yönetmeliği'ne göre yapılmıştır. PCB kalıntıları ise yine referans alanlardan alınan buğday numunelerinin analiz sonuçlarına göre değerlendirilmiştir. Yönetmeliklerde buğday numunelerindeki kalıntıların değerlendirilebileceği bir sınır değer bulunmama ile birlikte 2011'de çıkartılan Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'nde bazı gıdalardaki PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153 ve PCB 180 toplamı için MRL değerleri verilmiştir. Şekil 3.1.'de toprak numunelerinin alınması ve Şekil 3.2.'de laboratuara getirilen bir buğday numunesi görülmektedir.



Şekil 3.1. Toprak numunelerinin alınması



Şekil 3.2. Alman buğday numuneleri

### 3.1. Materyal

#### 3.1.1. Toprak ve bölge özellikleri

Konya ovası çok eski zamanlarda iç deniz olup, denizin yavaş yavaş kurumasıyla ova tabakasının üst kısmını denizin kalker çöküntüleri oluşturmuştur. Bu yüzden Konya ovası çöl karakteri gösteren yer yer tuzlu bir ovadır (Anonim, 1978).

Ova toprakları genel olarak ağır bünyelidir. Genel olarak killi, kumlu killi, siltli killidir. Bazı bölgeler orta bünyeli, tınlı, killi tınlı toprak yapısındadır.

Bilinçsizce yapılan sulamalar sonucu, tuzlu ve sodyumlu hale gelmiştir. Literatürde ova toprakların pH aralıkları 7.5-8 aralığında verilmiştir.

Tez çalışmasında toprak numunelerin kil, silt, kum yüzdeleri, pH ve elektriksel iletkenlik (Eİ) değerleri tespit edilmiştir.

Konya ilinin bitki örtüsü bozkır bitkilerinden oluşmaktadır. Bölgenin ovalık kısmı papatya, gelincik, çayırlar, ayırık otları, gökbaş, keven, çeşitli yabancı buğdaygiller ve yandak gibi yarı kurakgil bitkiler bulunmaktadır (Köy Hizmetleri İl Müdürlüğü Dökümanları, 2004). Geniş tarım arazilerine sahip bölgede buğday, arpa, çavdar gibi tahıllar yetiştirilmektedir.

### 3.1.2. İklim özellikleri

Bölgenin iklim şartlarında yazlar kurak ve sıcak, kışlar soğuk ve yağışlı geçmektedir. Konya kentinde ortalama sıcaklık 11.5 °C ve yağış miktarı 325 mm'dir (Aydın ve ark., 2008). Kurak dönemlerde geniş ova topraklarının sulanması için su sıkıntısı çekilmektedir. Buda insanları atıksuyu kullanmaya yönlendirmektedir.

### 3.1.3. Konya Atıksu Arıtma Tesisi

Konya Atıksu Arıtma Tesisi Projesi'nin birinci kademesi; 200.000 m<sup>3</sup>/gün debi ve 1.000.000 eşdeğer nüfusa göre tasarlanmıştır. Tesis, karbon giderimi ve kısmi azot giderimine göre İleri biyolojik arıtma metoduna göre dizayn edilmiştir. Çıkış suları UV dezenfeksiyon sisteminden geçirilerek deşarj edilmektedir (KOSKİ, 2013 ).

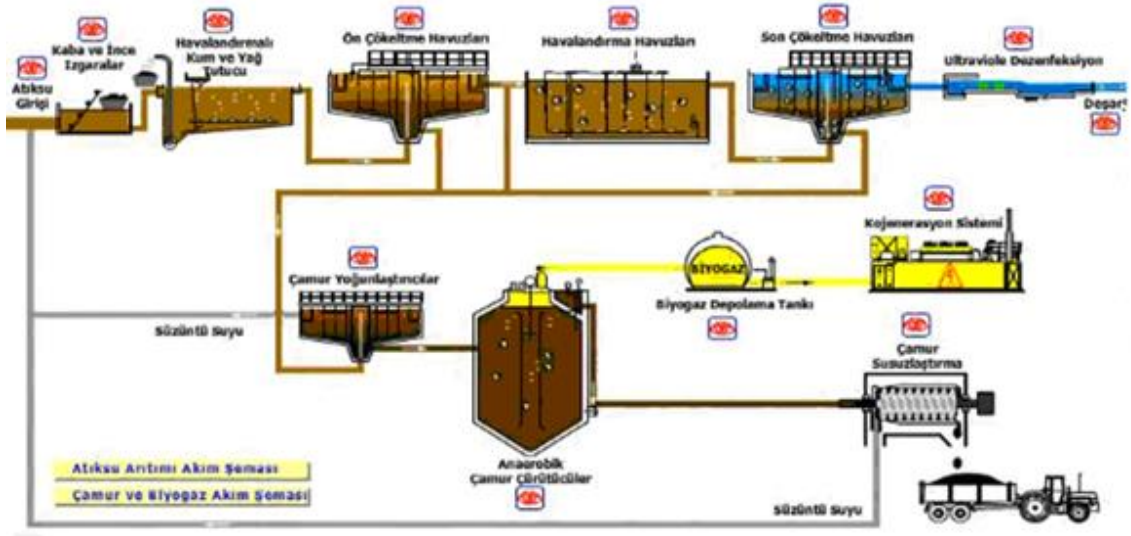
Çizelge 3.1 ve 3.2.'de tesisin dizayn debileri, giriş ve çıkış değerleri, şekil 3.3.'de ise tesisin akım şeması verilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Konya Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi dizayn debileri (KOSKİ, 2013)

Günlük ort. debi	m <sup>3</sup> /gün	200,000
Maks. Kuru hava, Qmaks	m <sup>3</sup> /gün	250,000
Pik debi, Q <sub>pik</sub>	m <sup>3</sup> /gün	400,000

**Çizelge 3.2.** Konya Kentsel Atıksu Arıtma Tesisinin bazı parametrelerin giriş ve çıkış değerleri (KOSKİ, 2013)

Parametre	Giriş	Çıkış
BOİ <sub>5</sub> (mg/L)	320	<20
AKM (mg/L)	295	<20
KOİ (mg/L)		<90
pH	6-9	6-9
T.N (mg/L)	50	-
T.P (mg/L)	15	-



Şekil 3.3. Konya Atıksu Arıtma Tesisi akım şeması

### Tesiste bulunan üniteler

#### Mekanik Ön Arıtma Üniteleri

- Atıksu giriş yapısı, kaba ızgara, giriş pompa istasyonu,
- Kaba ve ince ızgaralar,
- Havalandırılmalı kum ve yağ tutucu,
- Ön çökeltme havuzları

#### Biyolojik Arıtma Üniteleri

- Havalandırma Havuzları (Bardenpho prosesi ile karbon ve kısmi azot giderimi)
- Son çökeltme havuzları,

#### Çamur Arıtımı ve Enerji Kazanımı

- Çamur yoğunlaştırma havuzları,
- Anaerobik çamur çürütme tankları,
- Biyogaz depolama tankları,
- Isı merkezi ve enerji geri kazanım ünitesi,
- Çamur susuzlaştırma tesisi (Santrifüj dekantörler)

#### Dezenfeksiyon

- Açık kanal UV dezenfeksiyon sistemi

#### Diğer üniteler

- İdari bina,
- Atölye-garaj binası,

- Trafo binaları,
- Dağıtım yapıları,
- Çamur pompa istasyonları,
- By-pass kanalı,
- Çamur depolama alanları.

### 3.1.4. Konya Ana Tahliye Kanalı

1964 yılında yapımına başlanan 1974 işletmeye alınan Ana Tahliye Kanalı Keçili, Alakovo, Arapçayırı ve Yarma-İsmail-Karkın kollarından oluşmaktadır (Akalin, 1983). Beyşehir'den başlayıp Tuz Gölü'nde sona eren 343 km uzunluğundaki su yolunun bir parçasıdır (Tuz Gölü kirliliği raporu, 1998).

Konya Ana Tahliye Kanalı, genelde trapez kesitli ve yaklaşık 150 km uzunluğunda toprak bir kanaldır. Yağışlı dönemlerde ve kış mevsiminde Konya Ana Tahliye Kanalı Konya Kapalı Havzasına gelen fazla suları başka bir kapalı havza olan Tuz gölüne boşaltılmasını sağlar. Konya Ana Tahliye Kanalındaki sular ülkemizin en büyük ve en önemli tuz kaynağı olan Tuz Gölü'ne kadar ulaşmaktadır (Aydın ve ark., 2003)

Kanala, yapılış amacının dışında başta Konya ili olmak üzere çevresindeki yerleşim yerlerinin evsel ve endüstriyel atıksuları arıtılmadan deşarj edilmeye başlamıştır.

Atıksular; kanalizasyon şebekesinin toplayıcı hatları ve kuşaklama kanalları ile ana kollektör hattından toplanarak, Aslım Mevkiinde bulunan Atıksu Terfi Merkezi'ne iletilmektedir. Terfi merkezine gelen atıksuların günlük ortalama debisi 120.000 m<sup>3</sup> /gün olup, gelen atıksular; her birinin kapasitesi 1 m<sup>3</sup>/s olan dört adet pompa vasıtasıyla terfi edilerek, D.S.İ. tarafından açılmış olan Ana Tahliye Kanalına deşarj edilmektedir (Konya İl Çevre Durum Raporu, 2009).

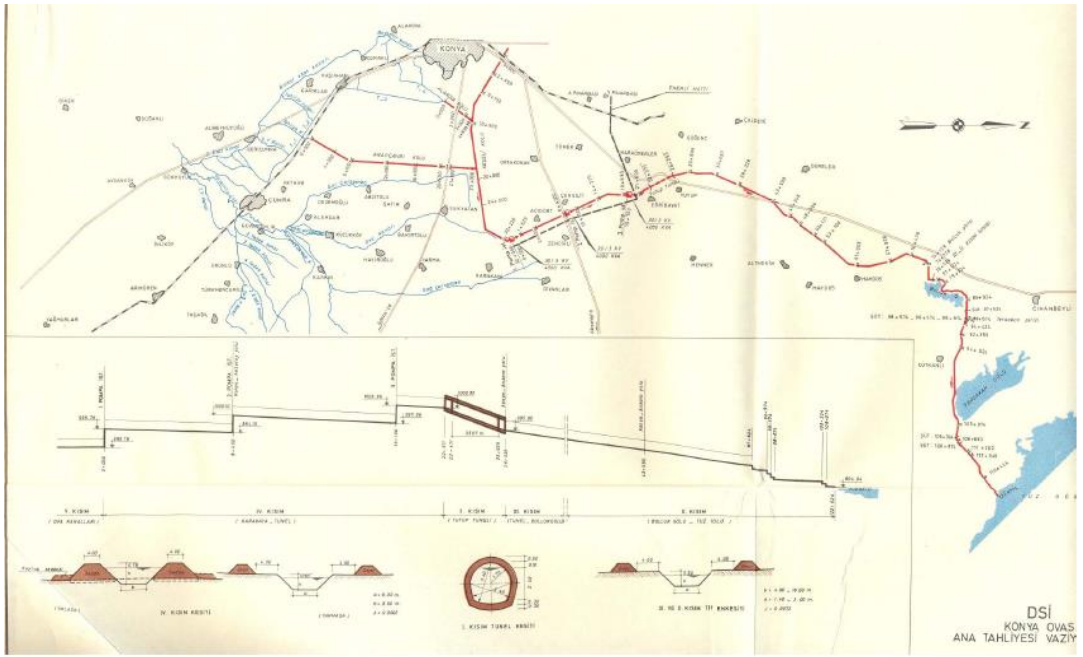
Ana Tahliye Kanalı üzerinde üç ayrı noktada 25 m<sup>3</sup>/s kapasiteli üç adet pompa istasyonu vardır. Bu pompa tesisleri tahliye kanalı sularının toplam olarak 18 m terfi ettirerek Tuz Gölü'ne aktarmaktadır (Berktaş ve Aydın, 1996).

Tuz Gölü'ndeki sorunlar bu kanalın devreye girmesiyle başlamıştır. Ana Tahliye Kanalı boyunca, kanaldan kontrolsüz şekilde yapılan sulamalar, tarlaların ileride ıslahı mümkün olmayacak şekilde verimsiz ve çorak arazi olmasına neden olacaktır. Konya ili

topraklarının metallerle ve mikrobiyal olarak kirlenmesi üzerine yapılan araştırmalarda, Tuz Gölü'nün kirlenmesine neden olduğu bilinen Konya Ovası Ana Tahliye Kanalından su çekilerek tarımsal sulama yapılması ile tarımsal alanlarda tuzlaşma ve sodyumlaşma sorunlarının ortaya çıktığı, dolaylı olarak verimliliğinin azaldığı ve toprağın kirlendiğı belirlenmiştir. Ana Tahliye Kanalından farklı zamanlarda alınan su numuneleri tahlil sonuçlarına göre; Gıda Maddeleri Tüzüğüne uygun olmayan tehlikeli sular olarak kabul edilmesi ve kullanılmaması gerekmektedir. Ayrıca suların aktığı kanalın toprak zeminli olması nedeniyle sıvı atıkların bir bölümünün süzülerek yüzeye çok yakın olan yeraltı sularına ulaşması mümkün görülmektedir. (Konya İl Çevre Durum Raporu, 2009).



Şekil 3.4. Konya Ana Tahliye Kanalı



Şekil 3.5. Konya Ana Tahliye Kanalı planı

### 3.1.5. Ana Tahliye Kanalındaki suyun tarımsal sulamada kullanımı

Kurak ve yarı kurak ülkelerde evsel atıksuların hem maliyetinin düşük olması hem de sulamada kullanılacak su ihtiyacını karşılayacak alternatif bir çözüm olarak düşünülmesi sonucu sulama amaçlı kullanımı yaygındır. Türkiye yarı kurak bir ülke olup, özellikle son yıllarda evsel, endüstriyel ve tarımsal amaçlar için su ihtiyacını karşılamakta sıkıntılar yaşanmaktadır. Konya bölgesi ise Türkiye ortalamasına göre en düşük yağış alan bölgedir.

Konya Kenti atıksuları birleşik kanalizasyon sistemi ile toplanmakta ve hiçbir arıtma işlemine tabi tutulmaksızın 1974 yılından 2010 yılına kadar tuz gölüne deşarj edilmiştir. Kurak dönemlerde söz konusu sular sulama amaçlı kullanılmaktadır. Konya Atıksu Arıtma Tesisi 2010 yılı içerisinde faaliyete başlamıştır. Mevcut topraklarda halen gıda ürünleri yetiştirilmekte ve bu ürünler kontrol edilmeksizin tüketilmektedir. Aşağıdaki şekillerde Konya kenti atıksuyunun görünümü ve tarımsal sulamada kullanımı görülmektedir.



Şekil 3.6. Konya Kenti atıksuyu



Şekil 3.7. Konya Ana Tahliye kanalından su alınması

### 3.1.6. Çalışmada incelenen numuneler

Ana Tahliye Kanalı boyunca bulunan zirai alanlar kanaldan alınan atıksu ile sulanmaktadır. Ana Tahliye Kanalı üzerinde üç pompa istasyonu bulunmaktadır. 1., 2. ve 3. pompa istasyonlarının bulunduğu bölgelerden kanal yanından, arazinin 100, 500 m iç bölgelerinden ve toprağın belli derinliklerinden (0-25, 25-50, 50-75 cm) toprak örnekleri alınmıştır. Kirleticilerin ürünlerde birikimlerini inceleyebilmek için toprak örneklerinin alındığı bölgelerde yetişen buğdaylardan da örnekler alınmıştır. Ayrıca temiz su ile sulanan bir zirai alan belirlenerek aynı derinliklerde referans toprak örnekleri ve buğday örnekleri alınmıştır. Referans toprak alınan alanda tarımsal faaliyet gerçekleştirilirken temiz su ile sulama yapılmakta, taban gübresi olarak diamonyum fosfat, üre, amonyum nitrat gibi gübreler kullanılmaktadır. Ayrıca bu topraklarda yine tarımsal faaliyetler esnasında pestisit kullanılmaktadır. Atıksular ile sulanan alanlarda ise çiftçilerde yapılan görüşmeler doğrultusunda genellikle ihtiyaç olmadığı için gübre kullanımı gerçekleştirilmediği bilinmektedir.

Toplam 30 toprak numunesi, 10 buğday numunesi alınmıştır. Cam kavanozlar içerisine alınan örnekler ağızları kapatılarak içerisinde soğutucu torbaların olduğu örnek taşıma çantasıyla laboratuara getirilmiştir. Numunelerin alındığı noktaların koordinatları GPS aleti ile belirlenmiştir. Numunelerin numaraları, alındığı bölgeler, GPS koordinatları Çizelge 3.3.'te verilmiştir.

**Çizelge 3.3.** Numunelerin numaraları, alındığı noktalar ve GPS koordinatları

No	Toprak Numuneleri	GPS Koordinatları
1	Referans toprak, 0-25 m	064-17-953D 069-76-642K
2	Referans toprak, 25-50 m	064-17-953D 069-76-642K
3	Referans toprak, 50-75 m	064-17-953D 069-76-642K
4	1 No'lu Pompa, Kanal Yanı, 0-25 cm	064-17-542D 069-65-938K
5	1 No'lu Pompa, Kanal Yanı, 25-50 cm	064-17-542D 069-65-938K
6	1 No'lu Pompa, Kanal Yanı, 50-75 cm	064-17-542D 069-65-938K
7	1 No'lu Pompa, 100 m içeri, 0-25 cm	064-17-470D 069-65-799K
8	1 No'lu Pompa, 100 m içeri, 25-50 cm	064-17-470D 069-65-799K
9	1 No'lu Pompa, 100 m içeri, 50-75 cm	064-17-470D 069-65-799K
10	1 No'lu Pompa, 500 m içeri, 0-25 cm	064-16-857D 069-65-221K
11	1 No'lu Pompa, 500 m içeri, 25-50 cm	064-16-857D 069-65-221K
12	1 No'lu Pompa, 500 m içeri, 50-75 cm	064-16-857D 069-65-221K
13	2 No'lu Pompa, Kanal Yanı, 0-25 cm	064-04-489D 069-67-416K
14	2 No'lu Pompa, Kanal Yanı, 25-50 cm	064-04-489D 069-67-416K
15	2 No'lu Pompa, Kanal Yanı, 50-75 cm	064-04-489D 069-67-416K
16	2 No'lu Pompa, 100 m içeri, 0-25 cm	064-04-369D 069-67-187K
17	2 No'lu Pompa, 100 m içeri, 25-50 cm	064-04-369D 069-67-187K
18	2 No'lu Pompa, 100 m içeri, 50-75 cm	064-04-369D 069-67-187K
19	2 No'lu Pompa, 500 m içeri, 0-25 cm	064-03-874D 069-66-204K
20	2 No'lu Pompa, 500 m içeri, 25-50 cm	064-03-874D 069-66-204K
21	2 No'lu Pompa, 500 m içeri, 50-75 cm	064-03-874D 069-66-204K
22	3 No'lu Pompa, Kanal Yanı, 0-25 cm	063-91-950D 069-69-812K
23	3 No'lu Pompa, Kanal Yanı, 25-50 cm	063-91-950D 069-69-812K
24	3 No'lu Pompa, Kanal Yanı, 50-75 cm	063-91-950D 069-69-812K
25	3 No'lu Pompa, 100 m içeri, 0-25 cm	063-91-855D 069-69-694K
26	3 No'lu Pompa, 100 m içeri, 25-50 cm	063-91-855D 069-69-694K
27	3 No'lu Pompa, 100 m içeri, 50-75 cm	063-91-855D 069-69-694K
28	3 No'lu Pompa, 500 m içeri, 0-25 cm	063-91-355D 069-69-694K
29	3 No'lu Pompa, 500 m içeri, 25-50 cm	063-91-355D 069-69-694K
30	3 No'lu Pompa, 500 m içeri, 50-75 cm	063-91-355D 069-69-694K
No	Buğday Örnekleri	
1	Referans	064-17-953D 069-76-642K
2	1 No'lu Pompa, Kanal Yanı	064-17-542D 069-65-938K
3	1 No'lu Pompa, 100 m içeri	064-17-470D 069-65-799K
4	1 No'lu Pompa, 500 m içeri	064-16-857D 069-65-221K
5	2 No'lu Pompa, Kanal Yanı	064-04-489D 069-67-416K
6	2 No'lu Pompa, 100 m içeri	064-04-369D 069-67-187K
7	2 No'lu Pompa, 500 m içeri	064-03-874D 069-66-204K
8	3 No'lu Pompa, Kanal Yanı	063-91-950D 069-69-812K
9	3 No'lu Pompa, 100 m içeri	063-91-855D 069-69-694K
10	3 No'lu Pompa, 500 m içeri	063-91-355D 069-69-694K

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. GC-MS analizleri için optimum şartların belirlenmesi

GC/MS cihazı iki farklı modda çalışmakta olup, bunlardan biri SCAN diğeri SIM (Selective Ion Monitoring Mode) modudur. SCAN diğeri bir ifadeyle tarama modunda belli bir kütle aralığında (örneğin 50-450 amu) kütle dedektörü sürekli tarama

yapmaktadır. SIM ya da seçiçi iyon modunda ise, belli kütlelerde tarama yapmaktadır. Bu sebeple, SIM modu SCAN'a göre daha duyarlıdır. Tez çalışmasında 1 ng/µL konsantrasyonunda 20-OCP, 5-OPP ve 7-PCB standartları GC/MS cihazına SCAN modunda verilmiştir. Alıkonma zamanları ve kütle spektrumları dikkate alınarak, hem optimum kolon, sıcaklık programı ve taşıyıcı gaz akış hızları optimize edilmeye çalışılmış, hem de SIM mod için pestisitlerin hedef ve kantitatif iyonları seçilmiştir. Her bir bileşik için en az 3 iyon belirlenmiştir.

### 3.2.2. GC-MS sistemine ait analitik parametrelerin belirlenmesi

Analizler esnasında meydana gelebilecek hataların minimuma indirgenmesi, kalite güvencesi ve kalite kontrolünün sağlanması için elde edilen deneysel verilerin analitik kalitesi blank analizleri, örneklerin analizinden önce ve analizi sırasında SRM (standard referans madde) analizleri, GC/MS kalibrasyonu ve tune yapılması, doğrusal cevap aralığı, kesinlik ve tekrarlanabilirlik gibi değerlerle belirlenebilmektedir.

Doğrusal cevap aralığı, pestisitlerin çalışılan konsantrasyon aralığını ifade eder. LOD, cihazın bileşiği saptayabileceği en düşük konsantrasyondur, teorikte bu değer en az 3'tür. LOQ, cihazın bileşiği hesaplayabileceği en düşük konsantrasyondur, teorikte bu değer en az 10 olarak kabul edilir. Tekrarlanabilirlik, analiz tekrarlarının birbirine olan yakınlığını ifade eden bir kavramdır. Metodun geçerli kılınmasında gün içinde ve günler arasında yapılan enjeksiyonlardan elde edilen %BSS (Bağıl standart sapma) değerlerinin %20'nin altında olması istenmektedir. Geri kazanım değerleri, örneğe bilinen miktarda ilave edilen analitin analiz sonucunda bulunan miktarının oranlanması olarak verilmektedir (Aksu, 2007).

Tez çalışmasında LOD ve LOQ değerleri 0.1 ng/µL konsantrasyonundaki standart çözeltinin optimum GC şartlarındaki enjeksiyonu sonucunda elde edilen her bileşiğe ait S/N oranı değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. Hedef bileşiklerin MS dedektöründe tekrarlanabilirlik değerleri 0.1 ng/µL konsantrasyonundaki standart çözeltinin 5 enjeksiyonu sonucunda elde edilen MS cevaplarının %BSS değerleri alınarak hesaplanmıştır. Hesaplama da kullanılan formüller aşağıda verilmiştir.

$$LOD = 3 \times (S / N) \quad (3.1)$$

$$LOQ = 10 \times (S / N) \quad (3.2)$$

$$\%BSS = \frac{SD}{\bar{X}} \times 100 \quad (3.3)$$

$\%BSS$  :Bağıl Standart Sapma

$SD$  :Standart Sapma

$\bar{X}$  :Ortalama değer

### 3.2.3. Metot geri kazanım değerlerinin belirlenmesi

Deneysel çalışmalardan kaynaklanabilecek hataları tespit etmek için blank ve geri kazanım analizleri yapılmıştır. Referans alanlardan alınan toprak ve buğday numunelerinde pestisit ve PCB kalıntısı olmadığı düşünülmüştür. 2 mm'lik eleklerden elenmiş toprak örnekleri ve öğütülmüş buğday örnekleri OCP ve PCB bileşiklerinin bilinen konsantrasyon değerleri ile spike yapılmış ve aseton eklenen karışım 30 dakika mekanik karıştırıcıda karıştırıldıktan sonra solvent faz oda sıcaklığında buharlaştırılmıştır. Numuneler, 3 gün boyunca 4 °C'de saklandıktan sonra numunelere uygulanacak olan ekstraksiyon ve temizleme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerin doğruluğu ve tekrarlanabilirliğini takip etmek için her analiz en az 4 tekrar olarak gerçekleştirilmiştir.

Geri kazanımı verimleri aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$EE(\%) = \frac{S}{S_0} \times 100 \quad (3.4)$$

$EE$  :Geri kazanım verimi (%)

$S_0$  :Başlangıç bileşik miktarı ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

$S$  :Geri kazanılan bileşik miktarı ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

### 3.2.4. Numunelerin hazırlanması, ekstraksiyon ve temizleme işlemleri

Toprak numuneleri 2 mm'lik elekten geçirilerek homojen hale getirilmiştir. Analizlerden önce gerekli miktarlarda tartılarak kullanılmıştır.



**Şekil 3.8.** Toprak numunelerinin elenmesi

Alınan buğday numunelerindeki pestisit ve PCB kalıntıları buğdayların tane kısmında incelenmiştir. Buğdayların taneleri diğer kısımlardan ayrılarak analizlerden önce gerekli miktarlarda değirmen de öğütülerek kullanılmıştır.



**Şekil 3.9.** Buğday numunelerinin tanelerinden ayrılması ve öğütülmesi

Toprak numunelerindeki pestisit ve PCB bileşikleri ile buğday numunelerindeki PCB bileşiklerinin ekstraksiyon ve temizleme aşamalarında sokslet ekstraksiyon yöntemi ve silika jel kolon temizleme yöntemi kullanılmıştır.

Bunun için, 10 g numune, 150 ml n-hekzan/aseton (1/1, v/v) solvent karışımı ile 16 saat süresince sokslet ekstraksiyon sistemi ile ekstrakte edilmiştir. Ekstrakt, rotary evaporatör ile yaklaşık 2 ml'ye konsantre edildikten sonra ekstraktın temizleme işlemi 10 g %5 deaktif silika jel kolon kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 3.10.** Numunelerinin ekstraksiyonu

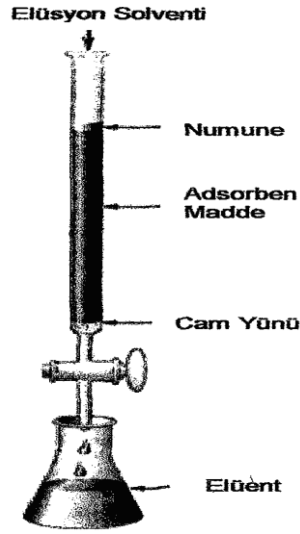
Kolondan pestisit, OCP, OPP ve PCB bileşiklerinin elüsyonu fraksiyonda için 70 ml n-hekzan ve 60 ml n-hekzan:etilasetat (v:v 1:1:) kullanılmıştır. Elde edilen elüsyonlar evaporatörde 1-2 ml ye kadar yoğunlaştırılıp azot gazı ile 1 ml ye azaltılmış, GC-MS'e enjeksiyon edilmek üzere viallere alınmıştır.



**Şekil 3.11.** Numune ekstraktlarının kolona verilmesi

Temizleme işleminde kullanılan kolon sabit fazı ıslak doldurma tekniğine göre hazırlanmıştır. Kolonların içi asetonla temizlendikten sonra uçlarına doğru cam yünü yerleştirilmiştir. Her bir kolon için sorbent madde olarak 10 gr silika jel n-hekzanla süspansiyon haline getirilerek hazırlanıp kolonların içine boşaltılmıştır. 2 gr  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 'de

n-hekzanla süspansiyon edilip kolonların üzerine ilave edilmiştir. Kolonlar hazırlandıktan sonra sabit fazın şartlandırılması için 50 ml n-hekzan kolonlardan geçirilmiştir.



Şekil 3.12. Kolonun genel görünümü

Silika jel aktivasyon deaktivasyon işlemi için 210 °C'lik fırında ağzı alüminyum folyo ile kaplı olarak kroze içerisinde 4 saat bekletilmiştir. Daha sonra desikatöre alınarak soğutulmuştur. Oda sıcaklığına geldikten sonra ağzı kapaklı şişelere alınıp tartılmıştır. Üzerine ağırlıkça %5 olacak şekilde saf su ilave edilip ve homojen şekilde deaktivasyon olması için karıştırıcıda 220 devir/dk hızda 2 saat süreyle çalkalanmaya bırakılmıştır.

Buğday numunelerinde OCP'lerin ve OPP'lerin ekstraksiyon ve temizleme işlemleri QuEChERS metoduna göre gerçekleştirilmiştir.

Numunelerin ekstraksiyonu için öğütülen buğday tanelerinden 5 gr, tartılıp falkon tüplere konularak üzerlerine 10 g saf su ilave edildikten sonra %1 HAc ihtiva eden MeCN'den 15 ml tüpün içerisine konulmuş ve 1 dakika kuvvetlice çalkalanmıştır. Daha sonra üzerine 6 g MgSO<sub>4</sub> ve 1.5 g NaAc eklenmiş ve tüp içerisindeki karışım tekrar 1 dakika süresince hızlı bir şekilde çalkalanmıştır. 5 dk 4000 rpm'de santrifüj edilip üst fazdan 4 ml alınmıştır.

Üst fazdan alınan 4 mL, 15 mL'lik falkon tüp içerisine aktarılıp içerisine 0.2 g PSA, 0.6 g MgSO<sub>4</sub> ve 0.2 g C<sub>18</sub> eklenmiş ve karışım 1 dakika kuvvetlice çalkalandıktan sonra 5 dakika 4000 rpm'de santrifüjlenmiştir. Sonra üst faz viallere alınarak GC-MS'e enjeksiyon yapılmıştır.

### 3.2.5. Toprak numunelerinin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin analizi

#### 3.2.5.1. Toprak numunelerinin nem, kuru madde, uçucu katı madde, sabit katı madde miktarlarının analizi

Numunelerin nem içeriği ve kuru madde miktarının belirlenmesi için, etüvde 105 ( $\pm$  5) °C'de bekletilip, oda sıcaklığında desikatörde sabit tartıma getirilen krozeye hassa terazide 2 mm'lik elekten geçirilmiş numuneden 1 g tartılarak 105 ( $\pm$  5) °C'de etüvde kurutulup, desikatörde soğutulduktan sonra kütlesi belirlenmiştir. Kurutma işlemi 30 dakika için tekrarlanmış ve kütleler arasındaki fark 2 mg'dan küçük olana kadar bu işleme devam edilmiştir. Numunenin katı madde miktarı ve % nem muhtevası aşağıda verilen formüller kullanılarak hesaplanmıştır (EN 14735, 2002).

$$MD = MB - ME \quad (3.5)$$

$$MW = MM - ME \quad (3.6)$$

$$DR = 11 \times (MD / MW) \quad (3.7)$$

$$MC = 100 \times (MW - MD) / MW \quad (3.8)$$

*ME* : 1 sa süresince 105 °C  $\pm$  5 °C sıcaklıkta etüvde bekletilen boş kroze ağırlığı, mg

*MM* : Numune + kroze ağırlığı, mg

*MB* : 1 sa süresince 105 °C  $\pm$  5 °C sıcaklıkta bekletilen numune + kroze ağırlığı, mg

*MW* : Numune ağırlığı, mg

*MD* : Kuru numune ağırlığı, mg

*DR* : Kuru madde, mg

*MC* : % nem muhtevası

Numunelerin uçucu katı madde ve sabit katı madde miktarlarını belirlemek için, katı madde miktarı belirlenen numunenin üzerine 300µL HCl ilave edilip 20 dk gaz çıkışının tamamlanması için beklenmiştir. Daha hassas terazide ağırlığı tespit edilip, 550 ( $\pm$ 50) °C'deki kül fırınında 20 dakika bekletilmiş ardından desikatörde soğutulduktan sonra tekrar hassas terazide ağırlığı tespit edilmiştir. Bulunan değerler yardımıyla uçucu katı madde ve sabit katı madde miktarları aşağıda verilen formüller kullanılarak hesaplanmıştır (APHA, 1992).

$$Uçucu\ katı\ madde = \frac{(A - B) - (A - C)}{C} * 100 \quad (3.9)$$

*A* : 1 sa süresince 105 °C ± 5 °C sıcaklıkta etüvde bekletilip üzerine 300µL HCl ilave edilip 20 dk gaz çıkışı beklenip belirlenen ağırlık (Kül fırınına konmadan önceki ağırlığı) (dara çıkartılmış ağırlık), mg

*B* : Kül fırınından sonraki katı madde ağırlığı (dara çıkartılmış ağırlık), mg

*C* : 1 sa süresince 105 °C ± 5 °C sıcaklıkta etüvde bekletilip belirlenen ağırlık (dara çıkartılmış ağırlık), mg

*m* : Toplam katı madde tayini için alınan ağırlık, mg

$$Sabit\ katı\ madde = 100 - Uçucu\ katı\ madde \quad (3.10)$$

### 3.2.5.2. Toprak numunelerinin pH değerlerinin ölçülmesi

Laboratuar ortamında kurutulmuş 5 g toprak numunesinin 25 mL, 0.1 M CaCl<sub>2</sub> çözeltisi ile oluşturduğu süspansiyonun pH değeri tespit edilmiştir. Bunun için oluşturulan süspansiyonlar 5 dakika çalkalandıktan sonra en az 2 saat bekletilmiş, toprak süspansiyonu tekrar çalkalandıktan sonra pH metre ile okumalar gerçekleştirilmiştir (DIN ISO, 2005).

### 3.2.5.3. Toprak numunelerinin EI değerlerinin ölçülmesi

Laboratuar ortamında kurutulmuş 5 g toprak numunesi üzerine 25 mL saf su eklenerek 30 dakika yatay çalkalayıcıda çalkalanmış, filtre kağıdından süzülerek elektriksel iletkenlik okumaları gerçekleştirilmiştir (DIN ISO, 1997).

### 3.2.5.4. Toprak numunelerinin kil, silt, kum yüzdelerinin belirlenmesi

Toprak örneklerinin kil/silt/kum içeriği Bouyoucos Hydrometer metotuna göre tespit edilmiştir. 50 g numune ve 2 g sodyum hexametaphosphate beher içerine konularak yaklaşık 600 mL saf su eklenmiş ve 5 dakika mikser ile karıştırılmıştır. Toprak süspansiyonu mezür içerisine konularak içerisinde hidrometre varken 1130 mL çizgisine kadar saf su ile doldurulmuştur. Hidrometre mezür içerisinden uzaklaştırılmış

ve mezürün ağzı kapatıldıktan sonra ters-düz edilerek toprak süspansiyonunun tamamen karışması sağlanmıştır. Süspansiyonun ilk hidrometre ve sıcaklık okumaları 40 sn sonra, ikinci okumaları ise 2 saat sonra gerçekleştirilmiştir. Toprak ve sediment numunelerinin kütlesi alınırken nem içeriklerine göre düzeltme yapılmıştır. 1. hidrometre okuması silt ve kil kütlesini, 2. hidrometre okuması ise kil kütlesini vermektedir. Hesaplamalar aşağıda verilen formüller ile gerçekleştirilmiştir (Bouyoucos Hydrometer metot, 2004).

Düzeltilmiş 1. hidrometre okuması : 1. hidrometre okuması + (1. sıcaklık okuması – 20 °C) x 0.36 g/°C

Düzeltilmiş 2. hidrometre okuması : 2. hidrometre okuması + (2. sıcaklık okuması – 20 °C) x 0.36 g/°C

$$\% \text{ silt + kil} = \frac{\text{düzeltilmiş 1.hidrometreokuması} \times 100}{\text{numune miktar (g)}} \quad (3.11)$$

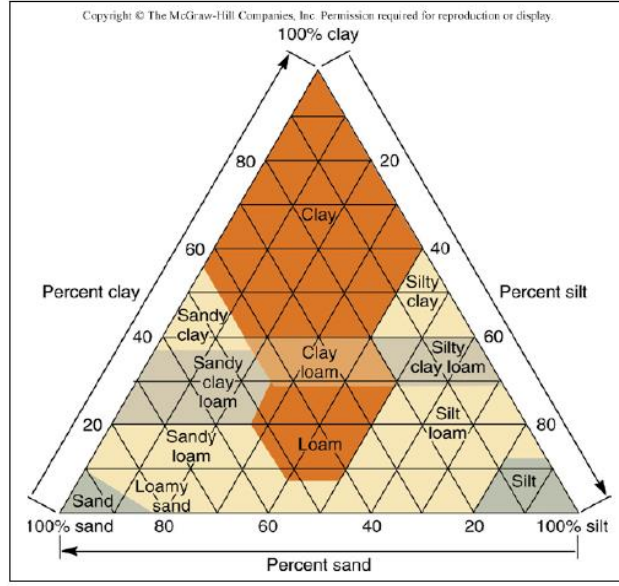
$$\% \text{ kil} = \frac{\text{düzeltilmiş 2.hidrometreokuması} \times 100}{\text{numunemiktan (g)}} \quad (3.12)$$

$$\% \text{ kum} = 100 - \% \text{ silt + kil} \quad (3.13)$$

Şekil 3.13 analiz sırasında çekilen fotoğraflar ve şekil 3.14'te toprak tekstür üçgeni verilmiştir. Hesaplamalar yapıldıktan sonra tekstür üçgeni kullanılarak toprak tipi belirlenmiştir.



Şekil 3.13. Toprak ve sediment örneklerinin kum/kil/silt analizi



Şekil 3.14. Toprak tekstür üçgeni

### 3.2.6. Numunelerin OCP, OPP, PCB analizleri

Bölüm 3.2.4’de anlatıldığı şekilde hazırlanan numunelerin Pestisit ve PCB analizleri 7663 B Autosampler ile donatılmış, 5973 seri MS dedektörüne sahip Agilent 6890 N GC ile gerçekleştirilmiştir. GC-MS sisteminde HP-5ms kapiler kolon (film kalınlığı 0.25  $\mu\text{m}$ , iç çapı 0.25 mm, uzunluk 30 m) kullanılmıştır. Şekil 3.15’te analizlerin yapıldığı GC-MS cihazı görülmektedir.



Şekil 3.15. Analizlerin yapıldığı GC-MS cihazı

## 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

### 4.1. GC-MS Analizleri İçin Belirlenen Optimum Şartlar

Çizelge 4.1’de OCP, OPP, PCB bileşikleri için tespit edilen optimum GC-MS şartları, Çizelge 4.2’de OCP bileşikleri için optimum GC-MS şartlarında HP-5ms kolonundan çıkış süreleri ve m/z değerleri, Çizelge 4.3’de OPP bileşikleri için optimum GC/MS şartlarında HP-5 kolonundan çıkış süreleri ve m/z değerleri, Çizelge 4.4’de PCB bileşikleri için optimum GC-MS şartlarında HP-5ms kolonundan çıkış süreleri ve m/z değerleri verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** OCP, OPP, PCB bileşikleri için tespit edilen optimum GC-MS şartları

GC	Agilent Technologies 6890 N		
Inlet	HP PTV		
Mode	Splitless		
Pressure	17.69 psi		
Purge flow	30.6 mL/dak		
Purge time	1 dak		
Total flow	35.4 mL/dak		
Gas saver	On		
Saver flow	20 mL/dak		
Saver time	2 dak		
Gas type	Helyum		
Inlet			
Inlet ramp	$^{\circ}\text{C}/\text{sec}$	Next $^{\circ}\text{C}$	Hold min
Initial		80	0
Ramp 1	12	350	2
Ramp 2	3.33	80	0
Inlet liner	Direct connect, deactivated, 4-mm id, Agilent part number G1544-80700		
Oven (OCP, OPP)			
Oven ramp	$^{\circ}\text{C}/\text{min}$	Next $^{\circ}\text{C}$	Hold min
Initial		40	4.2
Ramp 1	75	140	2
Ramp 2	5	200	2
Ramp 3	2	240	5
Ramp 4	15	300	5
Total run time	55.53 dak		
Equilibration time	1 dak		
Oven max temp.	325 $^{\circ}\text{C}$		
Oven (PCB)			
Oven ramp	$^{\circ}\text{C}/\text{min}$	Next $^{\circ}\text{C}$	Hold min
Initial		70	2
Ramp 1	25	150	0
Ramp 2	3	200	0
Ramp 3	8	280	3
Total run time	41.87 dak		
Equilibration time	1 dak		
Oven max temp.	325 $^{\circ}\text{C}$		
Oven (PAH)			
Oven ramp	$^{\circ}\text{C}/\text{min}$	Next $^{\circ}\text{C}$	Hold min
Initial		60	4
Ramp 1	15	160	0
Ramp 2	3	300	10
Total run time	67.33 dak		
Equilibration time	1.0 dak		
Oven max temp.	325 $^{\circ}\text{C}$		

**Çizelge 4.1.** (devam) OCP, OPP, PCB bileşikleri için tespit edilen optimum GC-MS şartları

Column	Agilent Tech. HP-5MS %5 phenyl methyl siloxane, part number 19091S-433
Length	30 m
Diameter	250 µm
Film thickness	0.25 µm
Mode	Constant flow
Flow	1.9 mL/dak
Initial pressure	17.7 psi
Inlet	Front
Outlet	MSD
Outlet pressure	Vacuum
GC Injector	
Injection volume	1 µL
Syringe size	10 µL
Plunger speed	Fast
MSD	Agilent Technologies 5973 inert
Solvent delay	8 dak
EM voltage	1058.8 V
Low mass	50 amu
High mass	550 amu
Threshold	0
Sampling	2
Tune file	Atune.u
Acquisition mode	SIM
MS Quad	150 C maximum 200 °C
MS Source	270 C maximum 280 °C

**Çizelge 4.2.** OCP bileşikleri için optimum GC-MS şartlarında HP-5ms kolonundan çıkış süreleri ve m/z değerleri

Pik no	Bileşik adı	Kolondan çıkış süresi, dk	Ion (m/z değeri)
1	α-HCH	14.45	181, 183, 219
2	β-HCH	15.68	181, 183, 219
3	γ-HCH	15.82	181, 183, 219
4	δ-HCH	16.90	181, 183, 219
5	Heptachlor	18.24	100, 272, 274
6	Aldrin	19.53	66, 263, 265
7	Heptachlor epoxide	21.29	353, 355, 351
8	Chlordane II	22.51	375, 373, 377
9	Endosulfan I	23.09	241, 239, 237
10	Chlordane I	23.28	375, 373, 377
11	p,p-DDE	24.48	246, 263, 318
12	Dieldrin	24.78	79, 246, 248
13	Endrin	25.70	67, 263, 317
14	Endosulfan II	26.42	159, 237, 241
15	p,p-DDD	27.42	165, 235, 237
16	Endrin aldehyde	27.62	67, 345, 250
17	Endosulfan sulfate	29.19	272, 274, 237
18	p,p-DDT	29.68	235, 237, 165
19	Endrin ketone	32.16	67, 317, 315
20	Methoxychlor	34.02	227, 228, 238

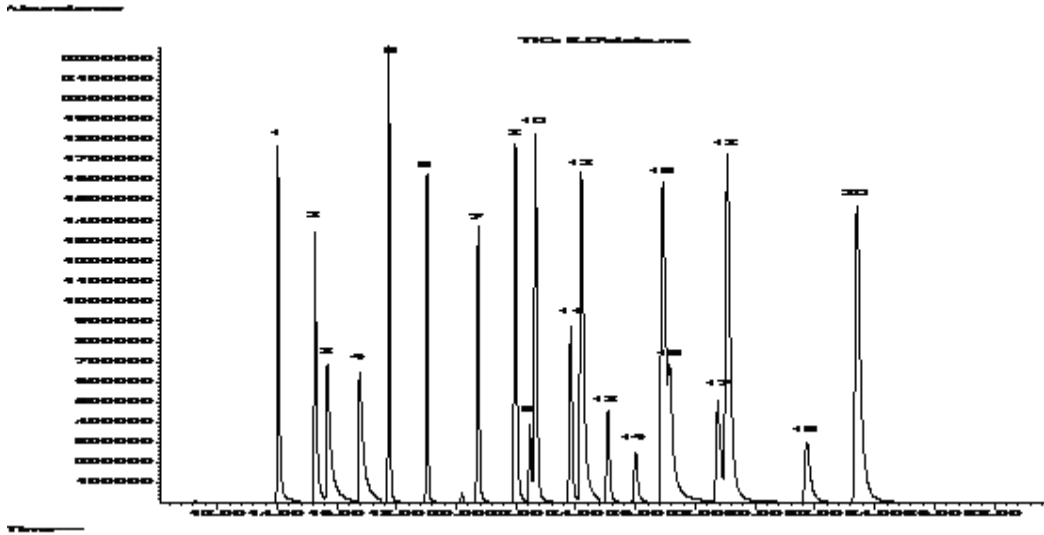
**Çizelge 4.3.** OPP bileşikleri için optimum GC/MS şartlarında HP-5 kolonundan çıkış süreleri ve m/z değerleri

Pik no	Bileşik adı	Kolondan çıkış süresi, dk	Ion (m/z değeri)
1	Diazinon	16.44	137, 179, 152
2	Metilparation	18.28	109, 125, 263
3	Malation	19.80	125, 173, 93
4	Chlorpyrifos	20.18	97, 197, 199
5	Paration	20.30	291, 109, 97

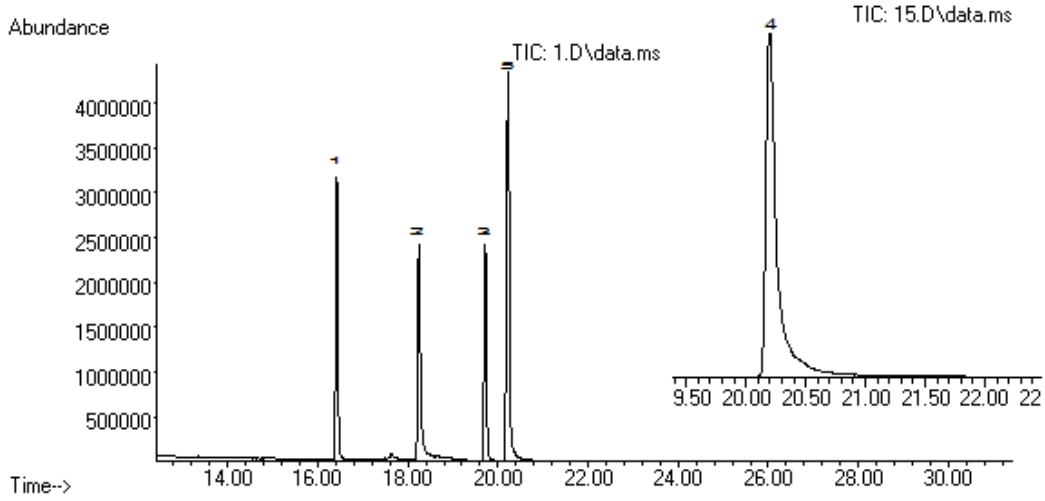
**Çizelge 4.4.** PCB bileşikleri için optimum GC-MS şartlarında HP-5ms kolonundan çıkış süreleri ve m/z değerleri

Pik no	Bileşik adı	Kolondan çıkış süresi, dk	Ion (m/z değeri)
1	PCB 28	15.55	256, 258, 186
2	PCB 52	17.13	292, 220, 290
3	PCB 101	21.85	326, 324, 328
4	PCB 118	24.92	326, 328, 324
5	PCB 153	25.65	360, 362, 290
6	PCB 138	26.65	360, 362, 290
7	PCB 180	28.77	394, 396, 324

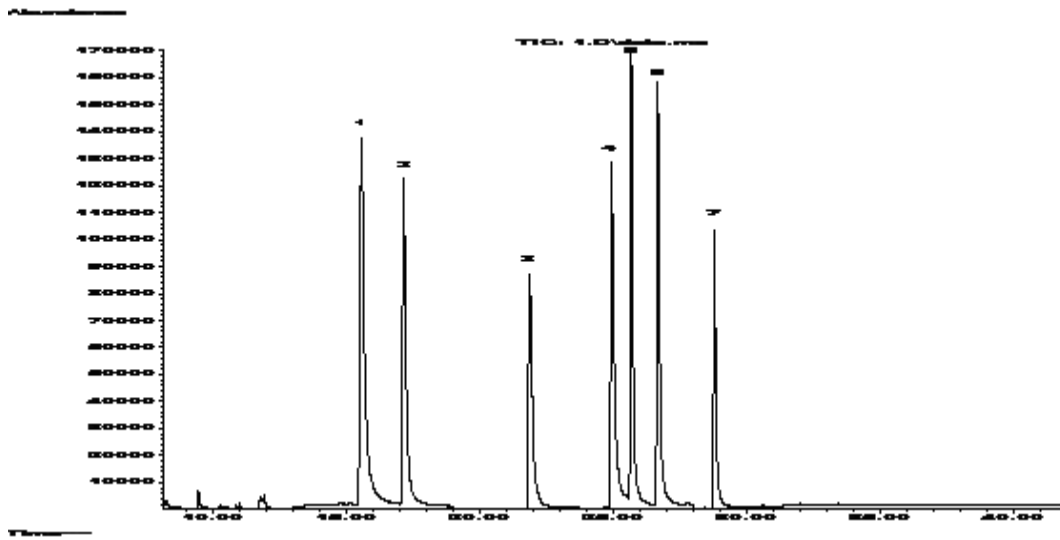
Şekil 4.1’de 2 ng/µL konsantrasyonundaki OCP bileşiklerinin optimum GC-MS şartlarında elde edilen kromatogramı, Şekil 4.2’de 10 ng/µL konsantrasyonundaki OPP bileşiklerinin optimum GC-MS şartlarında elde edilen kromatogramı, Şekil 4.3’de ise 0.5 ng/µL konsantrasyonundaki PCB bileşiklerinin optimum GC-MS şartlarında elde edilen kromatogramı verilmiştir.



**Şekil 4.1.** 2 ng/µL konsantrasyonundaki OCP bileşikleri kromatogramı



Şekil 4.2. 10 ng/μL konsantrasyonundaki OPP bileşikleri kromatogramı



Şekil 4.3. 0.5 ng/μL konsantrasyonundaki PCB bileşikleri kromatogramı

## 4.2. GC-MS Sistemine Ait Analitik Parametreler ve Metot Geri Kazanım Değerleri

Çizelge 4.5’de OCP bileşikleri için, Çizelge 4.6’da OPP bileşikleri için, Çizelge 4.7’de ise PCB bileşikleri için GC-MS sistemine ait analitik parametreler verilmiştir.

Çizelge 4.5. incelendiğinde OCP bileşikleri için LOD değerleri 0.011-0.052 μg/L, LOQ değerleri 0.037-0.173 μg/L, %BSS değerleri 1.60-3.80 aralığında tespit edilmiştir. Metodun geçerli kılınması için gerekli olan BSS<%20 parametresi sağlanmıştır. OCP bileşikleri için 0.001- 10 ng/μL doğrusal cevap aralığında çalışılmış ve R<sup>2</sup> değerleri 0.996-0.999 aralığında tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.5.** OCP bileşikleri için GC-MS sistemine ait analitik parametreler

Bileşik adı	LOD	LOQ	Doğrusal cevap aralığı	R <sup>2</sup>	BSS
	µg/L	µg/L	ng/µL		%
α-HCH	0.011	0.037	0.001-10	0.999	1.68
β-HCH	0.012	0.040	0.001-10	0.999	2.50
γ-HCH	0.016	0.053	0.001-10	0.999	2.18
δ-HCH	0.013	0.043	0.001-10	0.999	2.60
Heptachlor	0.013	0.043	0.001-10	0.999	2.35
Aldrin	0.011	0.037	0.001-10	0.999	2.80
Heptachlor epoxide	0.012	0.040	0.001-10	0.999	1.60
Chlordane II	0.020	0.067	0.001-10	0.999	1.90
Endosulfan I	0.023	0.076	0.001-10	0.999	2.16
Chlordane I	0.018	0.060	0.001-10	0.999	2.10
p,p-DDE	0.011	0.037	0.001-10	0.996	3.12
Dieldrin	0.012	0.040	0.001-10	0.999	2.10
Endrin	0.013	0.043	0.001-10	0.998	3.80
Endosulfan II	0.019	0.063	0.001-10	0.998	2.34
p,p-DDD	0.012	0.040	0.001-10	0.997	2.72
Endrin aldehyde	0.012	0.040	0.001-10	0.999	3.10
Endosulfan sulfate	0.025	0.083	0.001-10	0.999	2.32
p,p-DDT	0.022	0.073	0.001-10	0.999	2.25
Endrin ketone	0.019	0.063	0.001-10	0.999	2.34
Methoxychlor	0.052	0.173	0.001-10	0.999	2.38

Çizelge 4.6. incelendiğinde OPP bileşikleri için LOD değerleri 3-8 µg/L, LOQ değerleri 10-27 µg/L, %BSS değerleri 5.47-8.10 aralığında tespit edilmiştir. Metodun geçerli kılınması için gerekli olan BSS<%20 parametresi sağlanmıştır. OPP bileşikleri için 0.1- 10 ng/µL doğrusal cevap aralığında çalışılmış ve R<sup>2</sup> değerleri 0.990-0.998 aralığında tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.6.** OPP bileşikleri için GC-MS sistemine ait analitik parametreler

Bileşik adı	LOD	LOQ	Doğrusal cevap aralığı	R <sup>2</sup>	BSS
	µg/L	µg/L	ng/µL		%
Diazinon	8	27	0.1-10	0.998	5.61
Metilparation	5	12	0.1-10	0.998	5.60
Malation	5	13	0.1-10	0.992	5.47
Chlorpyrifos	3	10	0.1-10	0.990	8.10
Paration	4	17	0.1-10	0.993	7.32

Çizelge 4.7. incelendiğinde PCB bileşikleri için LOD değerleri 0.01-0.02 µg/L, LOQ değerleri 0.04-0.08 µg/L, %BSS değerleri 1.42-2.10 aralığında tespit edilmiştir. Metodun geçerli kılınması için gerekli olan BSS<%20 parametresi sağlanmıştır. PCB bileşikleri için 0.001- 1 ng/µL doğrusal cevap aralığında çalışılmış ve R<sup>2</sup> değerleri 0.999 olarak tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.7.** PCB bileşikleri için GC-MS sistemine ait analitik parametreler

Bileşik adı	LOD	LOQ	Doğrusal cevap aralığı	R <sup>2</sup>	BSS
	pg/g	pg/g	ng/μL		%
PCB 28	2	6	0.001-1	0.999	1.68
PCB 52	2	8	0.001-1	0.999	1.76
PCB 101	2	8	0.001-1	0.999	1.98
PCB 118	2	8	0.001-1	0.999	2.10
PCB 153	1	4	0.001-1	0.999	1.58
PCB 138	2	8	0.001-1	0.999	1.98
PCB 180	2	8	0.001-1	0.999	1.42

Çizelge 4.8’de QuEChERS metoduna göre ekstrakte edilmiş ve temizlenmiş buğday tanesinde tespit edilen OCP bileşiklerine ait geri kazanım değerleri ve sokslet ekstraksiyon metoduna göre ekstrakte edilmiş ve ardından 10 g %5 deaktif silika jel kolon ile temizlenmiş buğday tanesinde tespit edilen PCB bileşiklerine ait geri kazanım değerleri verilmiştir. Çizelge 4.9’da sokslet ekstraksiyon metoduna göre ekstrakte edilmiş ve ardından 10 g %5 deaktif silika jel kolon ile temizlenmiş toprak numunelerinde tespit edilen OCP ve PCB bileşiklerine ait geri kazanım değerleri verilmiştir.

Sebze ve meyve örneklerinde 13 fungusit ve insektisit kalıntısının belirlenmesi için C18 ve aktif kömür kullanılarak uygulanan metotta analizlerde C18’in daha iyi geri kazanımlar verdiği görülmüştür (Torres ve ark.,1997). Blasko ve ark., (2003) 50 bal örneğinde organik klorlu, karbamatlı ve organik fosforlu pestisit kalıntıları Oktadesil sorbenti ile SPE metodu ile ekstrakte edip GC-MS (organik klorluların analizinde) ve LC-APCI-MS (organik fosforlular ve karbamatlıların analizinde) cihazlarında analiz etmişlerdir. Validasyon çalışmalarında geri kazanımları dimethoate dışında %73-98 arasında, BSS %20’nin altında tespit etmişlerdir. Arıtma çamurunundaki PCB bileşiklerinin analizi için n-hekzan ile ultrasonik ekstraksiyon yapılmış, katı faz florosil kartuş ile temizlenmiştir ve validasyon çalışmalarında sekiz PCB kongeneri içeren standart referans materyal için hedef bileşiklere ait geri kazanım değeri %90-105 aralığında elde edilmiştir (Katsoyiannis ve Samara, 2004). Özcan ve ark., (2011) arıtma çamurunda 7-PCB kongeneri ve 20-PAH bileşiğini araştırmışlardır. Örnekler DFG (German Research Association) S19 multi-metoduna göre ekstrakte edilmiş ve silika jel kolon kromatografi kullanılarak temizlenmiştir. PCB bileşikleri geri kazanım verimi %98 ile %100 aralığında, RSD değeri  $\leq 6$  olarak, PAH bileşiklerine ait geri kazanım verimleri ise %83 ile %98 aralığında, RSD değeri  $\leq 8$  olarak tespit edilmiştir.

Buğday taneleri için OCP bileşikleri geri kazanım verimleri % 81 ile % 106, PCB bileşiklerinin geri kazanım verimleri % 85-105 aralığında, toprak numuneleri için OCP bileşikleri geri kazanım verimleri %76 ile %110 aralığında, PCB bileşikleri için geri kazanım verimleri % 96 ile % 108 aralığında bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar US EPA tarafından önerilen % 60-120 geri kazanım veriminin her iki bileşik grubu için de sağlandığını göstermektedir.

**Çizelge 4.8.** Buğday tanelerinde OCP ve PCB bileşikleri metot geri kazanım değerleri (%), (n=4)

OCP	Geri kazanım, %	PCB	Geri kazanım, %
$\alpha$ -HCH	102 $\pm$ 0	PCB 28	105 $\pm$ 1
$\beta$ -HCH	90 $\pm$ 3	PCB 52	90 $\pm$ 1
$\gamma$ -HCH	106 $\pm$ 3	PCB 101	96 $\pm$ 3
$\delta$ -HCH	105 $\pm$ 3	PCB 118	90 $\pm$ 0
Heptachlor	100 $\pm$ 2	PCB 138	89 $\pm$ 0
Aldrin	90 $\pm$ 0	PCB 153	85 $\pm$ 0
Heptachlor epoxide	97 $\pm$ 0	PCB 180	85 $\pm$ 0
Chlordane II	97 $\pm$ 0		
Endosulfan I	101 $\pm$ 4		
Chlordane I	96 $\pm$ 2		
p,p-DDE	102 $\pm$ 0		
Dieldrin	105 $\pm$ 3		
Endrin	104 $\pm$ 3		
Endosulfan II	85 $\pm$ 5		
p,p-DDD	95 $\pm$ 5		
Endrin aldehyde	98 $\pm$ 3		
Endosulfan sulfate	101 $\pm$ 3		
p,p-DDT	103 $\pm$ 3		
Endrin ketone	81 $\pm$ 0		
Methoxychlor	100 $\pm$ 3		

**Çizelge 4.9.** Toprak numunelerinde OCP ve PCB bileşikleri metot geri kazanım değerleri (%), (n=4)

OCP	Geri kazanım, %	PCB	Geri kazanım, %
$\alpha$ -HCH	97 $\pm$ 6	PCB 28	108 $\pm$ 2
$\beta$ -HCH	93 $\pm$ 5	PCB 52	102 $\pm$ 4
$\gamma$ -HCH	95 $\pm$ 5	PCB 101	99 $\pm$ 2
$\delta$ -HCH	96 $\pm$ 5	PCB 118	99 $\pm$ 1
Heptachlor	99 $\pm$ 5	PCB 138	98 $\pm$ 1
Aldrin	96 $\pm$ 6	PCB 153	97 $\pm$ 1
Heptachlor epoxide	89 $\pm$ 3	PCB 180	96 $\pm$ 2
Chlordane II	94 $\pm$ 3		
Endosulfan I	95 $\pm$ 4		
Chlordane I	88 $\pm$ 6		
p,p-DDE	97 $\pm$ 6		
Dieldrin	93 $\pm$ 2		
Endrin	98 $\pm$ 0		
Endosulfan II	98 $\pm$ 4		
p,p-DDD	91 $\pm$ 2		
Endrin aldehyde	91 $\pm$ 0		
Endosulfan sulfate	82 $\pm$ 4		
p,p-DDT	103 $\pm$ 3		
Endrin ketone	76 $\pm$ 2		
Methoxychlor	106 $\pm$ 5		

### 4.3. Toprak Numunelerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Analiz Sonuçları

Birçok çalışmada belirlenmiştir ki, organik bileşiklerin adsorpsiyon prosesi sorbentin pH, kation değiştirme kapasitesi, iyonik kuvvet, yüzey alanı, organik madde içeriği, kil yüzdesi gibi fizikokimyasal özelliklerine bağlıdır (Delle Sita, 2001; Tosun ve ark., 1996). Bu nedenle tez çalışmasında kullanılan toprak numunelerinin, adsorpsiyonu etkileyen özellikleri belirlenmiş ve sonuçların değerlendirilmesinde toprağın özellikleri de dikkate alınmıştır.

Çizelge 4.10. ve 4.11’de toprak numunelerinin nem, kuru madde, uçucu katı madde, sabit katı madde, pH ve Eİ değerleri, kil/silt/kum içeriği ve toprak tipi verilmiştir.

**Çizelge 4.10.** Toprak numunelerinin nem, kuru madde, uçucu katı madde, sabit katı madde, pH ve Eİ değerleri

No	Toprak numuneleri	Nem (%)	Kuru madde (%)	Uçucu katı madde (%)	Sabit katı madde (%)	pH	Eİ (µS/cm)
1	Referans toprak, 0-25 m	8.54	91.45	1.49	98.50	8.96	116.4
2	Referans toprak, 25-50 m	11.14	88.85	0.69	99.30	8.98	111.3
3	Referans toprak, 50-75 m	10.88	89.11	3.67	96.32	9.06	107
4	1. pompa, kanal yanı, 0-25 cm	9.10	90.89	7.00	92.99	9.21	222
5	1.pompa, kanal yanı, 25-50 cm	10.14	89.85	23.69	76.30	9.32	276
6	1.pompa, kanal yanı, 50-75 cm	10.90	89.09	2.95	97.04	9.31	299
7	1. pompa, 100 m, 0-25 cm	8.05	91.94	4.61	95.39	9.05	176.3
8	1. pompa, 100 m, 25-50 cm	10.48	89.51	7.14	92.86	9.34	263
9	1. pompa, 100 m, 50-75 cm	11.85	88.14	4.73	95.27	9.40	331
10	1. pompa, 500 m, 0-25 cm	9.33	90.66	6.86	93.14	8.61	865
11	1. pompa, 500 m, 25-50 cm	13.09	86.90	1.30	98.70	8.86	942
12	1. pompa, 500 m, 50-75 cm	14.52	85.47	3.93	96.06	8.89	1,016
13	2. pompa, kanal yanı, 0-25 cm	7.36	92.63	1.97	98.03	8.90	159.7
14	2.pompa, kanal yanı, 25-50 cm	10.78	89.21	1.74	98.25	9.13	426
15	2.pompa, kanal yanı, 50-75 cm	10.33	89.66	6.21	93.78	8.99	429
16	2. pompa, 100 m , 0-25 cm	9.81	90.18	8.13	91.87	8.67	222
17	2. pompa, 100 m , 25-50 cm	13.29	86.70	6.10	93.89	8.55	815
18	2. pompa, 100 m, 50-75 cm	17.62	82.37	1.80	98.19	8.59	1,983
19	2. pompa, 500 m, 0-25 cm	8.44	91.55	2.41	97.59	9.07	342
20	2. pompa, 500 m, 25-50 cm	8.57	91.42	7.21	92.79	9.15	312
21	2. pompa, 500 m, 50-75 cm	11.84	88.15	4.53	95.47	9.03	412
22	3. pompa, kanal yanı, 0-25 cm	8.83	91.16	4.98	95.01	9.07	172.3
23	3.pompa, kanal yanı, 25-50 cm	11.12	88.87	4.07	95.92	9.40	191.9
24	3.pompa, kanal yanı, 50-75 cm	11.22	88.77	5.86	94.14	9.48	230
25	3. pompa, 100 m, 0-25 cm	11.05	88.94	9.19	90.81	9.02	130.9
26	3. pompa, 100 m, 25-50 cm	10.90	89.09	4.31	95.69	9.22	125.7
27	3. pompa, 100 m, 50-75 cm	12.16	87.83	3.08	96.92	9.24	145.2
28	3. pompa, 500 m, 0-25 cm	12.53	87.46	5.44	94.55	8.96	133.4
29	3. pompa, 500 m, 25-50 cm	15.42	84.57	7.11	92.89	9.17	134.5
30	3. pompa, 500 m, 50-75 cm	14.21	85.78	3.84	96.15	9.17	137.4

Organik madde içeriği genellikle topraklardaki pestisit adsorpsiyonunu en çok etkileyen faktördür. Ancak diğer faktörlerde oldukça etkili olabilir (Kodeşova ve ark., 2011). PAH ve PCB'ler gibi hidrofobik organik kirleticiler, kalıcılıkları ve toprak organik maddesine afiniteleri nedeniyle organik maddenin zengin olduğu kısımlarda birikirler (Smith ve ark., 1993). Topraktaki nem miktarı arttığı zaman, pestisitler desorbe olurlar ve biyolojik olarak aktif hale geçerler. Toprak nemi azalırsa, pestisit adsorpsiyonu ve inaktivasyonu yükselir (Zeren ve ark., 1999). PCB'lerin topraktan buharlaşması ortam sıcaklığına, organik madde içeriğine, toprak nemine ve hava ile toprak arasındaki denge konumuna bağlıdır (Soil Guideline Values for dioxins, furans and dioxin-like PCBs in soil, 2012).

Numunelerin nemleri %7.36-17.62 arasında tespit edilmiştir. Nem miktarlarının genellikle derinlikle birlikte arttığı gözlenmiştir. Numunelerin kuru madde miktarları, % 82.37-92.63 arasında, uçucu katı madde miktarları (organik madde) %1.30 ile 23.69 arasında, sabit katı madde miktarları %76.30 ile 98.70 arasında tespit edilmiştir. En yüksek organik madde miktarı 1. pompa kanal yanı, 25-50 cm derinlikten alınan numunede ve en düşük organik madde miktarı 1. pompa 500 m, 25-50 cm derinlikten alınan numunede tespit edilmiştir. Referans topraktan alınan numunelerin nemleri % 8.54-11.14, kuru madde miktarları % 88.85-91.45, uçucu katı madde miktarları % 0.69-3.67, sabit katı madde miktarları % 96.32-99.30 arasında tespit edilmiştir. Numunelerin % nem, kuru madde, uçucu katı madde, sabit katı madde miktarlarının referans değerden çok farklı olmadığı gözlenmiştir.

Toprağın pH'ı da kirleticilerin adsorpsiyonunda önemlidir. İyonize olabilen pestisitler için azalan pH değerleriyle adsorpsiyon artmaktadır (Andreu ve Pico, 2004).

Numunelerin pH değerleri 8.55- 9.48 arasında tespit edilmiştir. En düşük pH değeri 2. pompa 100 m içeri, 25-50 cm derinlikten alınan numunede ve en yüksek pH değeri 3. pompa kanal yanı, 50-75 cm derinlikten alınan numunede ölçülmüştür. Referans topraktan 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerden alınan numunelerin pH değerleri sırasıyla 8.96, 8.98, 9.06 olarak tespit edilmiştir. pH değerlerinin referans değerlerle çok farklılık göstermediği görülmüştür. pH değerleri genellikle derinlik artıkça artış göstermiştir. Yılmaz (1993), yaptığı çalışmada Ana Tahliye Kanalı boyunca atıksularla sulanan toprakların pH değerini 7.02-8.40 arasında, Uyanöz (1998) yaptığı çalışmada Ana Tahliye Kanalı boyunca atıksularla sulanan toprakların pH 7.52-8.50 arasında bulmuştur. pH değerleri bu sonuçlar ile karşılaştırıldığında toprakların pH değerlerinde artma olduğu gözlenmiştir.

Numunelerin Eİ değerleri 125.7-1,983  $\mu\text{S}/\text{cm}$  arasında ölçülmüştür. En düşük Eİ değeri 3. pompa 100 m içeri, 25-50 cm derinlikten alınan numunede ve en yüksek Eİ değeri 2. pompa 100 m içeri, 50-75 cm derinlikten alınan numunede tespit edilmiştir. Referans toprağın Eİ değeri 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerinde sırasıyla 116.4, 111.3, 107  $\mu\text{S}/\text{cm}$  olarak ölçülmüştür. Bütün numunelerin Eİ değerinin referans topraklardan alınan numunelerin Eİ değerlerinden büyük olduğu görülmüştür. Numunelerin Eİ değerlerinin genellikle derinlikle arttığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.11'de toprak örneklerinin tekstür özellikleri tipi verilmiştir.

**Çizelge 4.11.** Toprak örneklerinin kil/silt/kum içeriği ve tipi

No	Toprak Numuneleri	%kil	%silt	%kum	Tipi
1	Referans toprak, 0-25 m	54.06	19.68	26.26	Killi
2	Referans toprak, 25-50 m	71.39	15.76	12.85	Killi
3	Referans toprak, 50-75 m	76.80	16.83	6.37	Killi
4	1. pompa, kanal yanı, 0-25 cm	65.39	18.70	15.91	Killi
5	1. pompa, kanal yanı, 25-50 cm	75.05	16.69	8.26	Killi
6	1. pompa, kanal yanı, 50-75 cm	78.74	17.96	3.30	Killi
7	1. pompa, 100 m içeri, 0-25 cm	56.73	21.75	21.52	Killi
8	1. pompa, 100 m içeri, 25-50 cm	69.44	22.34	8.22	Killi
9	1. pompa, 100 m içeri, 50-75 cm	75.05	20.42	4.53	Killi
10	1. pompa, 500 m içeri, 0-25 cm	46.50	15.44	38.06	Killi
11	1. pompa, 500 m içeri, 25-50 cm	66.92	18.41	14.67	Killi
12	1. pompa, 500 m içeri, 50-75 cm	72.72	16.38	10.90	Killi
13	2.pompa, kanal yanı, 0-25 cm	36.87	23.75	39.38	Killi- tunlu
14	2. pompa, kanal yanı, 25-50 cm	49.50	24.66	25.85	Killi
15	2 .pompa, kanal yanı, 50-75 cm	52.59	21.19	26.22	Killi
16	2 . pompa, 100 m içeri, 0-25 cm	30.60	27.57	44.83	Killi- tunlu
17	2 . pompa, 100 m içeri, 25-50 cm	41.52	27.22	31.27	Killi
18	2. pompa, 100 m içeri, 50-75 cm	59.89	24.60	15.51	Killi
19	2. pompa, 500 m içeri, 0-25 cm	36.70	24.20	39.10	Killi
20	2.pompa, 500 m içeri, 25-50 cm	37.84	25.33	36.83	Killi
21	2. pompa, 500 m içeri, 50-75 cm	45.46	22.69	31.35	Killi
22	3. pompa, kanal yanı, 0-25 cm	40.06	25.23	34.72	Killi
23	3. pompa, kanal yanı, 25-50 cm	52.34	19.13	28.53	Killi
24	3. pompa, kanal yanı, 50-75 cm	59.16	18.02	22.82	Killi
25	3. pompa, 100 m içeri, 0-25 cm	39.93	23.61	36.46	Killi- tunlu
26	3. pompa, 100 m içeri, 25-50 cm	53.54	29.69	22.07	Killi
27	3. pompa, 100 m içeri, 50-75 cm	53.37	18.21	28.42	Killi
28	3. pompa, 500 m içeri, 0-25 cm	42.16	22.86	34.97	Killi
29	3. pompa, 500 m içeri, 25-50 cm	62.52	14.19	23.29	Killi
30	3 . pompa, 500 m içeri, 50-75 cm	61.64	13.99	24.37	Killi

PCB'ler hidrofobik, pestisitler hidrofilik özelliğe sahiptir ve kil mineralleri genellikle suda ıslanır, polar yüzey özelliği gösterir yani hidrofildir. Bu özelliğinden dolayı hidrofilik organik bileşiklerin killi yüzeylerde adsorpsiyonu yüksek, hidrofobik organik bileşiklerin adsorpsiyonu düşüktür (Özyılmaz, 2007).

2. pompa, kanal yanı, 0-25 cm, 2. pompa, 100 m içeri, 0-25 cm ve 3. pompa, 100 m içeri, 0-25 cm derinliklerden alınan numuneler killi-tınlı, diğer bölgelerden alınan numuneler killi olarak tespit edilmiştir. Kil içeriği en düşük % 30.60 olarak 2. pompa 100 m içeri, 0-25 cm derinlikten alınan numunede, en yüksek olarak % 78.74 olarak 1. pompa kanal yanı, 50-75 cm derinlikten alınan numunede bulunmuş ve alt katmanlara doğru kil oranının attığı belirlenmiştir. Silt içeriği en düşük % 13.99 olarak 3. pompa, 500 m içeri, 50-75 cm derinlikten alınan numunede, en yüksek olarak % 29.69 olarak 3. pompa, 100 m içeri, 25-50 cm derinlikten alınan numunede bulunmuştur. Kum içeriği en düşük % 3.30 olarak 1. pompa, kanal yanı, 50-75 cm derinlikten alınan numunede, en yüksek olarak % 44.83 olarak 2. pompa, 100 m içeri, 0-25 cm derinlikten alınan numunede bulunmuştur. Yılmaz (1993), Ana Tahliye Kanalı civarından aldığı toprak örneklerinde kil oranını % 31- 54, kum oranını % 31-48, silt oranını % 9-26 olarak bulmuş ve üst katmanlardaki toprakların killi-tınlı, alt katmanlardaki toprakların killi olduğu sonucuna varmıştır. Uyanöz (1998), Ana Tahliye Kanalı civarından yaptığı çalışmada toprakların kil oranını % 32-64, kum oranını % 20-40, silt oranını % 12-28 olarak tespit etmiştir.

#### **4.4. Toprak Numunelerinde Tespit Edilen OCP, OPP ve PCB Miktarları**

##### **4.4.1. Toprak numunelerinde tespit edilen OCP miktarları**

Toprak numunelerinde tespit edilen OCP bileşiklerinin miktarları Çizelge 4.12. ve % dağılımları Şekil 4.4'te verilmiştir.

TKKNKSDY (2010)'de jenerik kirletici sınır değerleri (toprağın yutulması ve deri teması yoluyla emilim) aldrin ve dieldrin için 0.03 mg/kg, DDD, DDT ve chlordane için 2 mg/kg, DDE için 1 mg/kg, , endosulfan için 367 mg/kg, endrin için 18 mg/kg,  $\alpha$ -HCH için 0.08 mg/kg,  $\beta$ -HCH için 0.3 mg/kg,  $\gamma$ -HCH için 0.5 mg/kg, heptachlor için 0.1 mg/kg, methoxychlor için 306 mg/kg, arochlor 1016 karışımları için 6 mg/kg ve arochlor 1016 dışında kalan tüm karışımlar için 0.2 mg/kg fırın kuru toprak olarak verilmiştir. OPP bileşikleri için yönetmelikte sınır değer verilmemiştir. Referans toprak ve atıksular ile sulanan alanlardan alınan toprak numunelerinde tespit edilen OCP bileşiklerinin yönetmelikte verilen sınır değerleri aşmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.12. Toprak numunelerinde tespit edilen OCP bileşiklerinin miktarları (µg/kg)

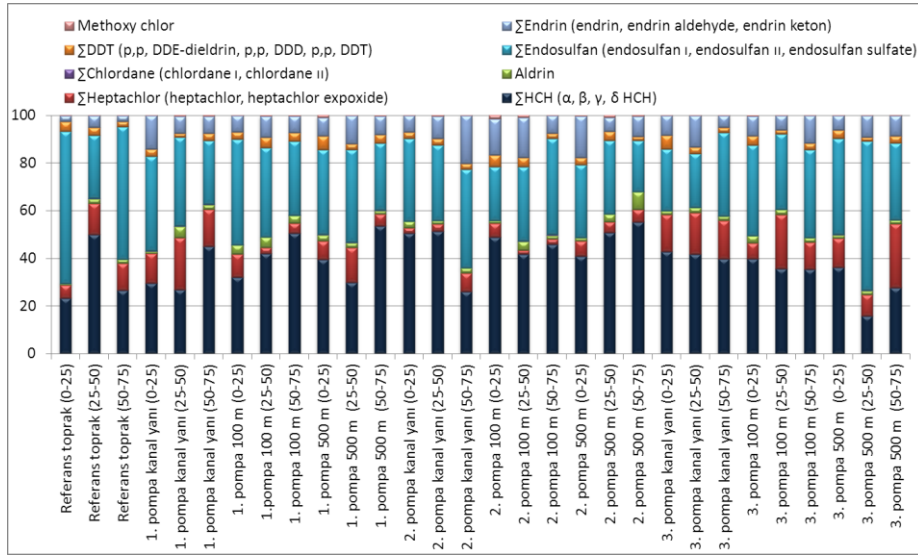
	α-HCH	β-HCH	γ-HCH	δ-HCH	heptachlor	aldrin	heptachlor epoxide	chlordane II	endosulfan I	chlordane I	p,p-DDE-dieldrin	endrin	endosulfan II	p,p-DDD	endrin aldehyde	endosulfan sulfate	p,p-DDT	endrin keton	methoxy chlorl
1. pompa kanal yanı (0-25)	16.72	12.98	26.62	1.32	24.42	1.54	0.22	0.00	58.09	0.22	0.00	12.54	16.72	0.44	15.18	2.64	5.72	0.0	0.22
1. pompa kanal yanı (25-50)	7.57	15.13	13.80	0.45	29.82	6.45	0.22	0.22	6.45	0.22	0.00	5.12	41.18	0.45	4.45	3.56	1.78	0.0	0.89
1. pompa kanal yanı (50-75)	17.96	13.69	28.73	2.02	21.55	2.69	0.00	0.45	16.39	0.00	0.22	6.06	16.39	0.67	3.82	4.04	3.37	0.0	0.90
1. pompa 100 m (0-25)	23.71	13.70	34.37	0.00	21.75	8.48	0.00	0.00	74.61	0.22	0.22	6.09	15.66	1.09	9.14	9.14	5.66	0.22	0.44
1. pompa 100 m (25-50)	10.50	9.61	17.65	0.89	2.23	4.02	0.22	0.00	15.64	0.00	0.00	2.46	16.76	0.22	5.81	2.01	3.80	0.00	0.45
1. pompa 100 m (50-75)	15.88	13.39	26.09	0.45	4.54	3.40	0.23	0.23	20.87	0.00	0.45	5.22	12.71	0.23	2.27	0.68	3.40	0.23	0.45
1. pompa 500 m (0-25)	19.19	14.78	28.45	3.09	12.79	3.97	0.00	0.00	34.41	0.44	0.22	5.29	23.16	0.66	7.50	1.32	8.60	0.00	1.99
1. pompa 500 m (25-50)	14.96	11.51	24.16	0.46	24.62	3.45	0.00	0.00	29.92	0.23	0.00	8.05	34.52	0.46	11.97	1.84	3.68	0.23	0.46
1. pompa 500 m (50-75)	19.42	12.63	28.31	2.57	5.85	1.64	0.00	0.00	18.48	0.47	0.23	2.81	13.34	0.47	6.08	1.17	3.74	0.23	0.47

Çizelge 4.12. (devam) Toprak numunelerinde tespit edilen OCP bileşiklerinin miktarları (µg/kg)

2. pompa kanal yanı (0-25)	19.86	9.28	28.07	1.51	1.73	3.24	1.08	0.00	31.09	0.00	0.22	0.86	7.99	0.22	7.34	1.30	2.59	0.00	0.22
2. pompa kanal yanı (25-50)	3.14	7.85	26.00	0.90	2.02	1.12	0.22	0.00	7.62	0.00	0.22	0.90	14.12	0.22	5.16	1.57	1.57	0.90	0.45
2. pompa kanal yanı (50-75)	3.35	8.92	20.07	0.67	9.59	2.68	0.22	0.00	35.69	0.00	0.00	5.35	15.61	0.67	10.71	1.12	2.45	9.37	0.22
2. pompa 100 m (0-25)	15.52	10.20	23.06	2.88	5.10	1.11	0.89	0.00	17.08	0.00	1.11	6.43	5.77	0.89	8.65	1.11	3.10	0.89	1.77
2. pompa 100 m (25-50)	3.46	9.69	24.45	0.92	1.38	3.46	0.00	0.23	18.91	0.00	0.23	2.54	8.07	0.46	4.15	1.61	3.00	8.76	0.92
2. pompa 100 m (50-75)	18.45	9.95	26.46	1.21	2.43	1.70	0.24	0.49	28.40	0.00	0.00	1.21	18.94	0.24	7.53	1.94	2.43	0.49	0.24
2. pompa 500 m (0-25)	15.29	9.39	21.84	0.66	6.99	1.53	0.22	0.00	19.00	0.00	0.00	1.97	15.07	0.44	6.77	1.09	3.06	11.58	0.44
2. pompa 500 m (25-50)	14.44	7.22	21.66	1.31	3.94	2.84	0.00	0.00	7.87	0.00	0.22	1.97	17.94	0.44	1.97	1.31	2.62	1.31	0.87
2. pompa 500 m (50-75)	13.16	4.08	20.64	1.13	3.63	5.44	0.00	0.00	8.85	0.00	0.00	0.68	5.44	0.23	4.54	0.91	0.91	0.68	0.45
Referans toprak (0-25)	10.72	9.40	19.90	0.87	9.40	1.09	0.44	0.00	21.65	0.00	0.00	0.87	89.66	0.44	0.44	1.09	6.56	3.06	0.66

Çizelge 4.12. (devam) Toprak numunelerinde tespit edilen OCP bileşiklerinin miktarları (µg/kg)

Referans toprak (25-50)	12.83	6.98	20.48	12.38	13.95	2.03	0.00	0.23	14.85	0.00	0.00	2.25	12.60	0.23	1.58	0.45	3.38	1.35	0.23
Referans toprak (50-75)	4.49	8.53	21.54	0.67	14.81	2.47	0.22	0.00	14.59	0.00	0.00	0.67	58.12	0.22	2.02	1.12	2.92	0.67	0.22
3. pompa kanal yanı (0-25)	12.50	10.75	19.74	0.44	15.36	1.54	0.22	0.00	8.56	0.00	0.44	2.63	16.23	0.44	5.70	1.54	5.05	0.00	0.22
3. pompa kanal yanı (25-50)	14.85	9.00	20.03	0.23	18.00	2.25	0.23	0.00	8.33	0.00	0.00	7.43	13.50	0.45	6.53	2.03	2.48	0.00	0.23
3. pompa kanal yanı (50-75)	13.07	7.88	20.73	1.35	17.35	1.80	0.00	0.23	15.54	0.00	0.00	3.15	21.63	0.23	2.03	0.68	2.03	0.23	0.23
3. pompa 100 m (0-25)	12.59	8.77	19.34	0.67	6.52	3.15	0.22	0.00	4.27	0.00	0.22	1.35	33.28	0.45	6.97	2.02	3.60	0.22	0.45
3. pompa 100 m (25-50)	12.12	7.63	21.77	0.22	26.49	2.47	0.00	0.00	12.35	0.00	0.00	3.37	23.34	0.45	3.59	1.35	1.57	0.22	0.22
3. pompa 100 m (50-75)	11.84	9.11	17.30	0.00	12.30	2.05	0.00	0.00	10.47	0.00	0.23	3.87	28.23	0.23	8.65	1.37	2.50	0.00	0.23
3. pompa 500 m (0-25)	9.15	9.15	14.40	0.69	11.20	1.14	0.23	0.23	8.00	0.00	0.23	4.12	20.58	0.69	1.60	8.69	2.29	0.00	0.23
3. pompa 500 m (25-50)	3.55	9.46	12.30	1.18	14.90	2.60	0.24	0.24	7.57	0.00	0.00	3.55	96.95	0.71	11.82	0.95	2.13	0.00	0.24
3. pompa 500 m (50-75)	9.33	9.33	15.39	1.17	33.57	2.10	0.23	0.23	5.13	0.00	0.23	1.63	34.74	1.40	8.86	1.17	2.10	0.23	0.47



Şekil 4.4. Toprak örneklerinde tespit edilen OCP bileşiklerinin % dağılımları

Çizelge 4.12. ve Şekil 4.4. incelendiğinde, toprak numunelerinde  $\Sigma$ HCH ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ -HCH) ve  $\Sigma$ endosulfan (endosulfan I, endosulfan II, endosulfan sulfate) bileşikleri daha baskın olarak tespit edildiği görülmektedir. Prasad ve Chhabra (2001) 'nın Hindistan' da yaptığı çalışmada yem örneklerinde pestisitlerden sırasıyla en çok lindan, endosulfan, heptachlor ve DDT' yi tespit etmiştir. Teknik HCH;  $\alpha$ -HCH (%60-70),  $\beta$ -HCH (%2-12) ve  $\gamma$ -HCH (%5-15) ve diğer izomerlerin karışımından oluşmaktadır. 1978 yılına kadar bu teknik karışım kullanılırken sonradan HCH yerine saf  $\gamma$ -HCH izomeri kullanılmaya başlanmıştır. Kullanımı EPA tarafından sınırlandırılan bileşik hala tohumların iyileştirilmesinde kullanılmaktadır. Bu madde ayrıca sanayi kimyasalları imalatının bir yan ürünü olup, yakma proseslerinde de bir yan ürün olarak istenmeden ortaya çıkabilmektedir. Endosulfan I ve endosulfan II EPA toksisite sınıfı içerisinde yüksek toksik pestisit olarak sınıflandırılmaktadır ve kullanımı sınırlandırılmıştır. 2009 yılında ise endosulfan kullanımı yasaklanmıştır.  $\gamma$ -HCH bileşiğinin hala kullanılması ve endosulfan bileşiğinin yeni yasaklanmış olmasından dolayı daha baskın olarak tespit edildikleri düşünülmektedir.

Methoxychlor, aldrin,  $\Sigma$ DDT (p,p, DDE-dieldrin, p,p, DDD, p,p, DDT),  $\Sigma$ Chlordane (chlordane I, chlordane II) bileşikleri düşük miktarlarda tespit edilmiştir. Dieldrin temel olarak termitlerin ve tekstil zararlılarının kontrolü için kullanılmış olup, zararlılar tarafından taşınan hastalıklarla ve tarım topraklarında yaşayan zararlılarla mücadele amacıyla da kullanılmıştır. Kullanımı 1971 yılında yasaklanmıştır. DDT İkinci Dünya Savaşı sırasında asker ve sivilleri sıtma, tifüs ve zararlılar tarafından yayılan diğer hastalıklara karşı korumak için yaygın olarak kullanılmıştır. DDT halen

birkaç ülkede sıtma mücadelesinde sivrisineklere karşı kullanılmaktadır. Amerika'da DDT kullanımı 1972'de yasaklanmıştır. Kullanımı 1978 yılında sınırlandırılmış olup, 1985 yılında yasaklanmıştır. Endrin pamuk ya da tahıl bitkilerinin yapraklarına püskürtülerek kullanılmış olup, ayrıca fare, tarla faresi ve diğer zararlı kemirgenlerle mücadele amacıyla da kullanılmıştır. Kullanımı 1979 yılında yasaklanmıştır. Methoxychlor hayvanları ve bitkileri, pireler, böcekler, hamam böceklerine karşı korumak için kullanılmış, ABD'de 2003'te ve AB'inde 2002'de kullanımı yasaklanmıştır. Aldrin 1970'lere kadar yaygın olarak toprak ve tohum tedavisi için kullanılmıştır ve Stockholm Sözleşmesi ile yasaklanmıştır. Chlordane mısır, narenciye gibi bitkiler ve çimenler için insektisit olarak kullanılmıştır ve 1988'de EPA tarafından tüm kullanımları yasaklanmıştır. 1985 yılından sonra ise endosulfan ve toksafen hariç diğer klorlu hidrokarbon pestisitlerin kullanımı yasaklanmıştır. Bu bileşiklerin yıllar önce yasaklanmış olmalarından dolayı çevrede bulunan miktarlarıda ömürlerini tamamladıkları için düşük miktarda tespit edildikleri düşünülmüştür.

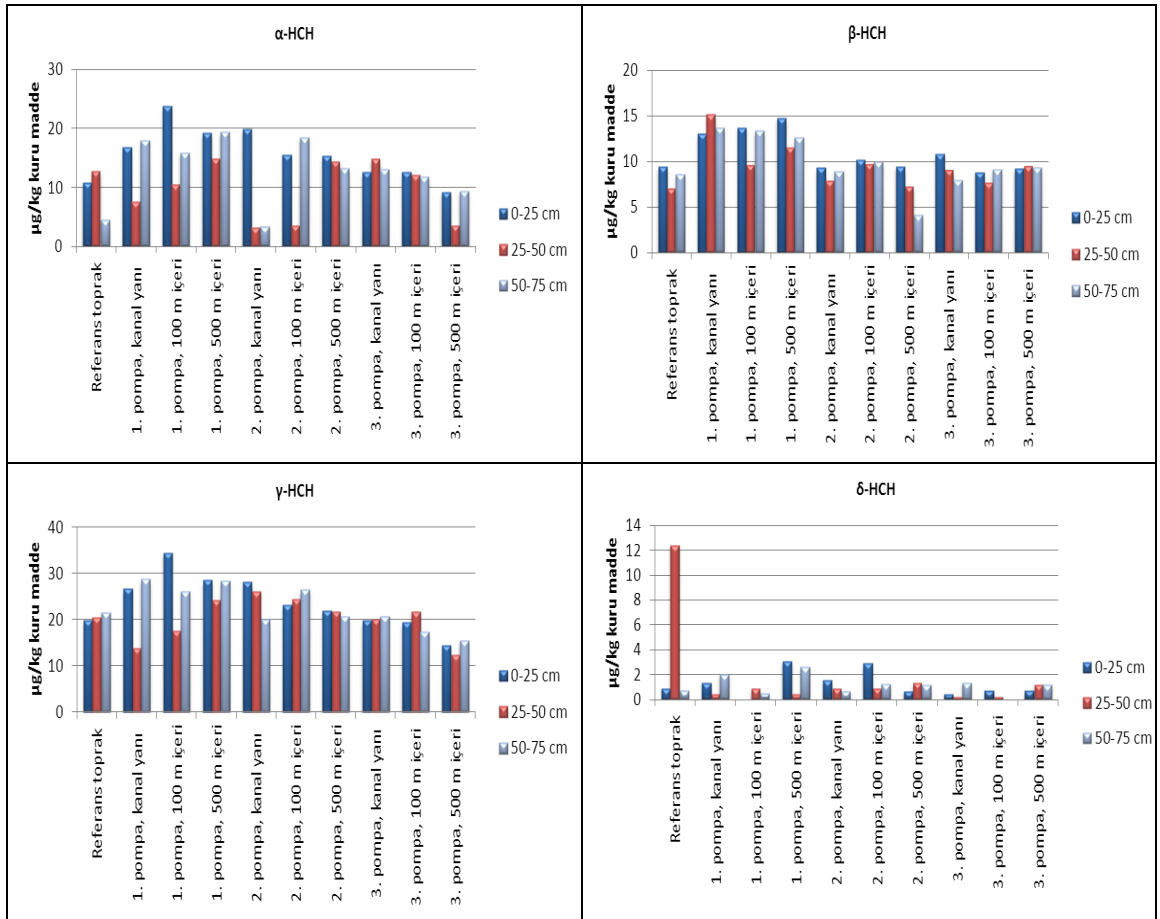
$\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ -HCH, aldrin, endosulfan I, chlordane I, p,p, DDT bileşiklerinin miktarlarında kanal boyunca ilerledikçe azalma gözlenmiştir.  $\alpha$ -HCH bileşiği miktarının, 2. pompa 500 m içeriden ve 3. pompa 100 m içeriden alınan numunelerde derinlik arttıkça azaldığı gözlenmiştir.  $\beta$ -HCH bileşiği miktarının 2. pompa 500 m içeriden ve 3. pompa kanal yanından alınan numunelerde derinlik arttıkça azaldığı gözlenmiştir.  $\gamma$ -HCH bileşiği miktarının referans toprakta, 2. pompa 100 m içeriden ve 3. pompa kanal yanından alınan numunede derinlik arttıkça arttığı, 2. pompa kanal yanı ve 500 m içeriden alınan numunelerde derinlik arttıkça azaldığı gözlenmiştir.  $\delta$ -HCH bileşiği miktarının, 2. pompa kanal yanı ve 3. pompa 100 m içeriden alınan numuneler derinlik arttıkça azaldığı gözlenmiştir. Heptachlor bileşiği miktarının referans toprakta, 2. pompa kanal yanı ve 3. pompa 500 m içeriden alınan numunede derinlik arttıkça arttığı, 2. pompa 500 m içeriden alınan numunede derinlik arttıkça azaldığı gözlenmiştir. Endosulfan I bileşiği miktarının referans toprakta, 1. pompa 500 m içeri ve 3. pompa 500 m içeriden alınan numunelerde derinlik arttıkça azaldığı, 2. pompa 100 m içeriden alınan numunede derinlik arttıkça arttığı gözlenmiştir. Endosulfan II bileşiği miktarının 2. pompa kanal yanı ve 100 m içeriden alınan numunelerde derinlik arttıkça arttığı gözlenmiştir. Endosulfan sulfate bileşiği miktarının 1. pompa 100 m içeriden alınan numunede derinlik arttıkça azaldığı, 1. pompa kanal yanı, 2. pompa 100 m içeriden alınan numunelerde derinlik arttıkça arttığı gözlenmiştir. Endrin bileşiği

miktarının 2. pompa 100 m içeri, 3. pompa 500 m içeriden alınan numunelerde derinlik arttıkça azaldığı, 2. pompa kanal yanından ve 3. pompa 100 m içeriden alınan numunelerde derinlik arttıkça arttığı gözlenmiştir. Endrin aldehyde bileşiği miktarının 1. pompa kanal yanı ve 100 m içeriden alınan numunelerde derinlik arttıkça azaldığı, referans toprakta ise derinlik arttıkça arttığı gözlenmiştir. Endrin keton bileşiği miktarının referans toprakta ve 2. pompa 500 m içeriden alınan numunede derinlik arttıkça azaldığı gözlenmiştir. p,p, DDT bileşiği miktarının, referans toprakta, 1. pompa 100 m içeriden, 2. pompa 100 m ve 500 m içeriden, 3. pompa kanal yanı ve 500 m içeriden alınan numunelerde derinlik arttıkça azaldığı gözlenmiştir. p,p, DDT bileşiği miktarı 0-25 cm derinlikten alınan numunelerde daha yüksek tespit edilmiştir. p,p, DDD bileşiği miktarının referans toprakta ve 2. pompa 100 m içeriden alınan numunede derinlik arttıkça azaldığı, 1. pompa kanal yanından ve 3. pompa 500 m içeriden alınan numunelerde derinlik arttıkça arttığı gözlenmiştir. Aldrin bileşiği miktarının, 1. pompa 100 m ve 500 m içeriden, 3. pompa 100 m içeriden alınan numunelerde derinlik arttıkça azaldığı, referans toprakta ve 2. pompa 500 m içeriden alınan numunede derinlik arttıkça arttığı gözlenmiştir. Methoxychlor bileşiği miktarının referans toprakta ve 2. pompa 100 m içeriden alınan numunede derinlik arttıkça azaldığı, 1. pompa kanal yanından alınan numunede derinlik arttıkça arttığı gözlenmiştir. Genel olarak tayin edilen OCP miktarları ile farklı toprak derinlikleri arasında lineer bir artış veya azalma tespit edilmemiştir. Bu durum 0-25 cm, 25-50 cm, 50-75 cm derinliklerden alınan toprak örneklerinin fiziko-kimyasal analizleri sonucunda elde edilen benzer karakterizasyona sahip olma durumu ile açıklanabilir.

Numunelerde uçucu katı madde (organik madde miktarı) % 1.30 ile 23.69 arasında bulunmuştur. Organik kirleticiler, kalıcılıkları ve toprak organik maddesine afiniteleri nedeniyle organik maddenin zengin olduğu kısımlarda birikirler. Organik maddenin en yüksek tespit edildiği 1. pompa kanal yanı, 25-50 cm derinlikten alınan numunede heptachlor,  $\beta$ -HCH bileşikleri en yüksek miktarlarda, endosulfan II yüksek miktarda tespit edilmiştir.

Numunelerin pH değerleri 8.55- 9.48 arasında tespit edilmiştir. En düşük pH değeri 2. pompa, 100 m içeri, 25-50 cm derinlikten alınan numunede ve en yüksek pH değeri 3. pompa, kanal yanı, 50-75 cm derinlikten alınan numunede ölçülmüştür. İyonize olabilen pestisitler için azalan pH değerleriyle adsorpsiyon artmaktadır (Andreu ve Pico, 2004). OCP sonuçları pH değerleriyle karşılaştırıldığında, aralarında doğrusal bir ilişki tespit edilmemiştir.

Numunelerin kil içeriği en düşük %30.60 olarak 2. pompa 100 m içeri, 0-25 cm derinlikten alınan numunede, en yüksek olarak %78.74 olarak 1. pompa kanal yanı, 50-75 cm derinlikten alınan numunede bulunmuştur. Pestisitler hidrofilik özelliğe sahiptir ve kil mineralleri genellikle suda ıslanır, polar yüzey özelliği gösterir yani hidrofiliktir. Bu özelliğinden dolayı hidrofilik organik bileşiklerin killi yüzeylerde adsorpsiyonu yüksektir (Özyılmaz, 2007). Kil oranının en yüksek olduğu 1. pompa kanal yanı, 50-75 cm derinlikten alınan numunede,  $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH,  $\gamma$ -HCH, heptachlor, chlordane II, endrin, p,p, DDD, endosulfan sulfate, p,p, DDT, methoxychlor bileşikleri yüksek miktarlarda tespit edilmiştir. Genel olarak kil yüzdesi ile OCP bileşikleri arasında doğrusal bir ilişki bulunmamıştır.



Şekil 4.5. Toprak numunelerinde tespit edilen HCH bileşiklerinin miktarları

Şekil 4.5'te toprak numunelerinde tespit edilen HCH bileşiklerinin miktarları grafiksel olarak verilmiştir. Şekil incelendiğinde  $\alpha$ -HCH miktarının referans sahadan 0-25 cm derinlikten alınan numunede 10.72 µg/kg kuru madde, 25-50 cm derinlikten alınan numunede 12.83 µg/kg kuru madde, 50-75 cm derinlikten alınan numunede 4.49

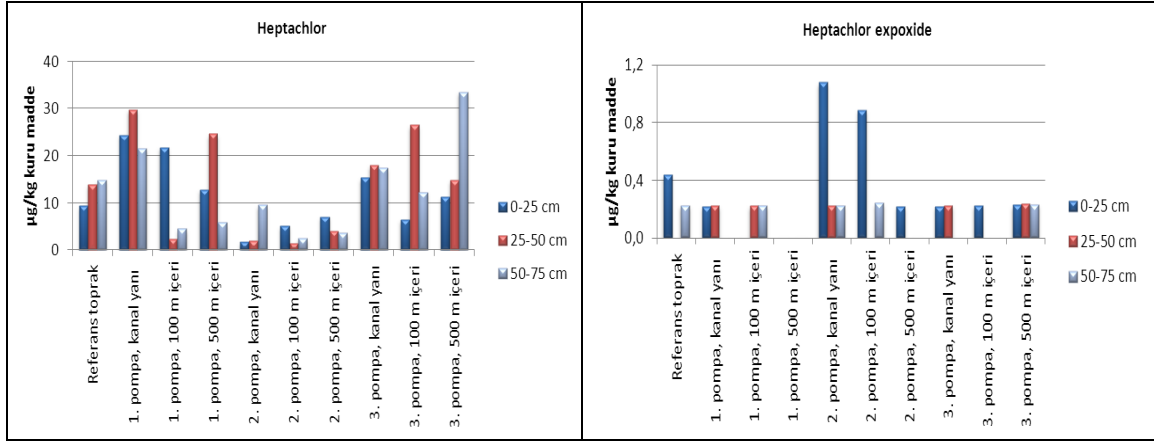
$\mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde olarak tespit edildiği görülmektedir. Toprak numunelerinde ise en düşük miktarda 2. pompa kanal yanı 25-50 cm derinlikten alınan numunede  $3.14 \mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde olarak, en yüksek miktarda 1. pompa 100 m içeri, 0-25 cm derinlikten alınan numunede  $23.71 \mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde olarak tespit edilmiştir. Sonuçlar referans değerlerle karşılaştırıldığında 0-25 cm derinlikten alınan numuneler ve 0-25 cm derinlikten alınan referans numune için, sadece 3. pompa 500 m içeriden alınan numunenin referans değeri aşmadığı, diğer numunelerin referans değeri aştığı tespit edilmiştir. 25-50 cm derinlikten alınan numuneler ve 25-50 cm derinlikten alınan referans numunede tespit edilen değerler karşılaştırıldığında 1. pompa kanal yanından ve 100 m içeriden, 2. pompa kanal yanından ve 100 m içeriden, 3. pompa 100 m ve 3. pompa 500 m içeriden, alınan numunelerde tespit edilen değerlerin referans değeri aşmadığı tespit edilmiştir. 50-75 cm derinlikten alınan numuneler ve 50-75 cm derinlikten alınan referans numune karşılaştırıldığında 2. pompa kanal yanından alınan numunede tespit edilen değer referans değeri aşmadığı, diğer numunelerin referans değeri aştığı tespit edilmiştir.

Referans toprak numunelerinde  $\beta$ -HCH bileşiği, 0-25 cm derinlikten alınan numunede  $9.40 \mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde, 25-50 cm derinlikten alınan numunede  $6.98 \mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde, 50-75 cm derinlikten alınan numunede  $8.53 \mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde olarak tespit edilmiştir. Toprak numunelerinde en düşük değer 2. pompa 500 m içeri, 50-75 cm derinlikten alınan numunede  $4.08 \mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde olarak, en yüksek değer 1. pompa kanal yanı 25-50 cm derinlikten alınan numunede  $15.13 \mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde olarak tespit edilmiştir. Sonuçlar referans değerlerle karşılaştırıldığında 0-25 cm derinlikten alınan numunelerden, 2. pompa kanal yanından, 2. pompa 500 m içeriden, 3. pompa 100 m içeriden, 3. pompa 500 m içeriden alınan numunelerde referans değerini aşmadığı tespit edilmiştir. 25-50 cm derinlikten alınan numunelerin hepsinin referans değeri aştığı, 50-75 cm derinlikten alınan numunelerden, 2. pompa 500 m içeriden, 3. pompa kanal yanından alınan numunelerde referans değerini aşmadığı tespit edilmiştir.

Referans toprak numunelerinde  $\gamma$ -HCH bileşiği, 0-25 cm derinlikten alınan numunede  $19.90 \mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde, 25-50 cm derinlikten alınan numunede  $20.48 \mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde, 50-75 cm derinlikten alınan numunede  $21.54 \mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde olarak tespit edilmiştir. Referans toprakta derinlik arttıkça  $\gamma$ -HCH miktarının arttığı gözlenmiştir. Toprak numunelerinde  $\gamma$ -HCH miktarı  $12.30$ - $34.37 \mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde aralığında tespit edilmiştir. En düşük miktar 3. pompa 500 m içeri, 25-50 cm derinlikten alınan, en yüksek miktar 1. pompa 100 m içeri, 0-25 cm derinlikten alınan numunede

tespit edilmiştir.  $\gamma$ -HCH bileşiği miktarında kanal boyunca ilerledikçe azalma tespit edilmiştir. 0-25 cm derinlik için tespit edilen referans değer ve 0-25 cm derinlikten alınan toprak numunelerinde tespit edilen değerler karşılaştırıldığında, 3. pompa kanal yanından, 100 m ve 500 m içeriden alınan numunelerde tespit edilen değerlerin referans değerden düşük, diğer numunelerde tespit edilen değerlerin referans değerden yüksek olduğu görülmüştür. 25-50 cm derinlik için tespit edilen referans değer ve 25-50 cm derinlikten alınan toprak numunelerinde tespit edilen değerler karşılaştırıldığında, 1. pompa 500 m içeriden, 2. pompa kanal yanı, 100 m ve 500 m içeriden, 3. pompa 100 m içeriden alınan numunelerde tespit edilen değerler referans değerden yüksek bulunmuştur. 50-75 cm derinlik için tespit edilen referans değer ve 50-75 cm derinlikten alınan toprak numunelerinde tespit edilen değerler karşılaştırıldığında, 1. pompa kanal yanından, 100 m ve 500 m içeriden, 2. pompa 100 m içeriden alınan numunelerde tespit edilen değerler referans değerden yüksek bulunmuştur.

Referans toprak numunelerinde  $\delta$ -HCH bileşiği, 0-25 cm derinlikten alınan numunede 0.87  $\mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde, 25-50 cm derinlikten alınan numunede 12.38  $\mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde, 50-75 cm derinlikten alınan numunede 0.67  $\mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde olarak tespit edilmiştir. Referans toprak 25-50 cm derinlikten alınan numunede tespit edilen değer, diğer referans numunelerde ve toprak numunelerinde tespit edilen değerden çok yüksek olduğu görülmüştür. Toprak numunelerinde  $\delta$ -HCH bileşiği 0-3.09  $\mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde aralığında tespit edilmiştir. 1. pompa 100 m içeri, 0-25 cm derinlikten ve 3. pompa 100 m içeri, 50-75 cm derinlikten alınan numunelerde  $\delta$ -HCH bileşiği tespit edilmemiştir. Sonuçlar referans değerlerle karşılaştırıldığında 0-25 cm derinlikten alınan numunelerden, 1. pompa kanal yanından ve 500 m içeriden, 2. pompa kanal yanından ve 100 m içeriden aşım numunelerde tespit edilen değerler, 0-25 cm derinlikten alınan referans numunedeki tespit edilen değerden yüksek çıkmıştır. 25-50 cm derinlikten alınan numunelerin hepsinde tespit edilen değerler, 25-50 cm derinlik için tespit edilen değerden düşük bulunmuştur. 50-75 cm derinlikten alınan numunelerden, 1. pompa kanal yanından ve 500 m içeriden, 2. pompa 100 m ve 500 m içeriden, 3. pompa kanal yanı ve 500 m içeriden alınan numunelerde tespit edilen değerler, 50-75 cm derinlik için belirlenen referans değerden yüksek bulunmuştur.

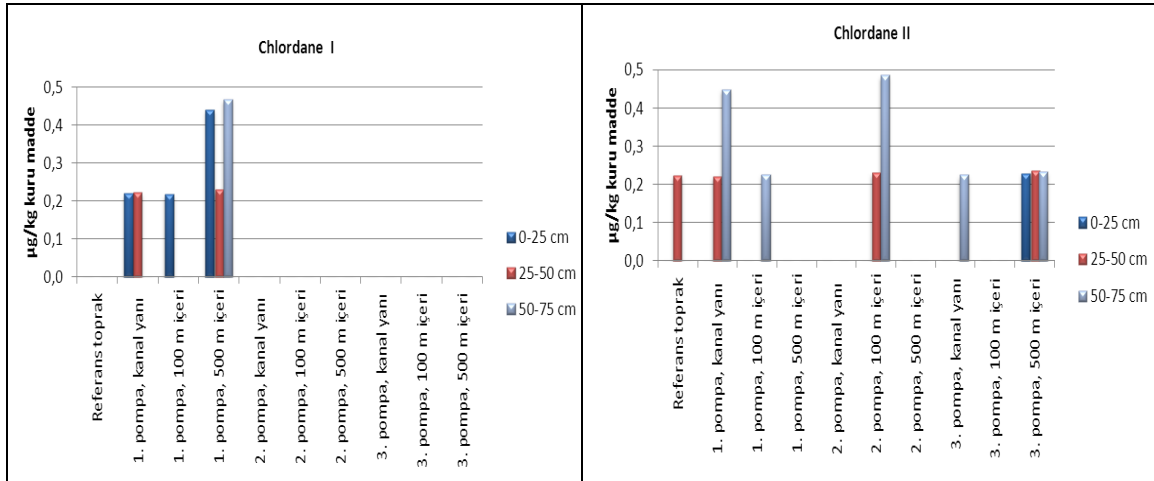


Şekil 4.6. Toprak numunelerinde tespit edilen heptachlor, heptachlor epoxide bileşiklerinin miktarları

Şekil 4.6’da toprak numunelerinde tespit edilen heptachlor, heptachlor epoxide bileşiklerinin miktarları verilmiştir. Heptachlor bileşiği 0-25 cm derinlikten alınan referans toprak numunesinde  $\mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde, 25-50 cm derinlikten alınan referans toprak numunesinde  $13.95 \mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde, 50-75 cm derinlikten alınan referans toprak numunesinde  $14.81 \mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde olarak tespit edilmiştir. Toprak numunelerinde en düşük miktarda 2. pompa 100 m içeri, 25-50 cm derinlikten alınan numunede  $1.38 \mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde, en yüksek miktarda 3. pompa 500 m içeri, 50-75 cm derinlikten alınan numunede  $33.57 \mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde olarak tespit edilmiştir. 2. pompanın olduğu bölgeden alınan numunelerde heptachlor miktarının diğer numunelerden daha az olduğu gözlenmiştir. 0-25 cm derinlik için tespit edilen referans değer ve 0-25 cm derinlikten alınan toprak numunelerinde tespit edilen değerler karşılaştırıldığında, 1. pompa kanal yanından, 100 m ve 500 m içeriden, 3. pompa kanal yanından ve 500 m içeriden alınan numuneler de referans değerden yüksek heptachlor miktarı tespit edilmiştir. 25-50 cm derinlik için tespit edilen referans değer ve 25-50 cm derinlikten alınan toprak numunelerinde tespit edilen değerler karşılaştırıldığında, 1. pompa kanal yanından ve 500 m içeriden, 3. pompa kanal yanından, 100 m ve 500 m içeriden alınan numuneler de referans değerden yüksek heptachlor miktarı tespit edilmiştir. 50-75 cm derinlik için tespit edilen referans değer ve 50-75 cm derinlikten alınan toprak numunelerinde tespit edilen değerler karşılaştırıldığında, 1. pompa kanal yanından, 3. pompa kanal yanından ve 500 m içeriden alınan numuneler de referans değerden yüksek heptachlor miktarı tespit edilmiştir.

Referans toprak numunelerinden 0-25 cm derinlikten alınan numunede  $0.44 \mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde, 50-75 cm derinlikten alınan numunede  $0.22 \mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde miktarında heptachlor epoxide bileşiği tespit edilmiştir. Referans toprak 25-50 cm

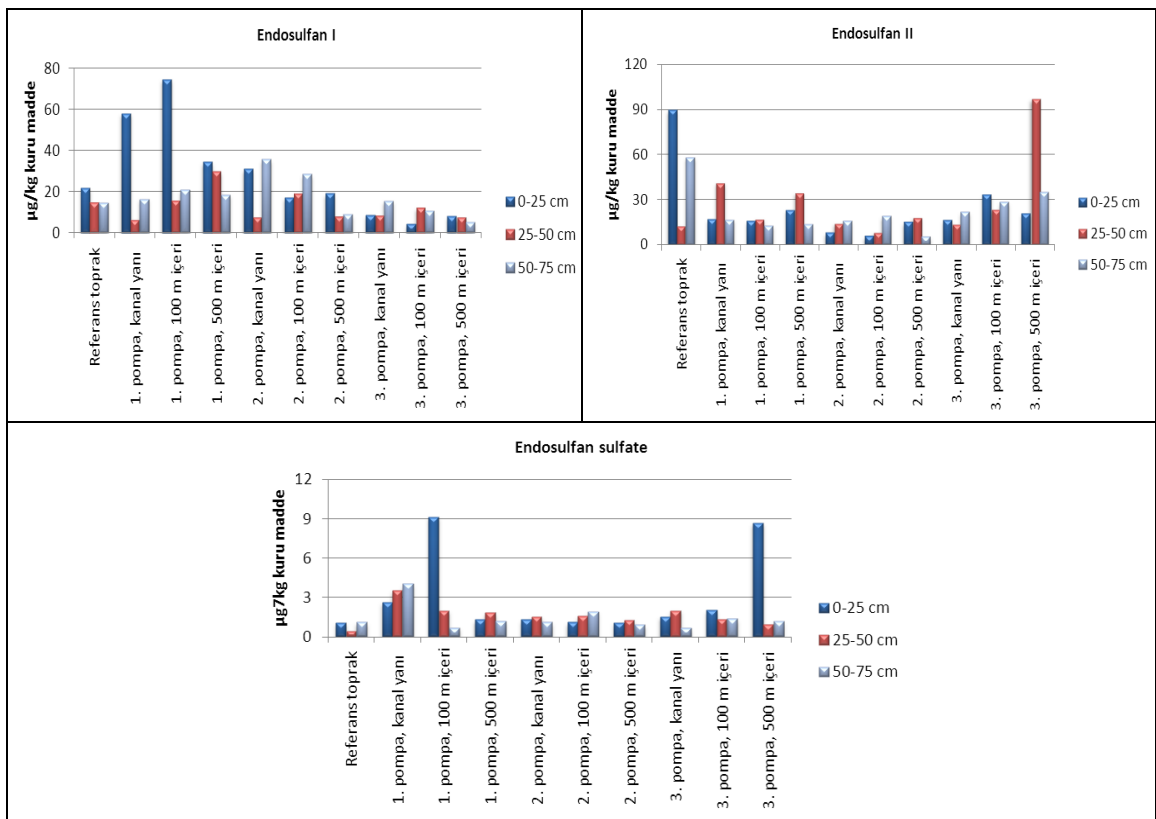
derinlikten alınan numunede heptachlor expoxide tespit edilmemiştir. Toprak numunelerinde en yüksek miktarda 1.08  $\mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde olarak 2. pompa kanal yanı, 0-25 cm derinlikten alınan numunede tespit edilmiştir. 1. pompa kanal yanı, 50-75 cm derinlikten, 1. pompa 100 m içeri 0-25 cm derinlikten, 1. pompa 500 m içeri, 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerden, 2. pompa 100 m içeri 25-50 cm derinlikten, 2. pompa 500 m içeri 25-50, 50-75 cm derinliklerden, 3. pompa kanal yanı, 50-75 cm derinlikten, 3. pompa 100 m içeri 25-50, 50-75 cm derinliklerden, alınan numunelerde heptachlor expoxide tespit edilmemiştir. 0-25 cm derinlikten alınan referans toprakta tespit edilen değer ve 0-25 cm derinlikten alınan toprak numunelerinde tespit edilen değerler karşılaştırıldığında, 2. pompa kanal yanından ve 100 m içeriden alınan numunelerde tespit edilen değerler referans değerden yüksektir. 50-75 cm derinlikten alınan referans toprakta tespit edilen değer ve 50-75 cm derinlikten alınan toprak numunelerinde tespit edilen değerler karşılaştırıldığında, 1. ve 2. pompa 100 m içeriden, 3. pompa 500 m içeriden alınan numunelerde tespit edilen değerler referans değerden yüksektir.



Şekil 4.7. Toprak numunelerinde tespit edilen chlordane I, chlordane II bileşiklerinin miktarları

Şekil 4.7'de toprak numunelerinde tespit edilen chlordane I, chlordane II bileşiklerinin miktarları verilmiştir. Referans topraktan, 2. pompa kanal yanından, 100 m ve 500 m içeriden, 3. pompa kanal yanından, 100 m ve 500 m içeriden tüm derinliklerden ve 1. pompa kanal yanı, 50-75 cm derinlikten, 1. pompa 100 m içeri, 25-50, 50-75 cm derinliklerden alınan numunelerde chlordane I bileşiği tespit edilmemiştir. 1. pompa 500 m içeriden alınan numunede 0.47  $\mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde olarak en yüksek miktarda belirlenmiştir.

Referans topraktan alınan numunelerden 25-50 cm derinlikten alınan numunede chlordan II bileşiği 0.23  $\mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde olarak tespit edilmiştir ve 0-25 ve 50-75 cm derinlikten alınan referans numunelerde tespit edilmemiştir. Toprak numunelerinden 1. pompa kanal yanı, 0-25 cm derinlikten, 1. pompa 100 m içeri, 0-25, 25-50 cm derinliklerden, 1. pompa 500 m içeri, 2. pompa kanal yanı ve 500 m içeri, 3. pompa 100 içeri, 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerden, 2. pompa 100 m içeri, 0-25 cm derinlikten, 3. pompa kanal yanı, 0-25, 25-50 cm derinliklerden alınan numunelerde chlordan II bileşiği tespit edilmemiştir. Referans toprak 25-50 cm derinlikte tespit edilen değer, 25-50 derinlikten alınan toprak numuneleri ile çok yakındır.



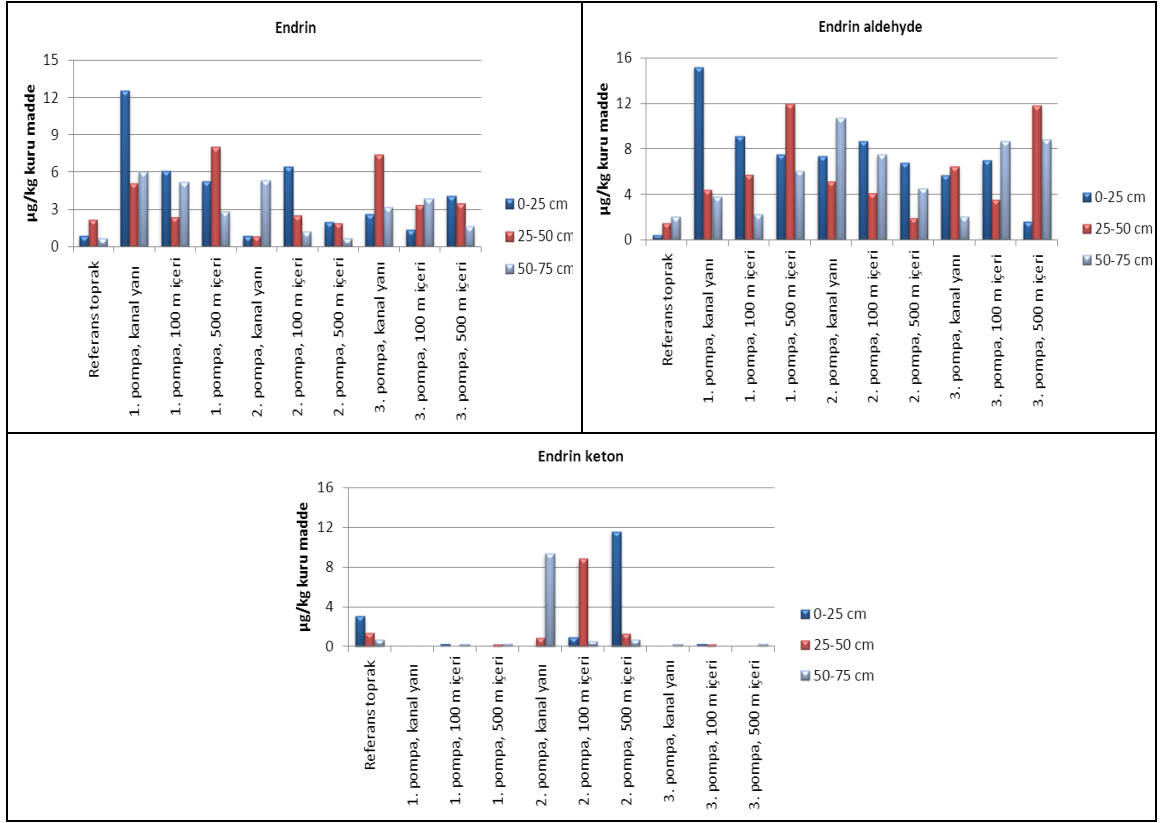
**Şekil 4.8.** Toprak numunelerinde tespit edilen endosulfan I, endosulfan II, endosulfan sulfata, bileşiklerinin miktarları

Şekil 4.8’de Toprak numunelerinde tespit edilen endosulfan I, endosulfan II, endosulfan sulfata, bileşiklerinin miktarları verilmiştir. Endosulfan I bileşiği referans topraktan 0-25 cm derinlikten alınan numunede 21.65  $\mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde, 25-50 cm derinlikten alınan numunede 14.85  $\mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde, 50-75 cm derinlikten alınan numunede 14.59  $\mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde olarak tespit edilmiştir. Toprak numunelerinde endosulfan I bileşiği 4.27-74.61  $\mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde aralığında tespit edilmiştir.

Endosulfan I bileşiminin miktarında kanal boyunca ilerledikçe azalma tespit edilmiştir. Sonuçlar referans değerlerle karşılaştırıldığında, 0-25 cm derinlikten alınan numunelerden, 1. pompa kanal yanından, 100 m ve 500 m içeriden, 2. pompa kanal yanından alınan numunelerde tespit edilen değerler 0-25 cm derinlikten alınan referans toprakta tespit edilen değerden yüksek bulunmuştur. 25-50 cm derinlikten alınan numunelerden, 1. pompa 100 m ve 500 m içeriden, 2. pompa 100 m içeriden alınan numunelerde tespit edilen değerler 25-50 cm derinlikten alınan referans toprakta tespit edilen değerden yüksek bulunmuştur. 50-75 cm derinlikten alınan numunelerden, 1. pompa kanal yanından, 100 m ve 500 m içeriden, 2. pompa kanal yanından, 100 m içeriden, 3. pompa kana yanından alınan numunelerde tespit edilen değerler 50-75 cm derinlikten alınan referans toprakta tespit edilen değerden yüksek bulunmuştur.

Endosulfan II bileşiği referans topraktan 0-25 cm derinlikten alınan numunede 89.66 µg/kg kuru madde, 25-50 cm derinlikten alınan numunede 12.60 µg/kg kuru madde, 50-75 cm derinlikten alınan numunede 58.12 µg/kg kuru madde olarak tespit edilmiştir. Toprak numunelerinde endosulfan II bileşiği 5.44-96.95 µg/kg kuru madde aralığında tespit edilmiştir. Sonuçlar referans değerler ile karşılaştırıldığında, 0-25 ve 50-75 cm derinlikten alınan referans topraklarda tespit edilen miktarlar, 0-25 ve 50-75 cm derinlikten alınan toprak numunelerinde tespit edilen miktarlardan yüksek bulunmuştur. 25-50 cm den alınan referans numune ve toprak numunelerinde tespit edilen miktarlar karşılaştırıldığında, 2. pompa 100 m içeriden alınan numune hariç diğer numunelerde tespit edilen değerler referans değerden yüksek bulunmuştur.

Endosulfan sulfat bileşiği referans topraktan 0-25 cm derinlikten alınan numunede 1.09 µg/kg kuru madde, 25-50 cm derinlikten alınan numunede 0.45 µg/kg kuru madde, 50-75 cm derinlikten alınan numunede 1.12 µg/kg kuru madde olarak tespit edilmiştir. Toprak numunelerinde endosulfan sulfat bileşiği 0.68-9.14 µg/kg kuru madde aralığında tespit edilmiştir. 0-25 cm'den alınan referans numune ve toprak numunelerinde tespit edilen miktarlar karşılaştırıldığında, 2. pompa 500 m içeriden alınan numune hariç diğer numunelerde tespit edilen değerler referans değerden yüksek bulunmuştur. 25-50 cm derinlikten alınan referans toprakta tespit edilen miktar, 25-50 cm derinlikten alınan toprak numunelerinde tespit edilen miktarlardan düşük bulunmuştur. 50-75 cm'den alınan referans numune ve toprak numunelerinde tespit edilen miktarlar karşılaştırıldığında, 1. pompa 100 m içeriden alınan numune hariç diğer numunelerde tespit edilen değerler referans değerden yüksek bulunmuştur.

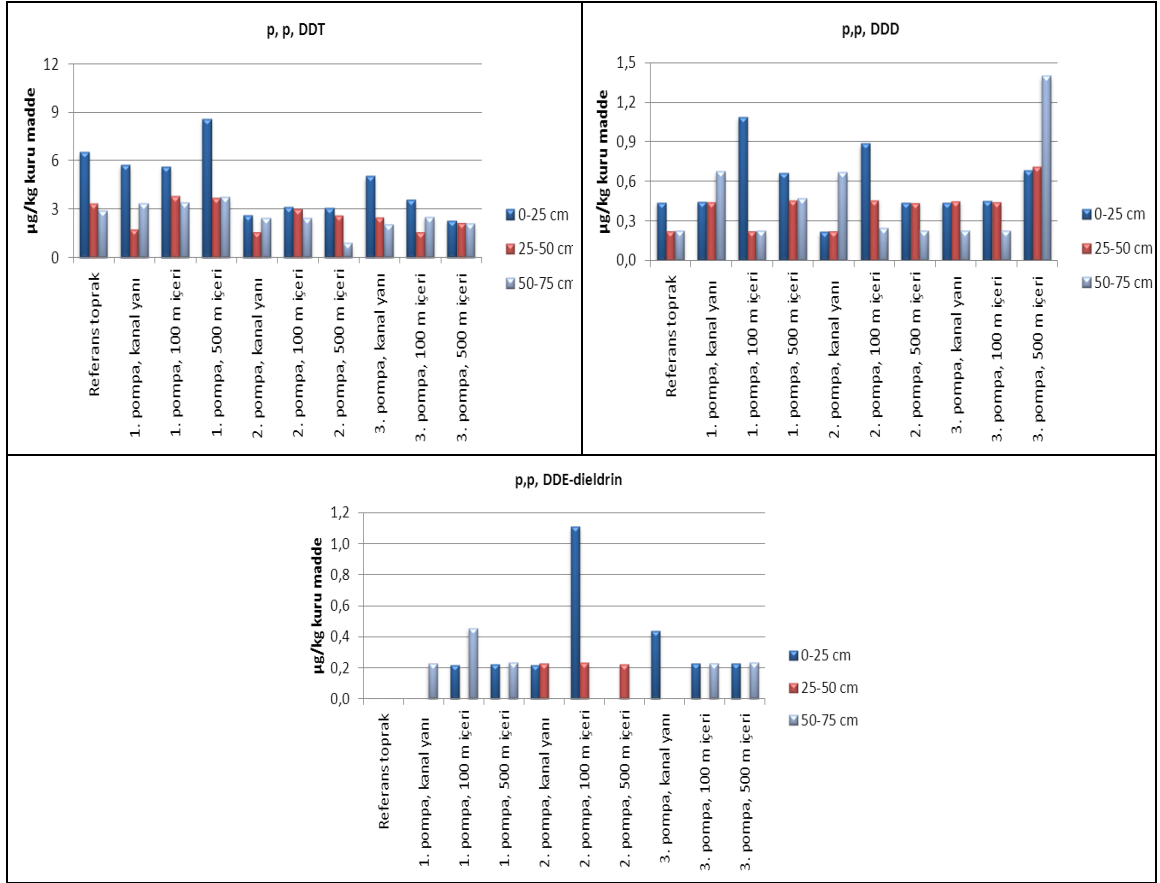


**Şekil 4.9.** Toprak numunelerinde tespit edilen endrin, endrin aldehyde, endrin keton bileşiklerinin miktarları

Şekil 4.9’da toprak numunelerinde tespit edilen endrin, endrin aldehyde, endrin keton bileşiklerinin miktarları verilmiştir. Referans toprak 0-25 cm derinlikten alınan numunede 0.87 µg/kg kuru madde, 25-50 cm derinlikten alınan numunede 2.25 µg/kg kuru madde, 50-75 cm derinlikten alınan numunede 0.67 µg/kg kuru madde miktarında endrin bileşiği tespit edilmiştir. Toprak numunelerin de en düşük miktarda 0.68 µg/kg kuru madde olarak 2. pompa 500 m içeri, 50-75 cm derinlikten alınan numune, en yüksek miktarda 12.54 µg/kg kuru madde olarak 1. pompa kanal yanı, 0-25 cm derinlikten alınan numunede tespit edilmiştir. Sonuçlar referans değerlerle karşılaştırıldığında, 0-25 cm derinlikten alınan numunelerden 2. pompa kanal yanından alınan numune hariç diğer numunelerde tespit edilen değerler 0-25 cm derinlikten alınan referans numunede tespit edilen değerden yüksek bulunmuştur. 25-50 cm derinlikten alınan numunelerden 2. pompa kanal yanından ve 500 m içeriden alınan numuneler hariç diğer numunelerde tespit edilen değerler 25-50 cm derinlikten alınan referans numunede tespit edilen değerden yüksek bulunmuştur. 50-75 cm derinlikten alınan numunelerin hepsinde endrin bileşiği 50-75 cm derinlikten alınan referans numunede tespit edilen değerden yüksek bulunmuştur.

Endrin aldehyde bileşigi referans topraktan 0-25 cm derinlikten alınan numunede 0.44 µg/kg kuru madde, 25-50 cm derinlikten alınan numunede 1.58 µg/kg kuru madde, 50-75 cm derinlikten alınan numunede 2.02 µg/kg kuru madde olarak tespit edilmiştir. Referans numunelerde derinlik arttıkça endrin aldehyde bileşiginin miktarının arttığı gözlenmiştir. Toprak numunelerinde endrin aldehyde bileşigi 1.60-15.18 µg/kg kuru madde aralığında tespit edilmiştir. 0-25, 25-50, 50-75 cm derinlikten alınan numunelerin hepsinde endrin aldehyde bileşigi 0-25, 25-50, 50-75 cm derinlikten alınan referans numunelerde tespit edilen değerlerden yüksek bulunmuştur.

Endrin keton bileşigi referans topraktan 0-25 cm derinlikten alınan numunede 3.06 µg/kg kuru madde, 25-50 cm derinlikten alınan numunede 1.35 µg/kg kuru madde, 50-75 cm derinlikten alınan numunede 0.67 µg/kg kuru madde olarak tespit edilmiştir. Referans numunelerde derinlik arttıkça endrin keton bileşiginin miktarının azaldığı gözlenmiştir. Toprak numunelerinde endrin keton bileşigi 0-11.58 µg/kg kuru madde aralığında tespit edilmiştir. 1. pompa kanal yanı, 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerden, 1. pompa 100 m içeri, 25-50 cm derinlikten, 1. pompa 500 m içeri ve 2. pompa kanal yanı, 0-25 cm derinlikten, 3. pompa kanal yanı ve 500 m içeri, 0-25, 25-50 cm derinliklerden alınan numunelerde endrin keton bileşigi tespit edilmemiştir. 0-25 cm'den alınan referans numune ve toprak numunelerinde tespit edilen miktarlar karşılaştırıldığında, 2. pompa 500 m içeriden alınan numunede tespit edilen değer referans değerden yüksek bulunmuştur. 25-50 cm'den alınan referans numune ve toprak numunelerinde tespit edilen miktarlar karşılaştırıldığında, 2. pompa 100 m içeriden alınan numunede tespit edilen değer referans değerden yüksek bulunmuştur. 50-75 cm'den alınan referans numune ve toprak numunelerinde tespit edilen miktarlar karşılaştırıldığında, 2. pompa kanal yanından ve 500 m içeriden alınan numunede tespit edilen değer referans değerden yüksek bulunmuştur.



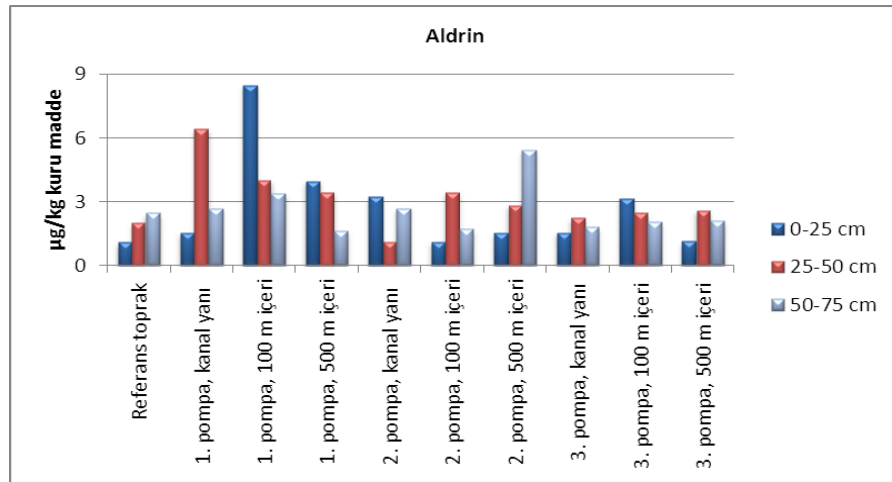
Şekil 4.10. Toprak numunelerinde tespit edilen p,p-DDT, p,p-DDD, p,p-DDE bileşiklerinin miktarları

Şekil 4.10'da toprak numunelerinde tespit edilen p,p-DDT, p,p-DDD, p,p-DDE bileşiklerinin miktarları verilmiştir. Referans toprak 0-25 cm derinlikten alınan numunede 6.56 µg/kg kuru madde, 25-50 cm derinlikten alınan numunede 3.38 µg/kg kuru madde, 50-75 cm derinlikten alınan numunede 2.92 µg/kg kuru madde miktarında p,p, DDT tespit edilmiştir. Referans toprakta derinlik arttıkça p,p, DDT miktarının azaldığı gözlenmiştir. Toprak numunelerin de en düşük miktarda 0.91 µg/kg kuru madde olarak 2. pompa 500 m içeri, 50-75 cm derinlikten alınan numune, en yüksek miktarda 8.60 µg/kg kuru madde olarak 1. pompa 500 m içeri, 0-25 cm derinlikten alınan numunede tespit edilmiştir. 0-25 cm'den alınan referans numune ve toprak numunelerinde tespit edilen miktarlar karşılaştırıldığında, 1. pompa 500 m içeriden alınan numunede tespit edilen değer referans değerden yüksek bulunmuştur. 25-50 cm'den alınan referans numune ve toprak numunelerinde tespit edilen miktarlar karşılaştırıldığında, 1. pompa 100 m ve 500 m içeriden alınan numunelerde tespit edilen değerler referans değerden yüksek bulunmuştur. 50-75 cm'den alınan referans numune ve toprak numunelerinde tespit edilen miktarlar karşılaştırıldığında, 1. pompa kanal

yanı, 100 m içeri ve 500 m içeriden alınan numunede tespit edilen değer referans değerden yüksek bulunmuştur.

p,p, DDD bileşiği referans topraktan 0-25 cm derinlikten alınan numunede 0.44  $\mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde, 25-50 cm derinlikten alınan numunede 0.23  $\mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde, 50-75 cm derinlikten alınan numunede 0.22  $\mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde olarak tespit edilmiştir. Toprak numunelerinde 0.22-1.40  $\mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde aralığında tespit edilmiştir. 0-25 cm'den alınan referans numune ve toprak numunelerinde tespit edilen miktarlar karşılaştırıldığında, 1. pompa 100 m ve 500 m içeriden, 2. pompa 100 m içeriden, 3. pompa 100 m ve 500 m içeriden alınan numunelerde tespit edilen değerler referans değerden yüksek bulunmuştur. 25-50 cm'den alınan referans numune ve toprak numunelerinde tespit edilen miktarlar karşılaştırıldığında, 1. pompa kanal yanı ve 500 m içeriden, 2. pompa 100 m ve 500 m içeriden, 3. pompa kanal yanı, 100 m ve 500 m içeriden alınan numunelerde tespit edilen değerler referans değerden yüksek bulunmuştur. 50-75 cm derinlikten alınan numunelerin hepsinde p,p, DDD bileşiği 50-75 cm derinlikten alınan referans numunede tespit edilen değerden yüksek bulunmuştur.

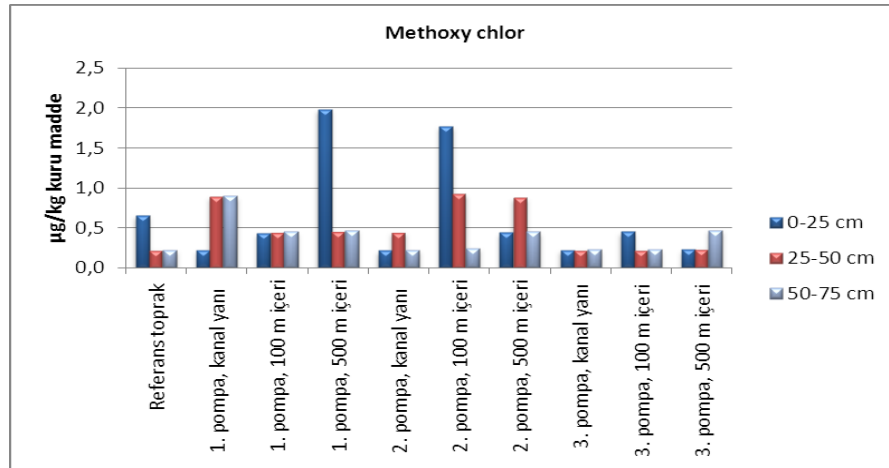
p,p, DDE-diieldrin referans topraktan 0-25 cm, 25-50 cm, 50-75 cm derinlikten alınan numunelerde tespit edilmemiştir. Toprak numunelerinde 0-1.11  $\mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde aralığında tespit edilmiştir.



Şekil 4.11. Toprak numunelerinde tespit edilen aldrin bileşiğinin miktarları

Şekil 4.11'de toprak numunelerinde tespit edilen aldrin bileşiğinin miktarları verilmiştir. Aldrin bileşiği 0-25 cm derinlikten alınan referans toprak numunesinde 1.09  $\mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde, 25-50 cm derinlikten alınan referans toprak numunesinde 2.03  $\mu\text{g}/\text{kg}$

kuru madde, 50-75 cm derinlikten alınan referans toprak numunesinde 2.47  $\mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde olarak tespit edilmiştir. Referans toprakta derinlik arttıkça aldrin miktarının arttığı gözlenmiştir. Toprak numunelerinde aldrin bileşiği 1.11-8.48  $\mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde aralığında tespit edilmiştir. En yüksek aldrin miktarı 1. pompa 100 m içeri, 0-25 cm derinlikten alınan numunede tespit edilmiştir. 0-25 cm derinlikten alınan numunelerde tespit edilen değerler, 0-25 cm derinlikten alınan referans toprakta tespit edilen değerden yüksek çıkmıştır. 25-50 cm derinlikten alınan numunelerde tespit edilen değerler 25-50 cm derinlikten alınan referans toprakta tespit edilen değer ile karşılaştırıldığında, 2. pompa kanal yanından alınan numunede tespit edilen değer referans değerden düşük, diğer numunelerde tespit edilen değerler referans değerden yüksek çıkmıştır.



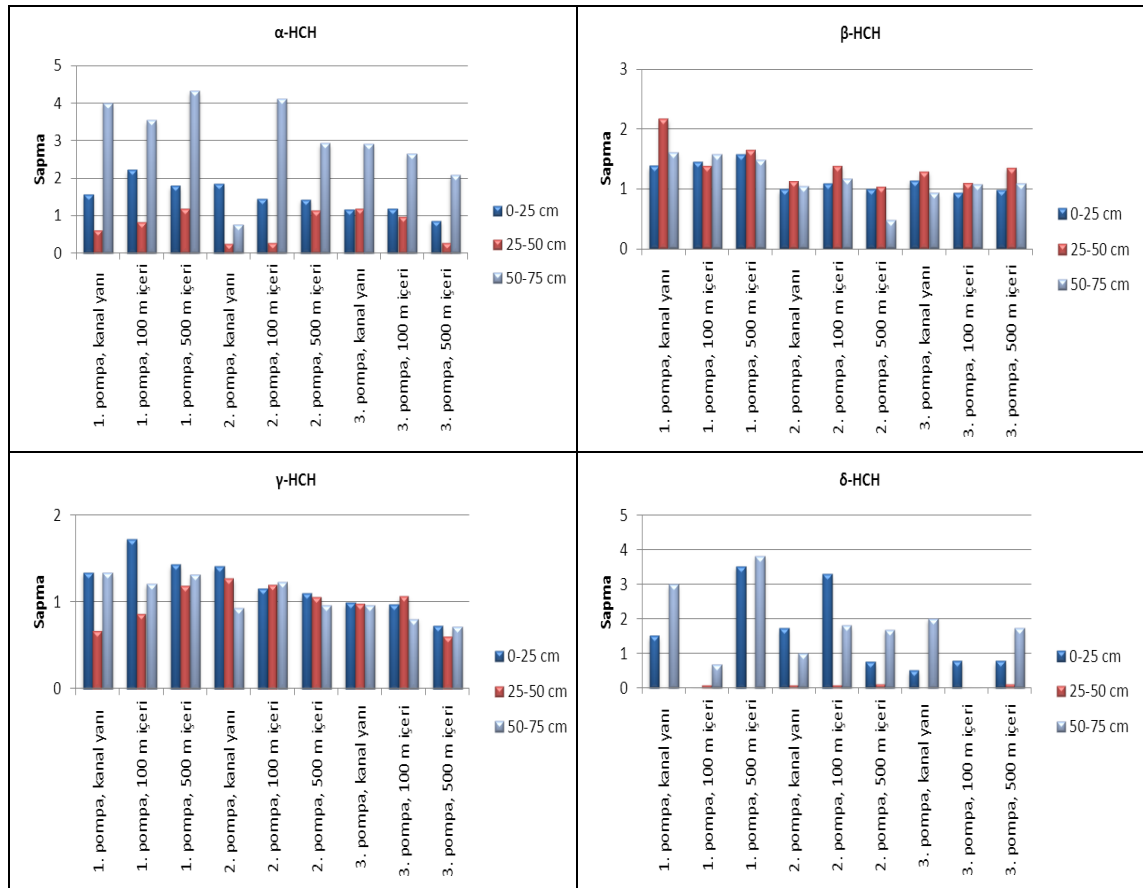
Şekil 4.12. Toprak numunelerinde tespit edilen methoxychlor bileşiğinin miktarları

Şekil 4.12’de toprak numunelerinde tespit edilen methoxychlor bileşiğinin miktarları verilmiştir. Referans toprak numunelerinden 0-25 cm derinlikten alınan numunede 0.66  $\mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde, 25-50 cm derinlikten alınan numunede 0.23  $\mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde, 50-75 cm derinlikten alınan numunede 0.22  $\mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde miktarında methoxychlor bileşiği tespit edilmiştir. Toprak numunelerinde methoxychlor miktarı 0.22- 1.99  $\mu\text{g}/\text{kg}$  kuru madde aralığında tespit edilmiştir. En yüksek miktar 1. pompa 500 m içeri, 0-25 cm derinlikten alınan numunede tespit edilmiştir. 0-25 cm derinlikten alınan referans numune ve 0-25 cm derinlikten alınan toprak numunelerinde tespit edilen methoxychlor miktarı karşılaştırıldığında, 1. pompa 500 m içeri ve 2. pompa 100 m içeriden alınan numunelerde tespit edilen değerler referans değerden yüksek çıkmıştır. 25-50 cm derinlik için tespit edilen referans değer ve 25-50 cm derinlikten

alınan toprak numunelerinde tespit edilen değerler karşılaştırıldığında, 3. pompa kanal yanı ve 100 m içeriden alınan numuneler hariç diğer numunelerde tespit edilen değerler referans değerden yüksek çıkmıştır. 50-75 cm derinlikten alınan referans toprak ve toprak örnekleri karşılaştırıldığında, 2. pompa kanal yanından numune hariç diğer numuneler de tespit edilen değerler referans değerden yüksek çıkmıştır.

#### 4.4.1.1. Referans değer bazında sahaların OCP sapma değerleri

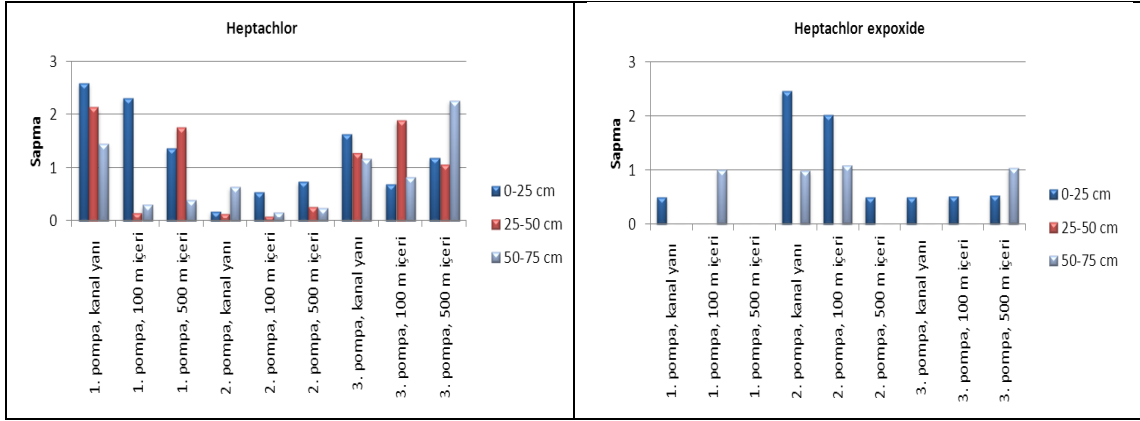
Şekil 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18, 4.19, 4.20’de OCP bileşiklerinin TKKNKSDY (2010) EK-9’a göre hesaplanan sapma değerlerinin grafiksel gösterimi verilmiştir.



Şekil 4.13. Toprak numunelerinde tespit edilen HCH bileşiklerinin sapma değerleri

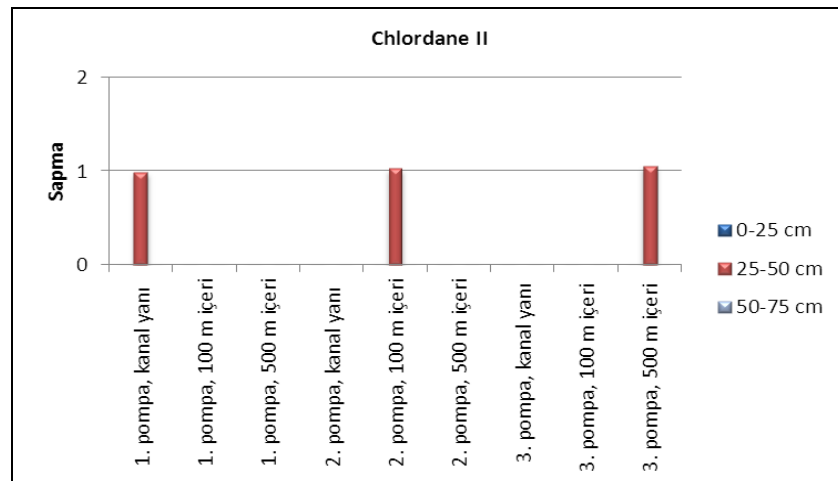
Yönetmeliğe göre sahanın sapma değerinin 1’den küçük veya eşit olduğu durumlarda Takip Gerektirmeyen Saha, 1 ile 25 arasında olduğu durumlarda İkinci Aşama Değerlendirme Sürecine Tabi Takip Gerektiren Saha, 25’ten büyük olduğu durumlarda Bakanlıkça Belirlenen Süreç Uyarınca Temizlenmesi Gereken Kirlenmiş

Saha olarak değerlendirilir. Şekil 4.13. incelendiğinde  $\alpha$ -HCH bileşiği için sapma değerleri 1. pompa kanal yanı, 0-25, 50-75 cm derinliklerden, 1. pompa 100 m içeri, 0-25, 50-75 cm derinliklerden, 1. pompa 500 m içeri, 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerden, 2. pompa kanal yanı, 0-25 cm derinlikten, 2. pompa 100 m içeri, 0-25, 50-75 cm derinliklerden, 2. pompa 500 m içeri, 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerden, 3. pompa kanal yanı, 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerden, 3. pompa, 100 m içeri, 0-25, 50-75 cm derinliklerden, 3. pompa 500 m içeri, 50-75 cm derinlikten alınan numunelerde 1'den büyük tespit edilmiştir ve bu sahalar İkinci Aşama Değerlendirme Sürecine Tabi Takip Gerektiren Saha olarak belirlenmiştir.  $\beta$ -HCH bileşiği için 1. pompa kanal yanı, 100 m ve 500 m içeri, 0-25, 25-50, 50-75 cm derinlikten, 2. pompa kanal yanı, 25-50, 50-75 cm derinlikten, 2. pompa 100 m içeri, 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerden, 2. pompa 500 m içeri, 25-50 cm derinlikten, 3. pompa kanal yanı, 0-25, 25-50 cm derinliklerden, 3. pompa 100 m ve 500 m içeri, 25-50, 50-75 cm derinliklerden alınan numuneler de hesaplanan sapma değeri 1'den büyük bulunmuştur ve bu sahalar İkinci Aşama Değerlendirme Sürecine Tabi Takip Gerektiren Saha olarak belirlenmiştir.  $\gamma$ -HCH bileşiği için 1. pompa kanal yanı ve 100 m içeri, 0-25, 50-75 cm derinliklerden, 1. pompa 500 m içeri, 0-25, 25-50, 50-75 cm derinlikten, 2. pompa kanal yanı, 0-25, 50-75 cm derinlikten, 2. pompa 100 m ve 500 m içeri, 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerden, 3. pompa 100 m içeri, 25-50 cm derinlikten alınan numunelerde hesaplanan sapma değerleri 1'den büyük tespit edilmiştir ve bu sahalar İkinci Aşama Değerlendirme Sürecine Tabi Takip Gerektiren Saha olarak belirlenmiştir.  $\delta$ -HCH bileşiği için 1. pompa kanal yanı, 0-25, 50-75 cm derinliklerden, 1. pompa 500 m içeri, 0-25, 50-75 cm derinliklerden, 2. pompa kanal yanı, 0-25 cm derinlikten, 2. pompa 100 m içeri, 0-25, 50-75 cm derinliklerden, 2. pompa 500 m içeri, 50-75 cm derinlikten, 3. pompa kanal yanı ve 500 m içeri, 50-75 cm derinlikten alınan numunelerde sapma değeri 1'den büyük bulunmuştur ve bu sahalar İkinci Aşama Değerlendirme Sürecine Tabi Takip Gerektiren Saha olarak belirlenmiştir.



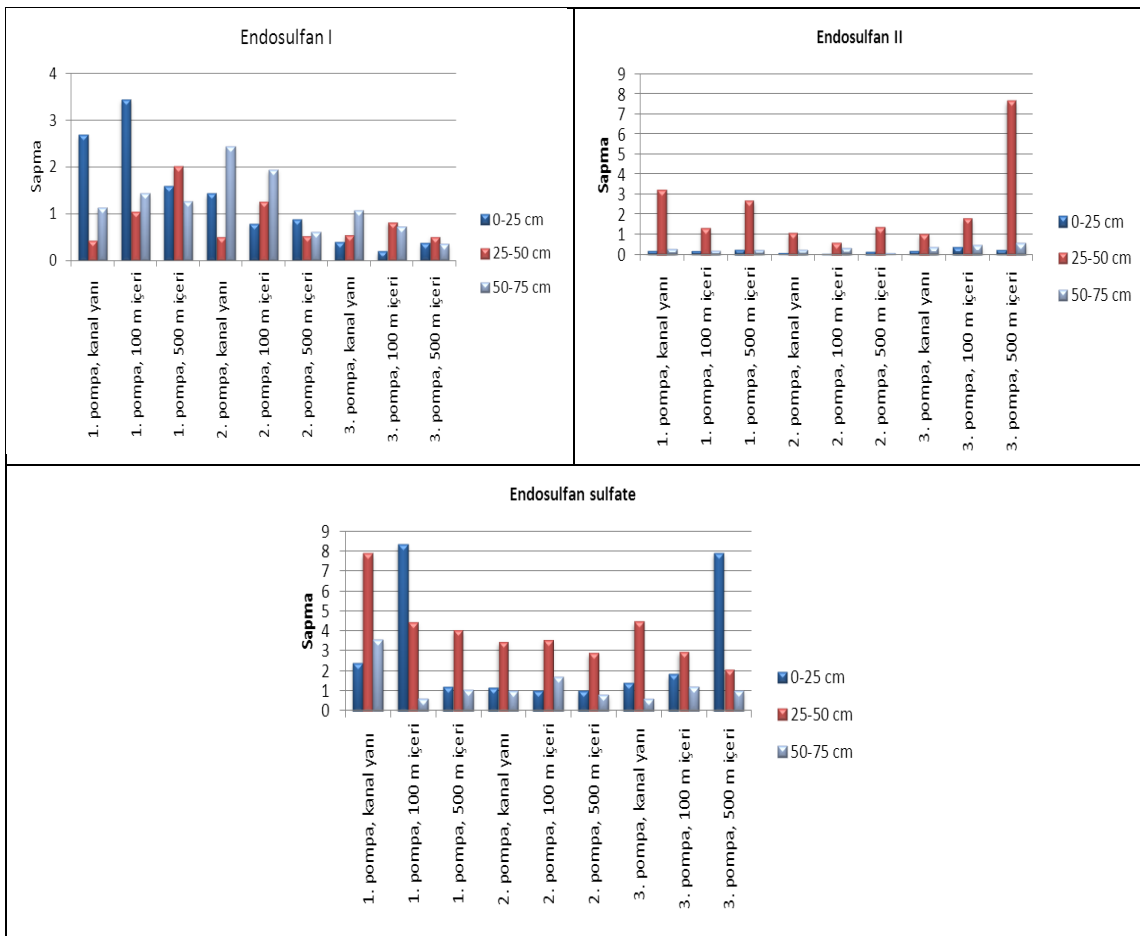
Şekil 4.14. Toprak numunelerinde tespit edilen heptachlor, heptachlor expoxide bileşiklerinin sapma değerleri

Şekil 4.14. incelendiğinde heptachlor bileşiği için 1. pompa kanal yanı, 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerden, 1. pompa 100 m içeri, 0-25 cm derinlikten, 1. pompa 500 m içeri, 0-25, 25-50 cm derinliklerden, 3. pompa kanal yanı, 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerden, 3. pompa 100 m içeri, 25-50 cm derinlikten, 3. pompa 500 m içeri, 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerden alınan numunelerde sapma değerinin 1'den büyük olduğu görülmektedir. Bu sahalarda İkinci Aşama Değerlendirme Sürecine Tabi Takip Gerektiren Saha olarak belirlenmiştir. Heptachlor expoxide bileşiği 25-50 cm derinlikten alınan referans toprakta tespit edilmemiştir ve bu yüzden 25-50 cm derinliklerden alınan numunelerde sapma değeri tespit edilememiştir. 1. pompa 100 m içeri, 50-75 cm derinlikten, 2. pompa kanal yanı 0-25 cm derinlikten, 2. pompa 100 m içeri, 0-25 ve 50-75 cm derinliklerden, 3. Pompa 500 m içeri, 50-75 cm derinlikten alınan numunelerde sapma değeri 1'den büyük tespit edilmiştir bu sahalarda İkinci Aşama Değerlendirme Sürecine Tabi Takip Gerektiren Saha olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.15. Toprak numunelerinde tespit edilen chlordane II bileşiğinin sapma değerleri

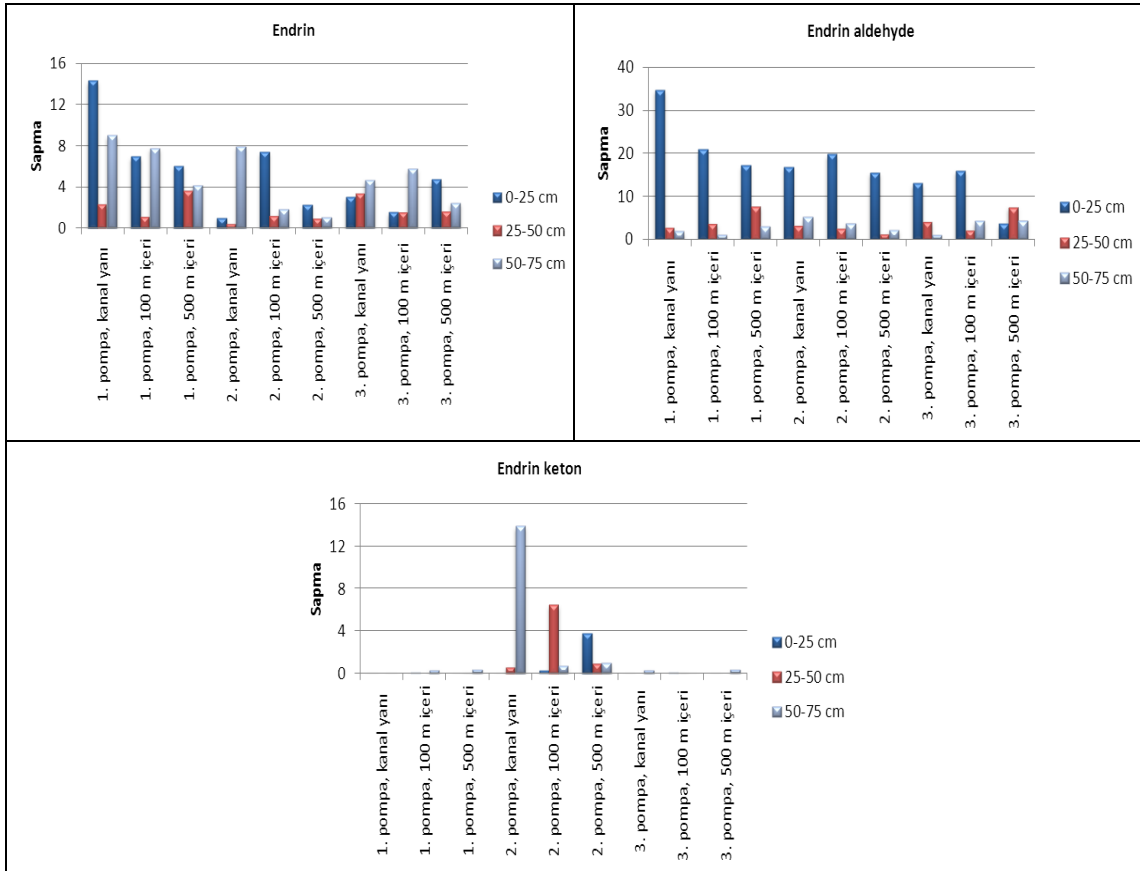
Chlordane II bileşiği 0-25 ve 50-75 cm derinlikten alınan referans toprak numunelerinde tespit edilmemiştir ve 0-25 ve 50-75 cm derinlikten alınan numunelerde sapma değeri hesaplanamamıştır. Şekil 4.15. incelendiğinde 25-50 cm derinlikten alınan numunelerden 2. pompa 100 m içeriden ve 3. pompa 500 m içeriden alınan numunelerde sapma değeri 1'i çok az aştığı görülmektedir ve bu sahalar İkinci Aşama Değerlendirme Sürecine Tabi Takip Gerektiren Saha olarak belirlenmiştir. Chlordane I bileşiği referans toprak numunelerinde tespit edilmediği için, sapma değerleri hesaplanamamıştır.



Şekil 4.16. Toprak numunelerinde tespit edilen endosulfan I, endosulfan II, endosulfan sulfat bileşiklerinin sapma değerleri

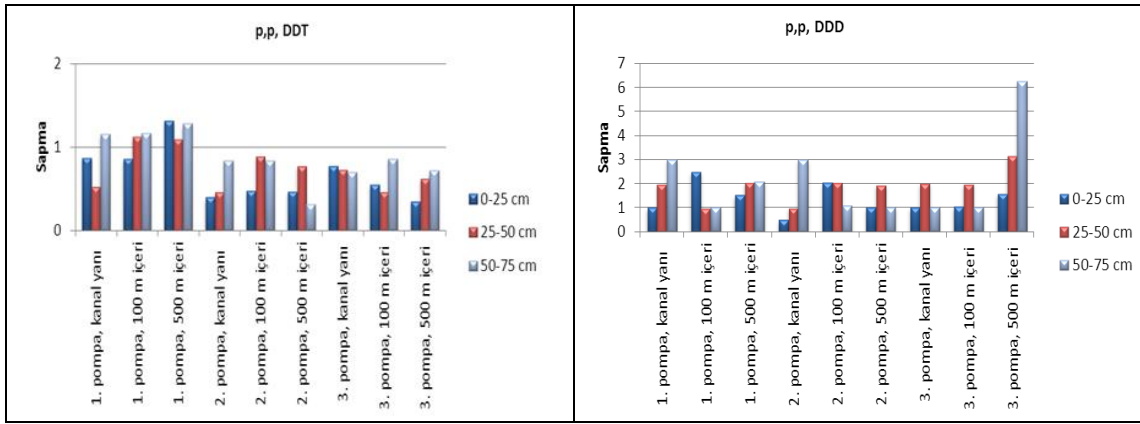
Şekil 4.16. incelendiğinde endosulfan I bileşiği için hesaplanan sapma değerleri 1. pompa kanal yanı, 0-25 ve 50-75 cm derinliklerden, 1. pompa 100 ve 500 m içeri, 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerden, 2. pompa kanal yanı, 0-25 ve 50-75 cm derinliklerden, 2. Pompa 100 m içeri, 25-50 ve 50-75 cm derinliklerden alınan

numunelerde 1'den büyük olduğu görülmektedir. Bu sahalarda İkinci Aşama Değerlendirme Sürecine Tabi Takip Gerektiren Saha olarak belirlenmiştir. Endosulfan II bileşiği için hesaplanan değerleri 0-25 cm ve 50-75 cm derinliklerden alınan bütün numunelerde ve 2. Pompa 100 m içeri, 25-50 cm derinlikten alınan numunede 1'den küçük, diğer numunelerde 1'den büyük tespit edilmiş ve bu sahalarda İkinci Aşama Değerlendirme Sürecine Tabi Takip Gerektiren Saha olarak belirlenmiştir. Endosulfan sulfat bileşiği için hesaplanan sapma değerleri 1. pompa kanal yanı, 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerden, 1. pompa 100 m içeri, 0-25, 25-50 cm derinliklerden, 1. pompa 500 m içeri, 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerden, 2. pompa kanal yanı, 0-25, 25-50 cm derinliklerden, 2. pompa 100 m içeri, 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerden, 2. pompa 500 m içeri, 25-50 cm derinlikten, 3. pompa kanal yanı, 0-25, 25-50 cm derinliklerden, 3. pompa 100 ve 500 m içeri, 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerden alınan numunelerde 1'den büyük bulunmuş ve bu sahalarda İkinci Aşama Değerlendirme Sürecine Tabi Takip Gerektiren Saha olarak belirlenmiştir.



**Şekil 4.17.** Toprak numunelerinde tespit edilen endrin, endrin aldehyde, endrin keton bileşiklerinin sapma değerleri

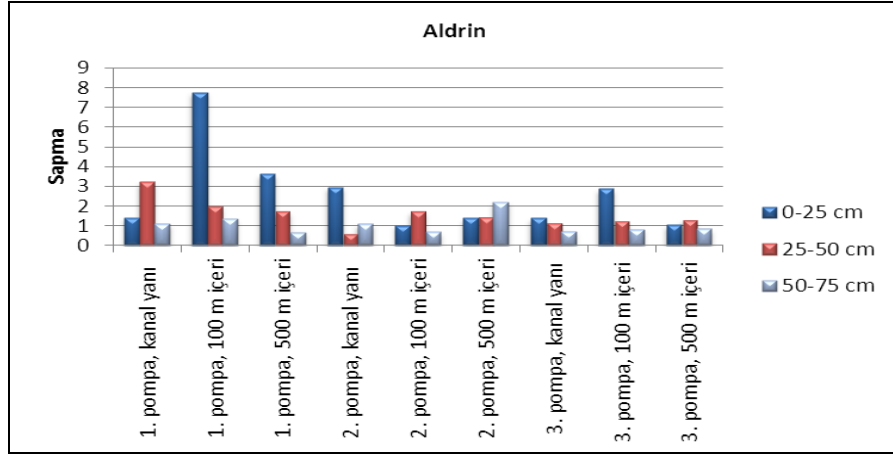
Şekil 4.17. incelendiğinde endrin bileşiği için 1. pompa kanal yanı, 100 ve 500 m içeri, 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerden, 2. pompa kanal yanı, 50-75 cm derinlikten, 2. pompa 100 m içeri, 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerden, 2. pompa 500 m içeri, 0-25, 50-75 cm derinliklerden, 3. pompa kanal yanı, 100 ve 500 m içeri, 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerden alınan numunelerde hesaplanan sapma değerleri 1'den büyük bulunmuştur ve bu sahalarda İkinci Aşama Değerlendirme Sürecine Tabi Takip Gerektiren Saha olarak belirlenmiştir. Endrin aldehyde bileşiği için 1. pompa kanal yanı, 0-25 cm derinlikten alınan numunede, sapma değeri 25'ten büyük tespit edilmiştir ve bu saha Temizlenmesi Gereken Kirilenmiş Saha olarak değerlendirilmiştir, 3. pompa kanal yanı, 50-75 cm derinlikten alınan numunede sapma değeri 1 olarak hesaplanmış diğer numunelerde 1'den büyük hesaplanmıştır ve bu sahalarda İkinci Aşama Değerlendirme Sürecine Tabi Takip Gerektiren Saha olarak belirlenmiştir. Endrin keton bileşiği için sapma değerleri 2. pompa kanal yanı, 50-75 cm derinlikten alınan, 2. Pompa 100 m içeri, 25-50 cm derinlikten alınan, 2.pompa 500 m içeri, 0-25 ve 50-75 cm derinliklerden alınan numunelerde 1'den büyük tespit edilmiştir ve bu sahalarda İkinci Aşama Değerlendirme Sürecine Tabi Takip Gerektiren Saha olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.18. Toprak numunelerinde tespit edilen p,p, DDT, p,p, DDD bileşiklerinin sapma değerleri

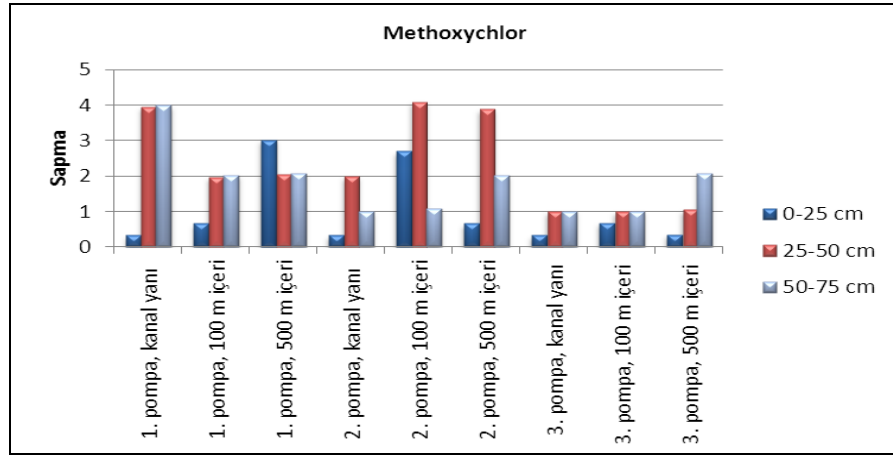
Şekil 4.18. incelendiğinde p,p, DDT bileşiği için sapma değerleri 1. pompa kanal yanı, 50-75 cm derinlikten, 1. pompa 100 m içeri, 25-50 ve 50-75 cm derinliklerden, 1. pompa 500 m içeri, 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerden alınan numunelerde 1'den büyük bulunmuştur ve bu sahalarda İkinci Aşama Değerlendirme Sürecine Tabi Takip Gerektiren Saha olarak belirlenmiştir. p,p,DDD bileşiği için 1. pompa kanal yanı ve 500 m içeri, 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerden, 1. pompa 100 m içeri, 0-25, 50-75 cm derinliklerden, 2. pompa kanal yanı, 50-75 cm derinlikten, 2. pompa 100 m içeri, 0-25,

25-50, 50-75 cm derinliklerden, 2. pompa 500 m içeri, 25-50, 50-75 cm derinliklerden, 3. pompa kanal yanı, 25-50 cm derinlikten, 3. pompa 100 m ve 500 m içeri, 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerden alınan numunelerde sapma değeri 1'den büyük tespit edilmiştir ve bu sahalarda İkinci Aşama Değerlendirme Sürecine Tabi Takip Gerektiren Saha olarak belirlenmiştir. p,p, DDE-dioldrin referans toprak numunelerinde tespit edilmediği için sapma değerleri hesaplanamamıştır.



Şekil 4.19. Toprak numunelerinde tespit edilen aldrin bileşiğinin sapma değerleri

Şekil 4.19. incelendiğinde aldrin bileşiği için 1. pompa kanal yanı, 100 m ve 500 m içeri, 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerden, 2. pompa kanal yanı, 0-25, 50-75 cm derinliklerden, 2. pompa 100 m içeri, 0-25, 25-50 cm derinliklerden, 3. pompa 500 m içeri, 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerden, 3. pompa kanal yanı, 100 m ve 500 m içeri, 0-25, 25-50 cm derinliklerden alınan numunelerde sapma değeri 1'den büyük tespit edildiği görülmektedir ve bu sahalarda İkinci Aşama Değerlendirme Sürecine Tabi Takip Gerektiren Saha olarak belirlenmiştir.



**Şekil 4.20.** Toprak numunelerinde tespit edilen metoxychlor bileşiğinin sapma değerleri

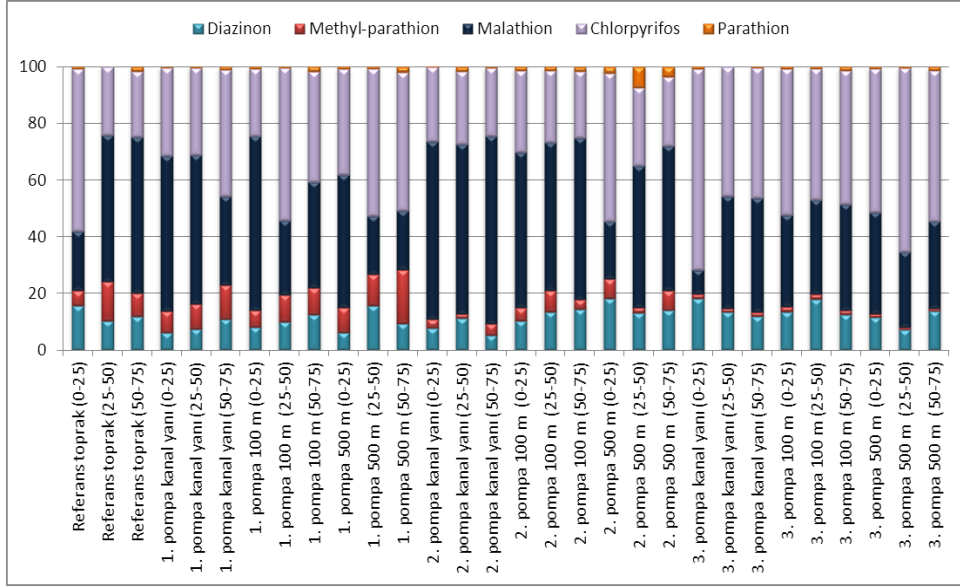
Şekil 4.20. incelendiğinde methoxychlor bileşiği için 1. pompa kanal yanı ve 100 m içeri, 25-50, 50-75 cm derinliklerden, 1. pompa 500 m içeri, 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerden, 2. pompa kanal yanı 25-50 cm derinliklerden, 2. pompa 100 m içeri, 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerden, 2. pompa 500 m içeri, 25-50, 50-75 cm derinliklerden, 3. Pompa 100 m içeri, 50-75 cm derinlikten, 3. Pompa 500 m içeri, 25-50, 50-75 cm derinliklerden alınan numunelerde sapma değeri 1'den büyük tespit edildiği görülmektedir ve bu sahalarda İkinci Aşama Değerlendirme Sürecine Tabi Takip Gerektiren Saha olarak belirlenmiştir.

#### 4.4.2. Toprak numunelerinde tespit edilen OPP miktarları

Toprak numunelerinde tespit edilen OPP bileşiklerinin miktarları Çizelge 4.13. ve % dağılımları Şekil 4.21'de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Toprak numunelerinde tespit edilen OPP miktarları (µg/kg)

	diazinon	methyl-parathion	malathion	chlorpyrifos	parathion
1. pompa kanal yanı (0-25)	24.20	30.80	222.22	125.41	1.32
1. pompa kanal yanı(25-50)	17.81	22.26	129.09	75.67	1.11
1. pompa kanal yanı(50-75)	17.96	20.20	51.63	74.07	2.02
1. pompa 100m (0-25)	23.93	17.40	180.53	69.60	2.18
1. pompa 100m (25-50)	13.40	13.40	35.75	73.73	0.67
1. pompa 100m (50-75)	18.15	13.61	54.45	56.72	2.72
1. pompa 500m (0-25)	15.44	22.06	116.91	92.64	2.21
1. pompa 500m (25-50)	23.01	16.11	29.92	75.94	0.92
1. pompa 500m (50-75)	11.70	23.40	25.74	60.83	2.34
2. pompa kanal yanı (0-25)	10.79	4.32	88.51	36.70	0.22
2. pompa kanal yanı (25-50)	15.69	2.24	82.94	35.87	2.24
2. pompa kanal yanı (50-75)	11.15	8.92	140.52	51.30	0.89
2. pompa 100m (0-25)	19.96	8.87	106.44	55.44	2.88
2. pompa 100m (25-50)	20.76	11.53	80.73	39.21	2.31
2. pompa 100m (50-75)	21.85	5.34	87.40	36.42	2.43
2. pompa 500m (0-25)	17.47	6.55	19.66	50.24	2.18
2. pompa 500m (25-50)	15.31	2.41	59.06	32.81	8.75
2. pompa 500m (50-75)	18.15	9.07	65.79	31.76	4.54
Referans toprak (0-25)	13.12	4.37	17.49	48.11	0.66
Referans toprak (25-50)	13.50	18.01	67.52	31.51	0.00
Referans toprak (50-75)	15.71	11.22	74.06	31.42	2.24
3. pompa kanal yanı (0-25)	18.65	1.75	8.77	72.61	0.88
3. pompa kanal yanı (25-50)	15.98	1.80	47.25	54.91	0.00
3. pompa kanal yanı (50-75)	15.09	1.80	50.91	58.35	0.45
3. pompa 100m (0-25)	11.24	1.57	27.21	43.62	0.67
3. pompa 100m (25-50)	18.18	1.80	34.12	47.14	0.67
3. pompa 100m (50-75)	12.30	1.59	36.89	46.90	1.37
3. pompa 500m (0-25)	12.12	1.37	37.73	53.50	0.69
3. pompa 500m (25-50)	11.82	1.18	43.75	106.41	0.95
3. pompa 500m (50-75)	18.88	1.40	42.66	73.90	1.87



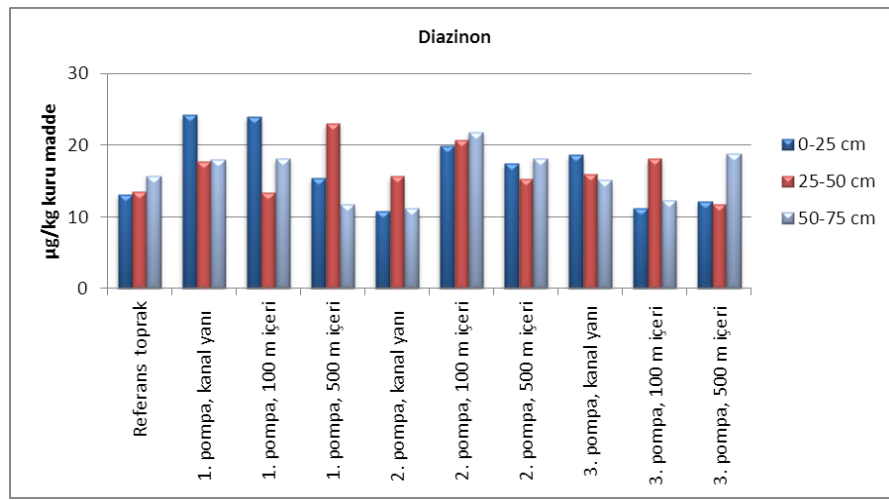
Şekil 4.21. Toprak örneklerinde tespit edilen OPP bileşiklerinin % dağılımları

Çizelge 4.13. ve Şekil 4.21. incelendiğinde referans toprak numunelerinde ve toprak numunelerinde chlorpyrifos ve malathion bileşiklerinin baskın olarak tespit edildiği, diazinon, methyl-parathion ve parathion bileşiklerinin daha az miktarlarda tespit edildiği görülmektedir.

OCP'lerin kullanımı yasaklandıktan sonra OPP'ler, kullanımı en yaygın olan pestisitler olmuştur. Çalışma da incelenen fosforlu pestisit bileşiklerinden methyl-parathion, malathion ve diazinon bitki koruma ürünü aktif maddelerinin imalatı ve ithalatı Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü tarafından 31.08.2009 tarihi itibariyle yasaklanmıştır fakat bu bileşiklerin son kullanma tarihine kadar kullanılmasına izin verilmiştir. Parathion bileşiğinin de bir çok ülkede kullanımı kısıtlanmış veya yasaklanmıştır. Chlorpyrifos EPA'ya göre en yaygın kullanılan insektisitlerden bir tanesidir. ABD'nde evlerde kullanımı 2001 yılında yasaklanmıştır.

Methyl-parathion ve malathion bileşiklerinin tespit edilen miktarlarında kanal boyunca ilerledikçe azalma gözlenmiştir. Diazinon bileşiği miktarının 3. pompa kanal yanından alınan numunede derinlik arttıkça azaldığı, referans toprakta ve 2. pompa 100 m içeriden alınan numunelerde derinlik arttıkça arttığı gözlenmiştir. Methyl-parathion bileşiği miktarının 1. pompa kanal yanından alınan numunede derinlik arttıkça azaldığı gözlenmiştir. Malathion bileşiği miktarının 1. pompa kanal yanı ve 500 m içeriden alınan numunelerde derinlik arttıkça azaldığı, referans topraktan, 2. pompa 500 m içeriden, 3. pompa kanal yanı ve 100 m içeriden alınan numunelerde derinlik arttıkça

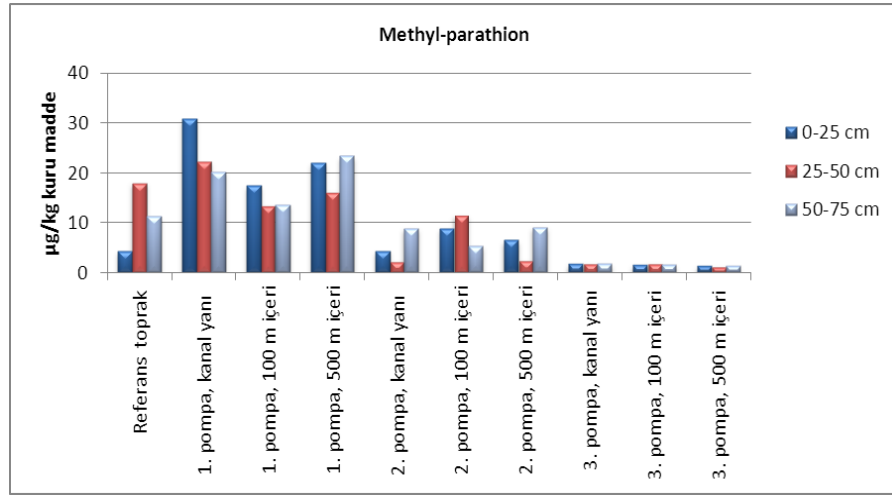
arttığı gözlenmiştir. Chlorpyrifos bileşiği miktarının referans topraktan, 1. pompa kanal yanı ve 500 m içeriden, 2. pompa 100 m ve 500 m içeriden alınan numunelerde derinlik arttıkça azaldığı gözlenmiştir. Parathion bileşiği miktarının 3. pompa 100 m ve 500 m içeriden alınan numunelerde derinlik arttıkça arttığı gözlenmiştir. Genel olarak tayin edilen OPP miktarları ile farklı toprak derinlikleri arasında liner bir artış veya azalma tespit edilmemiştir. Numunelerin organik madde yüzdesi, pH değeri, kil yüzdeleri ile tespit edilen OPP bileşikleri arasında liner bir ilişki gözlenmemiştir. Şekil 4.22, 4.23, 4.24, 4.25, 4.26'te toprak numunelerinde tespit edilen OPP bileşiklerinin grafiksel gösterimi verilmiştir.



Şekil 4.22. Toprak numunelerinde tespit edilen diazinon bileşiğinin miktarı

Şekil 4.22. incelendiğinde referans toprak numunelerinde diazinon miktarının, 0-25 cm derinlikten alınan numunede 13.12 µg/kg kuru madde, 25-50 cm derinlikten alınan numunede 13.50 µg/kg kuru madde, 50-75 cm derinlikten alınan numunede 15.71 µg/kg kuru madde olarak tespit edildiği, toprak numunelerinde ise en düşük miktar 2. pompa kanal yanı, 25-50 cm derinlikten alınan numunede 10.79 µg/kg kuru madde olarak, en yüksek miktar ise 1. pompa kanal yanı 0-25 cm derinlikten alınan numunede 24.20 µg/kg kuru madde olarak tespit edildiği görülmektedir. Sonuçlar referans değerlerle karşılaştırıldığında, 0-25 cm derinlikten alınan numunelerden 2. pompa kanal yanından, 3. pompa 100 m içeriden, 3. pompa 500 m içeriden alınan numunelerde referans değerden daha düşük miktarda, diğer numunelerde referans değerinden daha yüksek miktarda diazinon tespit edilmiştir. 25-50 cm derinlikten alınan numunelerde 1. pompa 100 m içeriden, 3. pompa 500 m içeriden alınan numunelerde

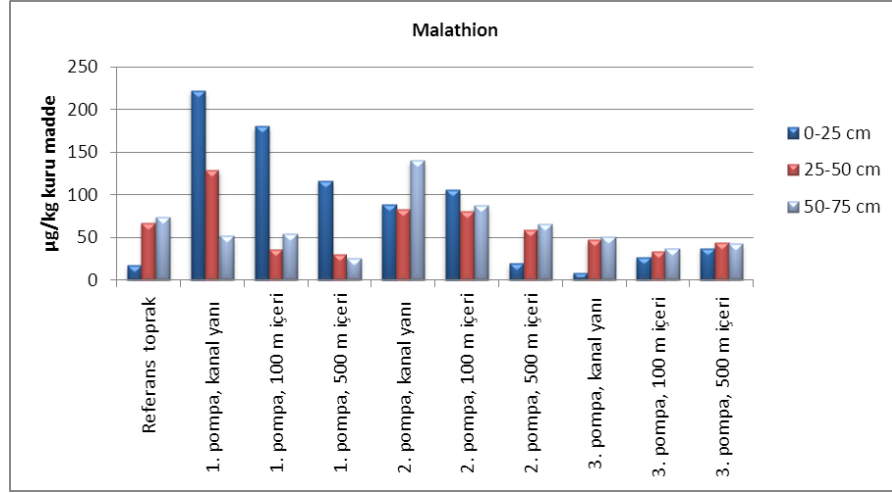
referans değerden daha düşük miktarda, diğer numunelerde referans değerden daha yüksek miktarda diazinon tespit edilmiştir. 50-75 cm derinlikten alınan numunelerden 1. pompa 500 m içeriden, 2. pompa kanal yanından, 3. pompa kanal yanından, 3. pompa 100 m içeriden alınan numunelerde referans değerden daha düşük miktarda, diğer numunelerde referans değerden daha yüksek miktarda diazinon tespit edilmiştir.



Şekil 4.23. Toprak numunelerinde tespit edilen methyl-parathion bileşiğinin miktarı

Şekil 4.23'te Toprak numunelerinde tespit edilen methyl-parathion bileşiğinin miktarları verilmiştir. Şekil incelendiğinde, referans toprak numunelerinde methyl-parathion miktarı, 0-25 cm derinlikten alınan numunede 4.37 µg/kg kuru madde, 25-50 cm derinlikten alınan numunede 18.01 µg/kg kuru madde, 50-75 cm derinlikten alınan numunede 11.22 µg/kg kuru madde olarak tespit edildiği, toprak numunelerinde ise en düşük miktarda 3. pompa 500 m, 25-50 cm derinlikten alınan numunede 1.18 µg/kg kuru madde olarak, en yüksek miktarda ise 1. pompa kanal yanı 0-25 cm derinlikten alınan numunede 30.80 µg/kg kuru madde olarak tespit edildiği görülmektedir. Sonuçlar referans değerlerle karşılaştırıldığında, 0-25 cm derinlikten alınan numunelerden 2. pompa kanal yanından, 3. pompa kanal yanı, 100 m ve 500 m içeriden alınan numunelerde tespit edilen methyl-parathion miktarı referans değerden daha düşük miktarda, diğer numunelerde tespit edilen değerler referans değerden daha yüksek miktarda tespit edilmiştir. 25-50 cm derinlikten alınan numunelerden 1. pompa 100 m ve 500 m içeriden alınan numunelerde, 2. pompa kanal yanı, 100 m ve 500 m içeriden alınan numunelerde, 3. pompa kanal yanı, 100 m ve 500 m içeriden alınan numunelerde referans değerden daha düşük miktarda methyl-parathion tespit edilmiş, sadece 1.

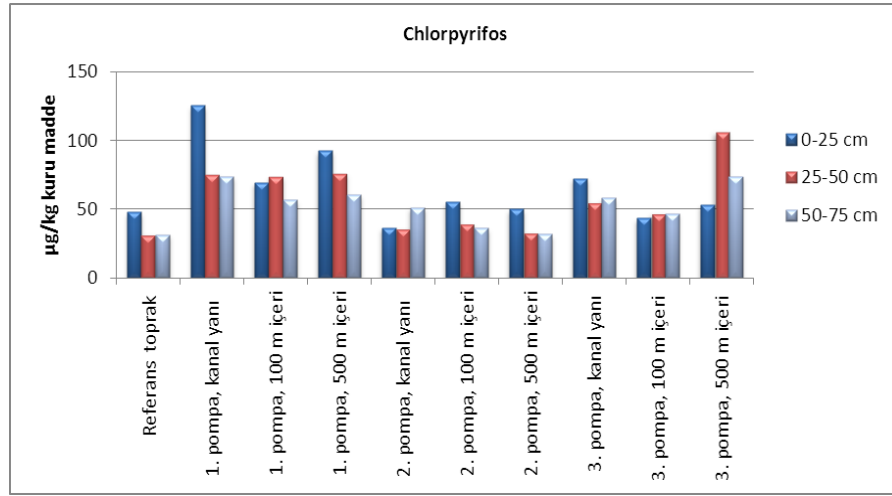
pompa kanal yanından alınan numunede tespit edilen değer referans değerden daha yüksek bulunmuştur. 50-75 cm derinlikten alınan numunelerden 2. pompa kanal yanı, 100 m ve 500 m içeriden, 3. pompa kanal yanı, 100 m ve 500 m içeriden alınan numunelerde referans değerden daha düşük miktarda methyl-parathion tespit edilmiş, 1. pompa kanal yanı, 100 m ve 500 m içeriden alınan numunelerde referans değerden daha yüksek miktarda methyl-parathion tespit edilmiştir.



Şekil 4.24. Toprak numunelerinde tespit edilen malathion bileşiğinin miktarı

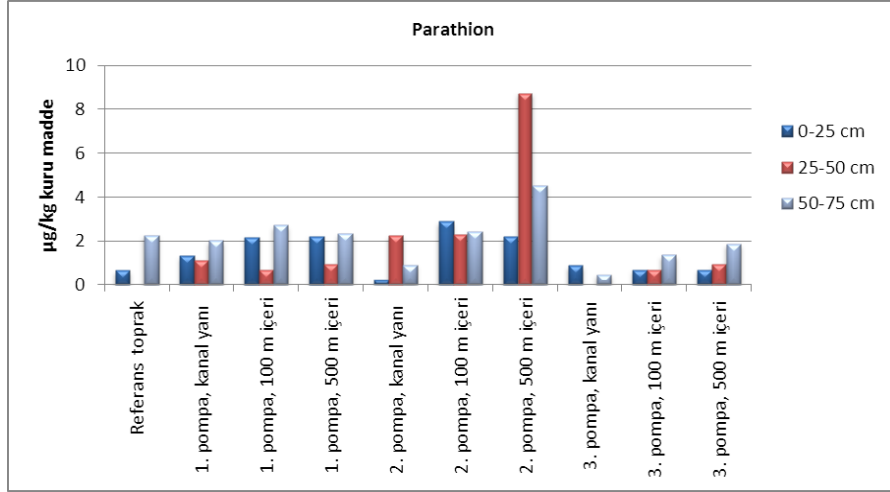
Şekil 4.24. incelendiği referans toprak numunelerinde malathion miktarının, 0-25 cm derinlikten alınan numunede 17.49 µg/kg kuru madde, 25-50 cm derinlikten alınan numunede 67.52 µg/kg kuru madde, 50-75 cm derinlikten alınan numunede 74.06 µg/kg kuru madde olarak tespit edildiği, toprak numunelerinde ise en düşük miktarda 3. pompa kanal yanı, 0-25 cm derinlikten alınan numunede 8.77 µg/kg kuru madde olarak, en yüksek miktarda ise 1. pompa kanal yanı 0-25 cm derinlikten alınan numunede 222.22 µg/kg kuru madde olarak tespit edildiği görülmektedir. Sonuçlar referans değerlerle karşılaştırıldığında, 0-25 cm derinlikten alınan numunelerden 3. pompa kanal yanından alınan numunede referans değerden daha düşük miktarda malathion tespit edilmiştir, diğer numunelerde referans değerden daha yüksek değerlerde malathion tespit edilmiştir. 25-50 cm derinlikten alınan numunelerden 1. pompa 100 m ve 500 m içeriden, 2. pompa 500 m içeriden, 3. pompa kanal yanı, 100 m ve 500 m içeriden alınan numunelerde referans değerden daha düşük miktarda malathion tespit edilmiştir, 1. pompa kanal yanından ve 2. pompa kanal yanı ve 100 m

içeriden alınan numunelerde ise referans değerden daha yüksek miktarda malathion tespit edilmiştir.



Şekil 4.25. Toprak numunelerinde tespit edilen chlorpyrifos bileşiğinin miktarı

Şekil 4.25'te toprak numunelerinde tespit edilen chlorpyrifos bileşiğinin miktarları verilmiştir. Referans toprak numunelerinde chlorpyrifos miktarı, 0-25 cm derinlikten alınan numunede 48.11 µg/kg kuru madde, 25-50 cm derinlikten alınan numunede 31.51 µg/kg kuru madde, 50-75 cm derinlikten alınan numunede 31.42 µg/kg kuru madde olarak tespit edilmiştir. Toprak numunelerinde ise en düşük miktar 2. pompa 500 m, 50-75 cm derinlikten alınan numunede 31.76 µg/kg kuru madde olarak, en yüksek miktar ise 1. pompa kanal yanı 0-25 cm derinlikten alınan numunede 125.41 µg/kg kuru madde olarak tespit edilmiştir. Sonuçlar referans değerlerle karşılaştırıldığında, 0-25 cm derinlikten alınan numunelerden 2. pompa kanal yanından, 3. pompa 100 m içeriden alınan numunelerde referans değerden daha düşük miktarda chlorpyrifos tespit edilmiştir. 25-50 cm ve 50-75 cm derinliklerden alınan numunelerden hepsinde referans değerden daha yüksek miktarda chlorpyrifos tespit edilmiştir.

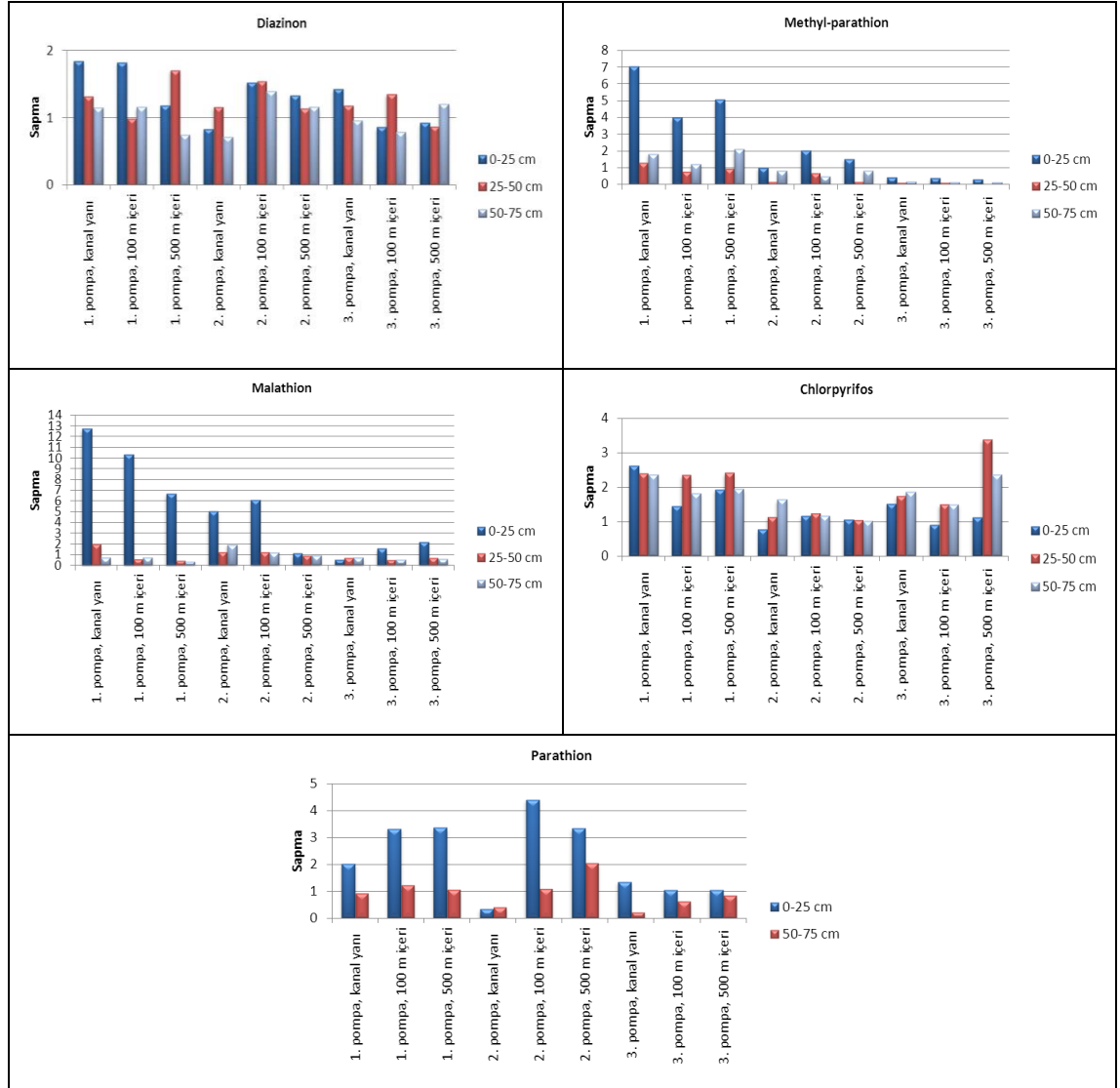


Şekil 4.26. Toprak numunelerinde tespit edilen parathion bileşiğinin miktarı

Şekil 4.26’da toprak numunelerinde tespit edilen parathion bileşiğinin miktarları verilmiştir. Referans toprak numunelerinde parathion miktarı, 0-25 cm derinlikten alınan numunede 0.66 µg/kg kuru madde, 50-75 cm derinlikten alınan numunede 2.24 µg/kg kuru madde olarak tespit edilmiştir. Referans toprak 25-50 cm derinlikten alınan numunede ve 3. pompa kanal yanı 25-50 cm derinlikten alınan numunede tespit edilmemiştir. Toprak numunelerinde 0-8.75 µg/kg kuru madde aralığında tespit edilmiştir. En yüksek değer 2. pompa 500 m, 25-50 cm derinlikten alınan numunede tespit edilmiştir. Sonuçlar referans değerlerle karşılaştırıldığında, 0-25 cm derinlikten alınan numunelerden 2. pompa kanal yanından alınan numunede tespit edilen parathion miktarı referans değerden daha düşük diğer numunelerde tespit edilen parathion miktarı referans değerden daha yüksek tespit edilmiştir. Referans toprak 25-50 cm derinliğinden alınan numunede parathion miktarı tespit edilmemiştir. Toprak numunelerinde ise sadece 3. pompa kanal 25-50 cm derinlikten alınan numunede tespit edilmemiş diğer numunelerde tespit edilmiştir. 50-75 cm derinlikten alınan numunelerden 1. pompa kanal yanından, 2. pompa kanal yanından, 3. Pompa kanal yanı, 100 m içeri ve 500 m içeriden alınan numunelerde referans değerden daha düşük miktarda parathion tespit edilmiştir, diğer numunelerde referans değerden daha yüksek miktarda parathion tespit edilmiştir.

#### 4.4.2.1. Referans değer bazında sahaların OPP sapma değerleri

Şekil 4.27.'de OPP bileşiklerinin TKKNKSDY (2010) EK-9'a göre hesaplanan sapma değerlerinin grafiksel gösterimi verilmiştir.



Şekil 4.27. Toprak numunelerinde tespit edilen OPP bileşiklerinin sapma değerleri

Şekil 4.27. incelendiğinde diazinon için 1. pompa kanal yanından alınan bütün numunelerde, 1. pompa 100 m içeri, 0-25 cm ve 50-75 cm derinliklerden alınan numunelerde, 1. pompa 500 m içeri, 0-25 cm ve 25-50 cm derinliklerden alınan numunelerde, 2. pompa kanal yanı 25-50 cm derinlikten alınan numunede, 2. pompa 100 m ve 500 m içeriden alınan bütün numunelerde, 3. pompa kanal yanı 0-25 cm ve 25-50 cm derinlikten alınan numunelerde, 3. pompa 100 m içeri, 25-50 cm derinlikten

alınan numunede, 3. pompa 500 m içeri 50-75 cm derinlikten alınan numunede sapma değerleri 1-2 arasında tespit edildiği görülmektedir ve bu sahalar İkinci Aşama Değerlendirme Sürecine Tabi Takip Gerektiren Saha olarak belirlenmiştir. Diğer numunelerde diazinon için sapma değerleri 1'in altında tespit edilmiştir. Methyl-parathion için 1. pompa kanal yanından alınan bütün numunelerde, 1. pompa 100 m içeri, 0-25 cm ve 50-75 cm derinliklerden alınan numunelerde, 1. pompa 500 m içeri, 0-25 cm ve 50-75 cm derinliklerden alınan numunelerde, 2. pompa 100 m içeri, 0-25 cm derinlikten alınan numunede, 2. pompa 500 m içeri, 0-25 cm derinlikten alınan numunelerde sapma değeri 1'i aşmış ve bu noktalar İkinci Aşama Değerlendirme Sürecine Tabi Takip Gerektiren Saha olarak değerlendirilmiştir. Diğer numunelerde methyl-parathion için sapma değerleri 1'in altında tespit edilmiştir. Malathion için sapma değerleri incelendiğine 1. Pompa kanal yanı, 0-25 cm ve 25-50 cm derinliklerden alınan numunelerde, 1. pompa 100 m içeri, 0-25 cm derinlikten alınan numunede, 1. pompa 500 m içeri, 0-25 cm derinlikten alınan numunede, 2. pompa kanal yanı ve 100 m içeriden alınan bütün numunelerde, 2. pompa 500 m içeri 0-25 cm içeriden alınan numunede, 3. pompa 100 m içeri, 0-25 cm derinlikten alınan numunede, 3. pompa 500 m içeri, 0-25 cm derinlikten alınan numunede sapma değerleri 1'i aşmış ve bu noktalar İkinci Aşama Değerlendirme Sürecine Tabi Takip Gerektiren Saha olarak değerlendirilmiştir. Diğer numunelerde malathion için sapma değerleri 1'in altında tespit edilmiştir. Sapma değerleri chlorpyrifos için değerlendirildiğinde 1. pompa kanal yanı, 100 m ve 500 m içeriden alınan bütün numunelerde, 2. pompa kanal yanı, 25-50 cm ve 50-75 cm derinliklerden alınan numunelerde, 2. pompa 100 m ve 500 m içeriden, 3. pompa kanal yanı ve 500 m içeriden alınan bütün numunelerde, 3. pompa 100 m içeri 25-50 cm ve 50-75 cm içeriden alınan numunelerde sapma değeri 1'i aşmış ve bu noktalar İkinci Aşama Değerlendirme Sürecine Tabi Takip Gerektiren Saha olarak değerlendirilmiştir. Diğer numunelerde chlorpyrifos için sapma değerleri 1'in altında tespit edilmiştir. Parathion referans toprakta 25-50 cm derinlikten alınan numunede tespit edilmediği için toprak numunelerinin 25-50 cm derinlikten alınan numunelerinde sapma değeri hesaplanmamıştır. 1. pompa 0-25 cm derinlikten alınan numunede, 1. pompa 100 m ve 500 m içeriden, 0-25 cm ve 50-75 cm derinlikten alınan numunelerde, 2. pompa 100 m ve 500 m içeriden, 0-25 cm ve 50-75 cm derinlikten alınan numunelerde, 3. pompa kanal yanı, 100 m ve 500 m içeri 0-25 cm derinliklerden alınan numunelerde sapma değeri 1'in üzerinde tespit edilmiştir ve bu noktalar İkinci Aşama

Değerlendirme Sürecine Tabi Takip Gerektiren Saha olarak değerlendirilmiştir. Diğer numunelerde parathion için sapma değerleri 1'in altında tespit edilmiştir.

#### 4.4.3. Toprak numunelerinde tespit edilen PCB miktarları

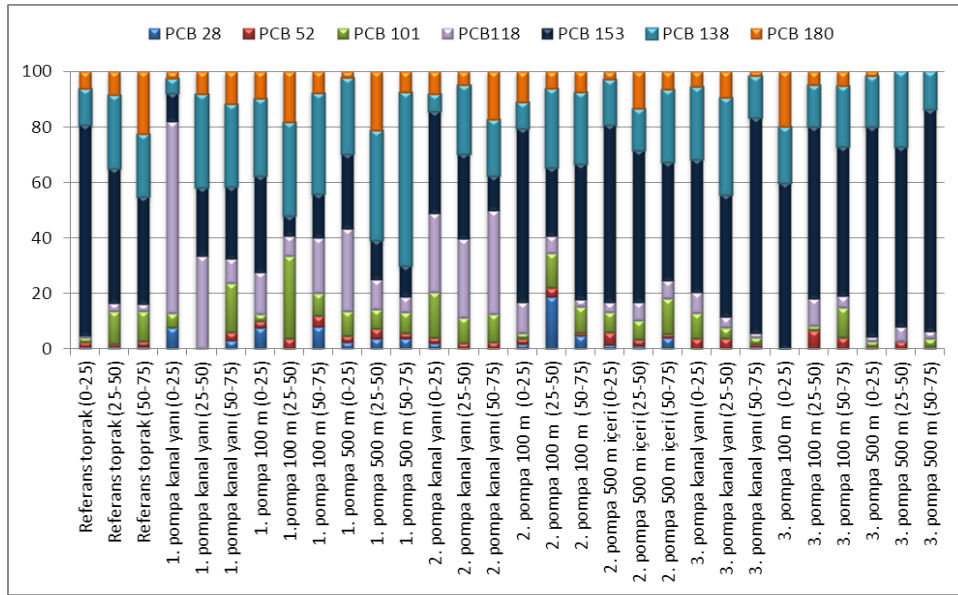
Toprak numunelerinde tespit edilen PCB bileşiklerinin miktarları çizelge 4.14. ve % dağılımları Şekil 4.28'de verilmiştir.

**Çizelge 4.14.** Toprak numunelerinde tespit edilen PCB bileşiklerinin miktarları ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

	PCB28	PCB52	PCB101	PCB118	PCB153	PCB138	PCB180
1. pompa kanal yanı (0-25)	0.66	0.00	0.44	5.94	0.88	0.44	0.22
1. pompa kanal yanı(25-50)	0.00	0.00	0.00	0.89	0.67	0.89	0.22
1. pompa kanal yanı(50-75)	0.22	0.22	1.35	0.67	2.02	2.24	0.90
1. pompa 100m (0-25)	0.65	0.22	0.22	1.31	3.05	2.39	0.87
1. pompa 100m (25-50)	0.00	0.22	1.79	0.45	0.45	2.01	1.12
1. pompa 100m (50-75)	0,45	0,23	0,45	1,13	0,91	2,04	0,45
1. pompa 500m (0-25)	0.22	0.22	0.88	2.87	2.65	2.65	0.22
1. pompa 500m (25-50)	0.23	0.23	0.46	0.69	0.92	2.53	1.38
1. pompa 500m (50-75)	0.47	0.23	0.94	0.70	1.40	7.72	0.94
2. pompa kanal yanı (0-25)	0.22	0.22	1.73	3.02	3.89	0.65	0.86
2. pompa kanal yanı (25-50)	0.00	0.45	2.02	6.28	6.72	5.38	1.12
2. pompa kanal yanı (50-75)	0.00	0.22	0.89	3.35	1.12	1.78	1.56
2. pompa 100m (0-25)	0.22	0.22	0.22	1.33	7.54	1.11	1.33
2. pompa 100m (25-50)	1.38	0.23	0.92	0.46	1.85	2.08	0.46
2. pompa 100m (50-75)	1.21	0.24	2.43	0.73	12.62	6.55	1.94
2. pompa 500m (0-25)	0.44	1.31	2.18	1.09	19.00	4.81	0.87
2. pompa 500m (25-50)	0.22	0.44	1.31	1.31	10.72	2.84	2.62
2. pompa 500m (50-75)	0.68	0.23	2.27	1.13	7.49	4.54	1.13
Referans toprak (0-25)	0.22	0.44	0.44	0.22	20.99	3.50	1.75
Referans toprak (25-50)	0.23	0.23	3.38	0.90	13.95	7.43	2.48
Referans toprak (50-75)	0.22	0.45	2.69	0.67	9.65	5.61	5.61
3. pompa kanal yanı (0-25)	0.00	0.44	1.10	0.88	5.70	3.07	0.66
3. pompa kanal yanı (25-50)	0.00	0.45	0.45	0.45	5.18	4.05	1.13

**Çizelge 4.14.** (devam) Toprak numunelerinde tespit edilen PCB bileşiklerinin miktarları ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

3. pompa kanal yanı (50-75)	0.23	0.23	0.68	0.45	21.40	4.05	0.45
3. pompa 100m (0-25)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.22	0.22
3. pompa 100m (25-50)	0.00	0.90	0.22	1.35	8.53	2.02	0.67
3. pompa 100m (50-75)	0.00	0.68	1.82	0.68	9.11	3.64	0.91
3. pompa 500m (0-25)	0.00	0.23	0.46	0.46	19.21	4.57	0.46
3. pompa 500m (25-50)	0.00	0.24	0.00	0.47	5.68	2.36	0.00
3. pompa 500m (50-75)	0.00	0.23	0.70	0.70	20.75	3.50	0.00

**Şekil 4.28.** Toprak örneklerinde tespit edilen PCB bileşiklerinin % dağılımları

Çizelge 4.14. ve Şekil 4.28. incelendiğinde PCB kongenerlerinden en yüksek kalıntı miktarı PCB 153, sonrasında ise PCB 138 kongenerleri için tespit edildiği görülmektedir. PCB 28 ve PCB 52 ise numunelerde düşük miktarlarda tespit edilmiştir.

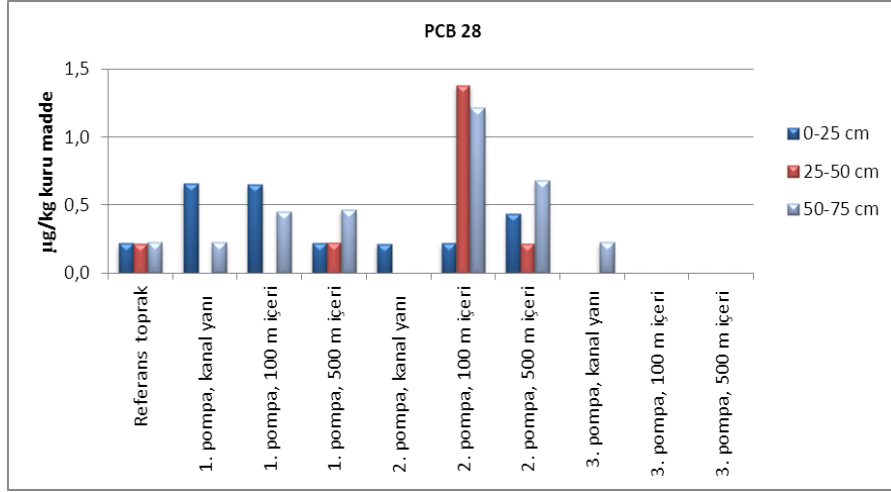
PCB bileşikleri transformatörler ve kondansatörler için soğutucu ve yalıtım sıvısı olarak, elektrik kablolarının ve elektronik ekipmanların esnek PVC kaplamalarında dengeleyici katkı maddesi olarak, pestisitlerin katkı maddesi, kesme yağlarında, alev geciktiricilerde, hidrolik sıvılarında, contalarda, yapıştırıcılarda, ağaç cilalarında, boyalarda, toz alma maddelerinde ve karbonsuz kopya kâğıtlarında kullanılmaktadır. PCBler, atık veya halen kullanılmakta olan ekipmanlardan doğaya sızılmaktadırlar. En önemli özellikleri doğada kolay bozunmadığından kalıcı olmalarıdır. Doğada en çok biriktiği toprak ve sedimentte yarılanma süreleri ortalama 57 yıldır.

PCB kongenerleri fiziko-kimyasal özellikleri, sebebiyle hava ve toprak ortamlarına nazaran su ortamında daha az bulunmakta, su içerisindeki organik kaynaklı AKM veya sedimentte birikmektedir. Bifenil yapısı üzerinde değişik yapıda klor atomu bağlanmasıyla meydana gelen PCB'lerin, bifenil üzerinde artan klor miktarı ile suda çözünürlükleri azalır, buhar basıncı düşer, toprak veya sedimentte birikme eğilimi artar.

PCB 28 ve PCB 52 kongenerlerinin incelenen diğer kongenerlerden daha düşük konsantrasyonlarda tespit edilmesi, bifenil köküne bağlı klor sayısının ve molekül ağırlığının artması ile açıklanmıştır. Bifenil üzerinde artan klor miktarı ile bileşiğin sudaki çözünürlüğü azalmakta, buhar basıncı düşmekte ve toprak ve/veya sedimentte birikme eğilimi artmaktadır. Diğer kongenerlere göre PCB 28 ve 52 kongenerlerinin kimyasal özelliklerinden dolayı atıksu ve toprak ortamından atmosfere taşınımının olabildiği ve bu nedenle toprak ve sedimentte birikiminin diğer kongenerlere nazaran daha düşük olduğu düşünülmüştür.

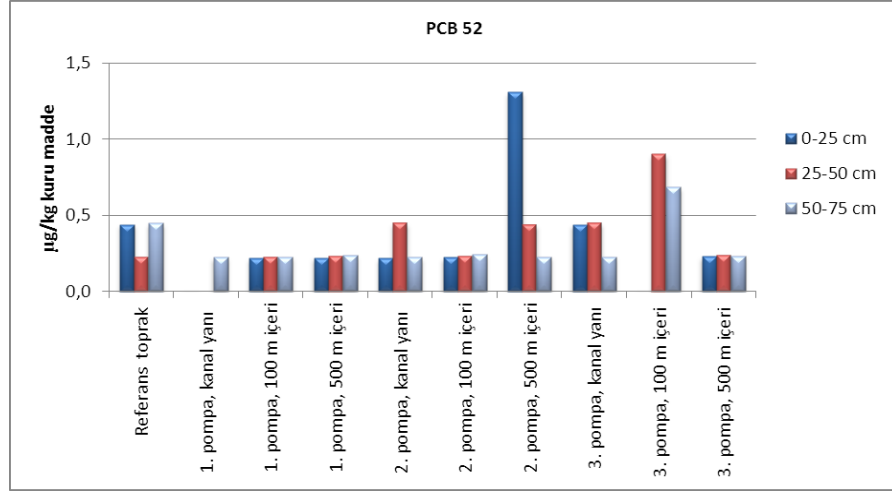
During ve ark., (2002) yaptıkları çalışmada, geleneksel yöntemlerle işlenmiş, az işlenmiş ve hiç işlenmemiş topraklardan, 0-3 cm, 3-10 cm, 10-25 cm derinliklerde toprak numuneleri olarak PCB'ler, bazı ağır metaller ve klorlu fenol kirleticilerinin derinlikle dağılımı ve bozunmalarını incelemişlerdir. PCB'ler topraktaki organik madde ile güçlü bir etkileşim göstermişlerdir, toprak organik madde miktarı arttıkça PCB'lerin miktarının da arttığını gözlenmişlerdir. Toprak derinliği arttıkça organik madde miktarının azaldığı, genel olarak derinlikle birlikte PCB miktarının da azaldığını gözlemişlerdir.

Numunelerde tespit edilen PCB kongenerlerinden PCB 153 kongeneri, 1. pompa civarından alınan numunelerde düşük miktarlarda tespit edilirken, 2. ve 3. pompa istasyonlarında tespit edilen miktarları artmıştır. Diğer kongenerlerin miktarlarında kanal boyunca ilerledikçe düzgün bir artış veya azalış tespit edilmemiştir. Farklı derinlikler, toprak organik maddesi, kil muhtevası, pH ve tespit edilen PCB kongenerlerinin miktarları arasında da düzgün bir ilişki tespit edilmemiştir. Şekil 4.29, 4.30, 4.31, 4.32, 4.33, 4.34, 4.35'te PCB kongenerlerinin miktarlarının grafiksel gösterimini vermiştir.



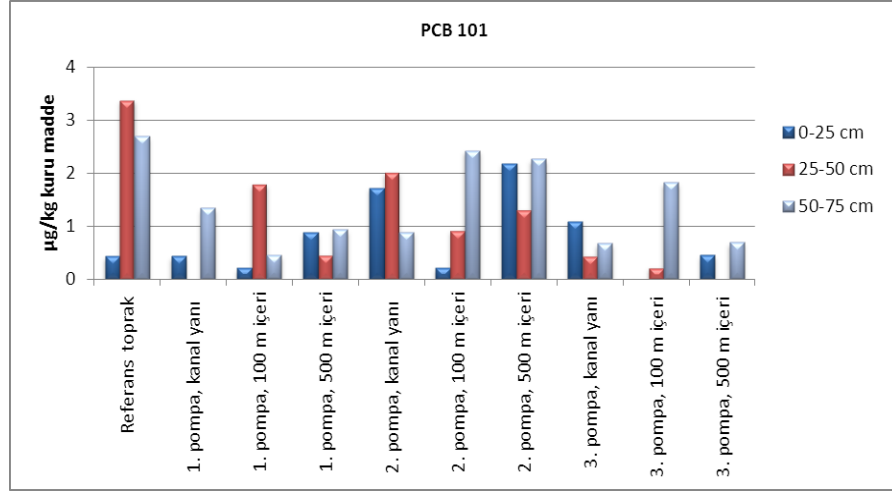
Şekil 4.29. Toprak numunelerinde tespit edilen PCB 28 kongenerinin miktarı

Şekil 4.29’da PCB 28 kongenerinin miktarları verilmiştir. Referans toprak numunelerinde PCB 28, 0-25 cm derinlikten alınan numunede 0.22 µg/kg kuru madde, 25-50 cm derinlikten alınan numunelerde 0.23 µg/kg kuru madde, 50-75 cm derinliklerden alınan numunelerde 0.22 µg/kg kuru madde olarak tespit edilmiştir. 1. pompa kanal yanı 25-50 cm derinlikten, 1. pompa 100 m içeri 25-50 cm derinlikten, 2. pompa kanal yanı 25-50 cm ve 50-75 cm derinliklerden, 3. pompa kanal yanı 0-25 cm ve 25-50 cm derinliklerden, 3. pompa 100 m ve 500 m içeri bütün derinliklerden alınan numunelerde PCB 28 tespit edilmemiştir. 0-25 cm derinlikten alınan numunelerden 1. pompa kanal yanından, 1. pompa 100 m içeriden, 2. pompa 500 m içeriden alınan numunelerdeki PCB 28 miktarı, referans toprak 0-25 cm derinlikten alınan numunedeki miktardan yüksek tespit edilmiştir. 25-50 cm derinlikten alınan numunelerden 2. pompa 100 m içeriden alınan numunedeki PCB 28 miktarı referans toprak 25-50 cm derinlikten alınan numunedeki miktardan yüksek tespit edilmiştir. 50-75 cm derinlikten alınan numunelerden 1. pompa 100 m ve 500 m içeriden, 2. pompa 100 m ve 500 m içeriden, 3. pompa kanal yanından alınan numunelerde PCB 28 miktarı 50-75 cm derinlik için tespit edilen referans değerden yüksek bulunmuştur.



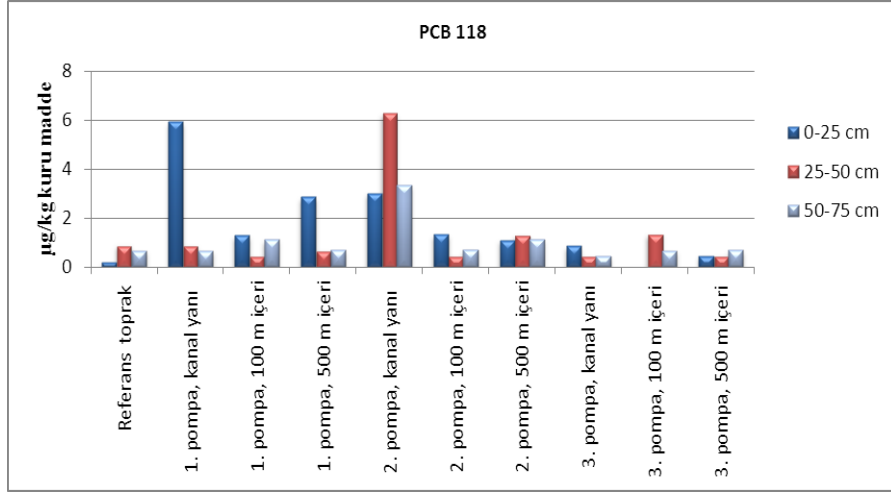
Şekil 4.30. Toprak numunelerinde tespit edilen PCB 52 kongenerinin miktarı

Şekil 4.30'da PCB 52 kongenerinin miktarları verilmiştir. Referans toprak numunelerinde PCB 52, 0-25 cm derinlikten alınan numunede 0.44 µg/kg kuru madde, 25-50 cm derinlikten alınan numunelerde 0.23 µg/kg kuru madde, 50-75 cm derinliklerden alınan numunelerde 0.45 µg/kg kuru madde olarak tespit edilmiştir. 1. pompa kanal yanı, 0-25 cm ve 25-50 cm derinliklerden ve 3. pompa 100 m içeri 0-25 cm derinlikten alınan numunelerde PCB 52 tespit edilmemiştir. PCB 52 en yüksek miktarda 2. pompa 500 m içeri 0-25 cm derinlikten alınan numunede 1.31 µg/kg kuru madde olarak tespit edilmiştir. 0-25 cm derinlikten alınan numunelerden 2. pompa 500 m içeriden alınan numunede tespit edilen PCB 52 miktarı 0-25 cm derinlikten alınan referans toprakta tespit edilen değerden daha yüksek bulunmuştur. 25-50 cm derinlikten alınan numunelerden 2. pompa kanal yanından ve 500 m içeriden 3. pompa kanal yanından, 100 m ve 500 m içeriden alınan numunelerde tespit edilen PCB 52 miktarı 25-50 cm derinlikten alınan referans toprakta tespit edilen değerden daha yüksek bulunmuştur. 50-75 cm derinlikten alınan numunelerden 3. pompa 100 m içeriden alınan numunedeki PCB 52 miktarı 50-75 cm derinlikten alınan referans toprakta tespit edilen değerden daha yüksek bulunmuştur.



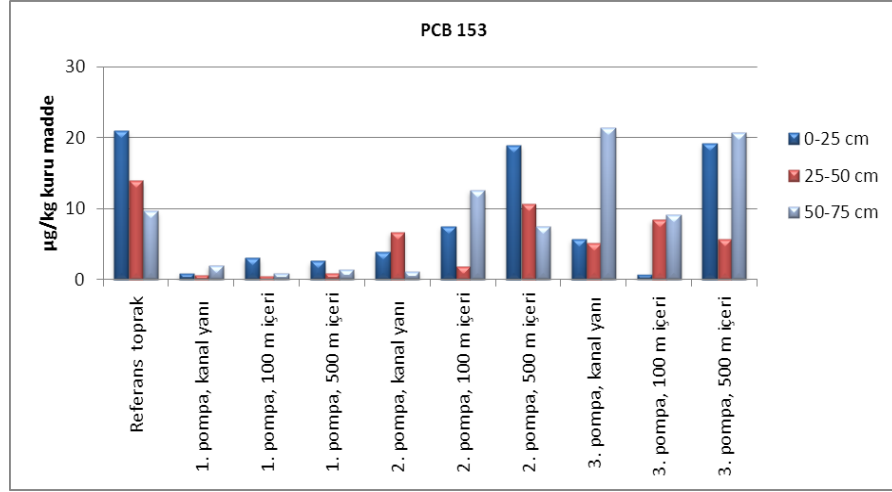
Şekil 4.31. Toprak numunelerinde tespit edilen PCB 101 kongenerinin miktarı

Şekil 4.31’de PCB 101 kongenerinin miktarları verilmiştir. Referans toprak numunelerinde PCB 101 0-25 cm derinlikten alınan numunede 0.44 µg/kg kuru madde, 25-50 cm derinlikten alınan numunelerde 3.38 µg/kg kuru madde, 50-75 cm derinliklerden alınan numunelerde 2.69 µg/kg kuru madde olarak tespit edilmiştir. 1. pompa kanal yanı, 25-50 cm derinlikten, 3. pompa 100 m içeri, 0-25 cm derinlikten, 3. pompa 500 m içeri, 25-50 cm derinlikten alınan numunelerde PCB 101 tespit edilmemiştir. PCB 101 en yüksek miktarda referans toprak numunelerinden 25-50 cm derinliklerden alınan numunede tespit edilmiştir. Toprak numunelerinde en yüksek miktar 2. pompa 100 m içeri, 50-75 cm derinlikten alınan numunede 2.43 µg/kg kuru madde olarak tespit edilmiştir. 0-25 cm derinlikten alınan numunelerden 1. pompa 500 m içeriden, 2. pompa kanal yanından, 2. pompa 500 m içeriden, 3. pompa kanal yanından, 3. pompa 500 m içeriden alınan numunelerde tespit edilen PCB 101 miktarı 0-25 cm derinlikten alınan referans toprakta tespit edilen değerden daha yüksek bulunmuştur. 25-50 ve 50-75 cm derinlikten alınan bütün numunelerde tespit edilen PCB 101 miktarları referans toprakta tespit edilen değerden daha düşük tespit edilmiştir.



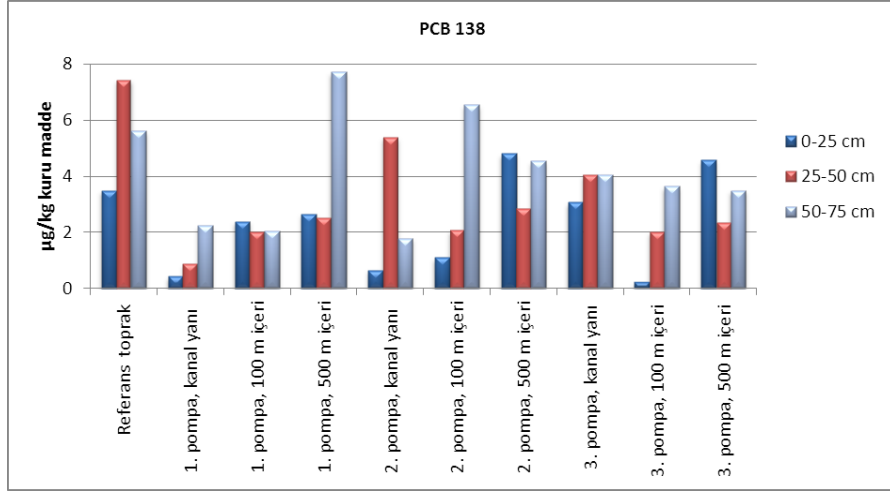
Şekil 4.32. Toprak numunelerinde tespit edilen PCB 118 kongenerinin miktarı

Şekil 4.32’de PCB 118 kongenerinin miktarları verilmiştir. Referans toprak numunelerinde PCB 118 0-25 cm derinlikten alınan numunede  $0.22 \mu\text{g/kg}$  kuru madde, 25-50 cm derinlikten alınan numunelerde  $0.90 \mu\text{g/kg}$  kuru madde, 50-75 cm derinliklerden alınan numunelerde  $0.67 \mu\text{g/kg}$  kuru madde olarak tespit edilmiştir. PCB 118 en yüksek miktarda  $6.28 \mu\text{g/kg}$  kuru madde olarak 2. pompa kanal yanı, 25-50 cm derinlikten alınan numunede tespit edilmiştir. 0-25 cm derinlikten alınan numunelerden 3. pompa 100 m içeriden alınan numunede PCB 118 tespit edilmemiş ve diğer bütün numunelerde tespit edilen miktar 0-25 cm derinlikten alınan referans toprakta tespit edilen değerden daha yüksek bulunmuştur. 25-50 cm derinlikten alınan numunelerden 2. pompa kanal yanından ve 500 m içeriden, 3. pompa 100 m içeriden alınan numunelerde tespit edilen PCB 118 miktarı miktar 25-50 cm derinlikten alınan referans toprakta tespit edilen değerden daha yüksek bulunmuştur. 50-75 cm derinlikten alınan numunelerden 1. pompa 100 m ve 500 m içeriden, 2. pompa kanal yanından, 100 m ve 500 m içeriden, 3. pompa 100 m ve 500 m içeriden alınan numunelerde tespit edilen PCB 118 miktarı 50-75 cm derinlikten alınan referans toprakta tespit edilen değerden daha yüksek bulunmuştur.



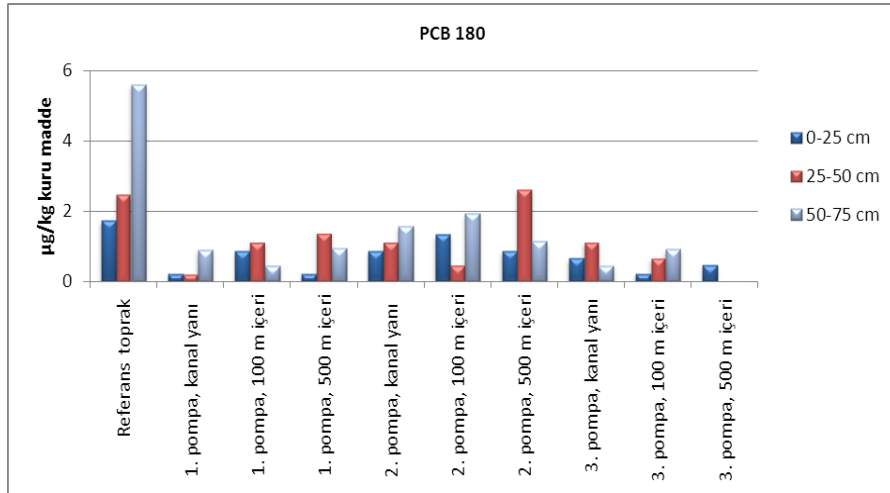
Şekil 4.33. Toprak numunelerinde tespit edilen PCB 153 kongenerinin miktarı

Şekil 4.33’de PCB 153 kongenerinin miktarları verilmiştir. Referans toprak numunelerinde PCB 153 0-25 cm derinlikten alınan numunede 20.99 µg/kg kuru madde, 25-50 cm derinlikten alınan numunelerde 13.95 µg/kg kuru madde, 50-75 cm derinliklerden alınan numunelerde 9.65 µg/kg kuru madde olarak tespit edilmiştir. PCB 153 en yüksek miktarda 3. pompa kanal yanı, 50-75 cm derinlikten alınan numunede 21.40 µg/kg kuru madde olarak, en düşük miktarda 1. pompa 100 m, 25-50 cm derinlikten alınan numunede 0.45 µg/kg kuru madde olarak tespit edilmiştir. 0-25 ve 25-50 cm derinlikten alınan numunelerde tespit edilen PCB 153 miktarları, 0-25 ve 25-50 cm derinlikten alınan referans topraklarda tespit edilen değerden daha düşük bulunmuştur. 50-75 cm derinlikten alınan numunelerden 2. pompa 100 m içeriden, 3. pompa kanal yanından ve 500 m içeriden alınan numunelerde tespit edilen PCB 153 miktarı 50-75 cm derinlikten alınan referans toprakta tespit edilen değerden yüksek, diğer numunelerde tespit edilen değerler düşük bulunmuştur.



Şekil 4.34. Toprak numunelerinde tespit edilen PCB 138 kongenerinin miktarı

Şekil 4.34’de PCB 138 kongenerinin miktarları verilmiştir. Referans toprak numunelerinde PCB 138 0-25 cm derinlikten alınan numunede 3.5 µg/kg kuru madde, 25-50 cm derinlikten alınan numunelerde 7.43 µg/kg kuru madde, 50-75 cm derinliklerden alınan numunelerde 5.61 µg/kg kuru madde olarak tespit edilmiştir. PCB 138 en yüksek miktarda 1. pompa 500 m, 50-75 cm derinlikten alınan numunede 7.72 µg/kg kuru madde, en düşük miktarda 3. pompa 100 m, 0-25 cm derinlikten alınan numunede 0.22 µg/kg kuru madde olarak tespit edilmiştir. 0-25 cm derinlikten alınan numunelerden 2. pompa 500 m ve 3. pompa 500 m içeriden alınan numunelerde tespit edilen PCB 138 miktarı 0-25 cm derinlikten alınan referans toprakta tespit edilen değerden yüksek bulunmuştur. 25-50 cm derinlikten alınan numunelerde tespit edilen PCB 138 miktarları 25-50 cm derinlikten alınan referans toprakta tespit edilen değerden daha düşük bulunmuştur. 50-75 cm derinlikten alınan numunelerden 1. pompa 500 m ve 2. pompa 100 m içeriden alınan numunelerde tespit edilen PCB 138 miktarı 50-75 cm derinlikten alınan referans toprakta tespit edilen değerden yüksek, diğer numunelerde tespit edilen değerler düşük bulunmuştur.

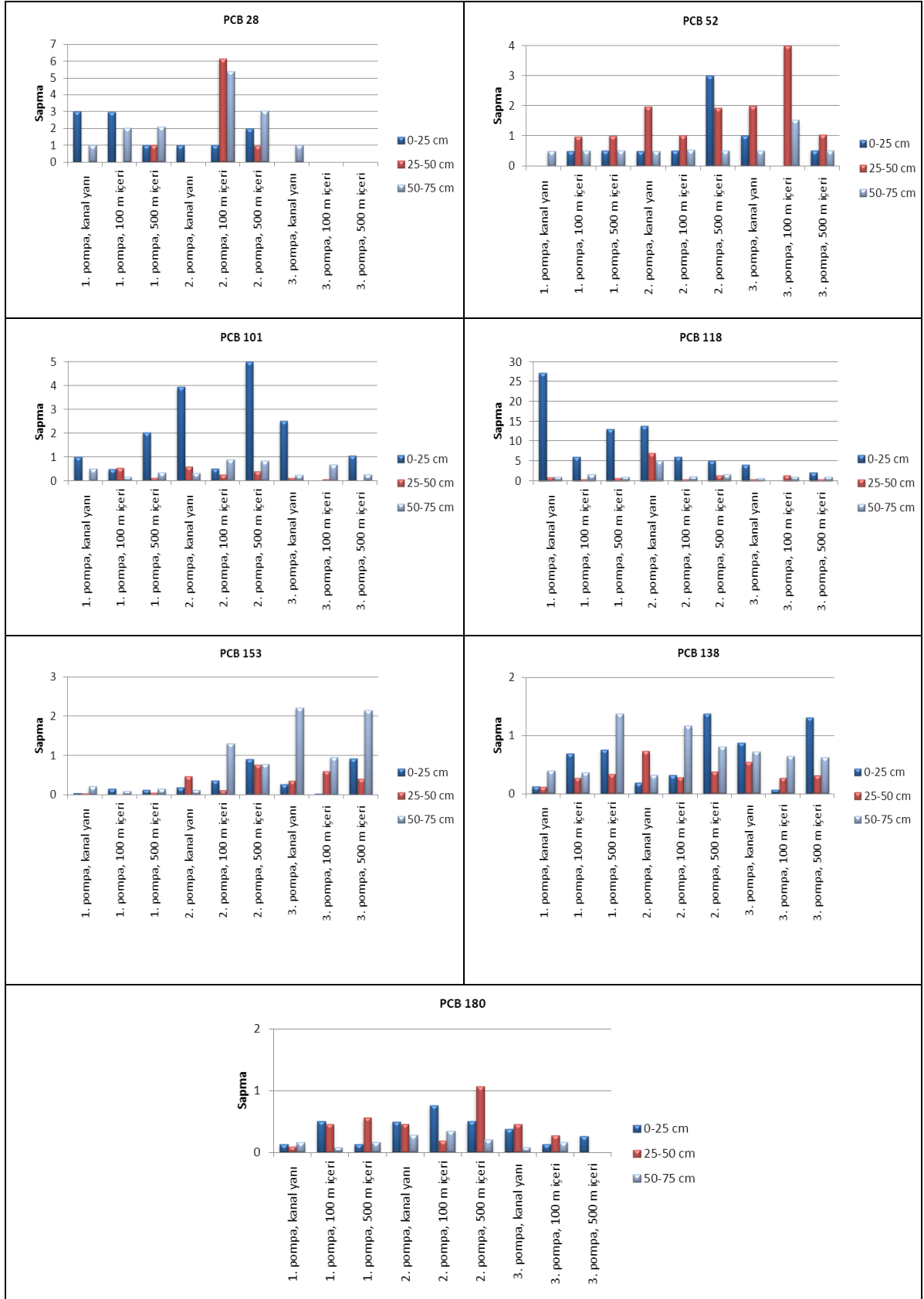


Şekil 4.35. Toprak numunelerinde tespit edilen PCB 180 kongenerinin miktarı

Şekil.4.35'te PCB 180 kongenerinin miktarları verilmiştir. Referans toprak numunelerinde PCB 180 0-25 cm derinlikten alınan numunede 1.75 µg/kg kuru madde, 25-50 cm derinlikten alınan numunelerde 2.48 µg/kg kuru madde, 50-75 cm derinliklerden alınan numunelerde 5.61 µg/kg kuru madde olarak tespit edilmiştir. 3. pompa 500 m, 25-50 ve 50-75 cm derinliklerden alınan numunelerde PCB 180 tespit edilmemiştir. PCB 180 en yüksek miktarda referans toprak, 50-75 cm derinlikten alınan numunede tespit edilmiştir. Toprak numunelerinden en yüksek miktarda 2. pompa 500 m içeri, 25-50 cm derinlikten alınan numunede 2.62 µg/kg kuru madde olarak tespit edilmiştir. 0-25 cm derinlikten alınan numunelerde tespit edilen PCB 180 miktarları 0-25 cm derinlikten alınan referans toprakta tespit edilen değerden düşük tespit edilmiştir. 25-50 cm derinliklerden alınan numunelerden 2. pompa 500 m içeriden alınan numunede tespit PCB 180 miktarları 25-50 cm derinlikten alınan referans toprakta tespit edilen değerden yüksek, diğer numunelerde tespit edilen miktarlar referans değerden düşük tespit edilmiştir. 50-75 cm derinlikten alınan numunelerde tespit edilen PCB 180 miktarları 50-75 cm derinlikten alınan referans toprakta tespit edilen değerden düşük tespit edilmiştir.

#### 4.4.3.1. Referans değer bazında sahaların PCB sapma değerleri

Şekil 4.36.'da OPP bileşiklerinin TKKNKSDY (2010) EK-9'a göre hesaplanan sapma değerlerinin grafiksel gösterimi verilmiştir.



Şekil 4.36. Toprak numunelerinde tespit edilen PCB kongenerlerinin sapma değerleri

Şekil 4.36. incelendiğinde 1. pompa kanal yanı, 0-25 cm derinlikten, 1. pompa 100 m içeri, 0-25 ve 50-75 cm derinliklerden, 1. pompa 500 m içeri, 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerden, 2. pompa 100 m içeri, 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerden, 2. pompa 500 m içeri, 0-25, 50-75 cm derinliklerden alınan numunelerde PCB 28 için sapma değeri 1-7 arasında tespit edildiği görülmektedir ve bu sahalar İkinci Aşama Değerlendirme Sürecine Tabi Takip Gerektiren Saha olarak belirlenmiştir. PCB 52 için 1. pompa 500 m içeri, 25-50 cm derinlikten, 2. pompa kanal yanı, 25-50 cm derinlikten, 2. pompa 100 m içeri, 25-50 cm derinlikten, 2. pompa 500 m içeri, 0-25, 25-50 cm derinliklerden, 3. pompa kanal yanı, 25-50 cm derinlikten, 3. pompa 100 m içeri, 25-50, 50-75 cm derinliklerden, 3. pompa 500 m içeri, 25-50 cm derinlikten alınan numunelerde sapma değeri 1'i aşmış ve bu sahalar İkinci Aşama Değerlendirme Sürecine Tabi Takip Gerektiren Saha olarak belirlenmiştir. PCB 101 için 1. pompa kanal yanı, 0-25 cm derinlikten, 1. pompa 500 m içeri, 0-25 cm derinlikten, 2. pompa kanal yanı, 0-25 cm derinlikten, 2. pompa 500 m içeri, 0-25 cm derinlikten, 3. pompa kanal yanı, 0-25 cm derinlikten, 3. pompa 500 m içeri, 0-25 cm derinlikten alınan numunelerde sapma değeri 1'den büyük tespit edilmiştir ve bu sahalar İkinci Aşama Değerlendirme Sürecine Tabi Takip Gerektiren Saha olarak belirlenmiştir. PCB 118 için 1. pompa kanal yanı, 0-25 cm derinlikten alınan numunede hesaplanan sapma değeri 25'ten büyük bulunmuştur ve bu saha temizlenmesi gereken kirlenmiş saha olarak değerlendirilmiştir. PCB 118 için diğer numunelerden 1. pompa 100 m içeri, 0-25, 50-75 cm derinliklerden alınan, 1. pompa 500 m içeri, 0-25, 50-75 cm derinliklerden alınan, 2. pompa kanal yanı, 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerden alınan, 2. pompa 100 m içeri, 0-25, 50-75 cm derinliklerden alınan, 2. pompa 500 m içeri, 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerden alınan, 3. pompa kanal yanı, 0-25 cm derinlikten alınan, 3. pompa 100 m içeri, 25-50, 50-75 cm derinliklerden alınan, 3. pompa 500 m içeri, 0-25, 50-75 cm derinliklerden alınan numunelerde sapma değeri 1'den büyük tespit edilmiştir ve bu sahalar İkinci Aşama Değerlendirme Sürecine Tabi Takip Gerektiren Saha olarak belirlenmiştir. PCB 153 için 2. pompa 100 m içeri, 50-75 cm derinlikten, 3. pompa kanal yanı, 50-75 cm derinlikten, 3. pompa 500 m içeri, 50-75 cm derinlikten alınan numunelerde sapma değerleri 1'den büyük tespit edilmiştir ve bu sahalar İkinci Aşama Değerlendirme Sürecine Tabi Takip Gerektiren Saha olarak belirlenmiştir. PCB 138 için 1. pompa 500 m içeri, 50-75 cm derinlikten, 2. pompa 100 m içeri, 50-75 cm derinlikten, 2. pompa 500 m içeri, 0-25 cm derinlikten, 3. pompa 500 m içeri, 0-25 cm derinlikten alınan numunelerde sapma değeri 1'den büyük tespit edilmiştir ve sahalar

İkinci Aşama Değerlendirme Sürecine Tabi Takip Gerektiren Saha olarak belirlenmiştir. PCB 180 için sadece 2. pompa 500 m içeri, 25-50 cm derinlikten alınan numunede sapma değeri 1'den büyük hesaplanmış ve bu saha İkinci Aşama Değerlendirme Sürecine Tabi Takip Gerektiren Saha olarak belirlenmiştir.

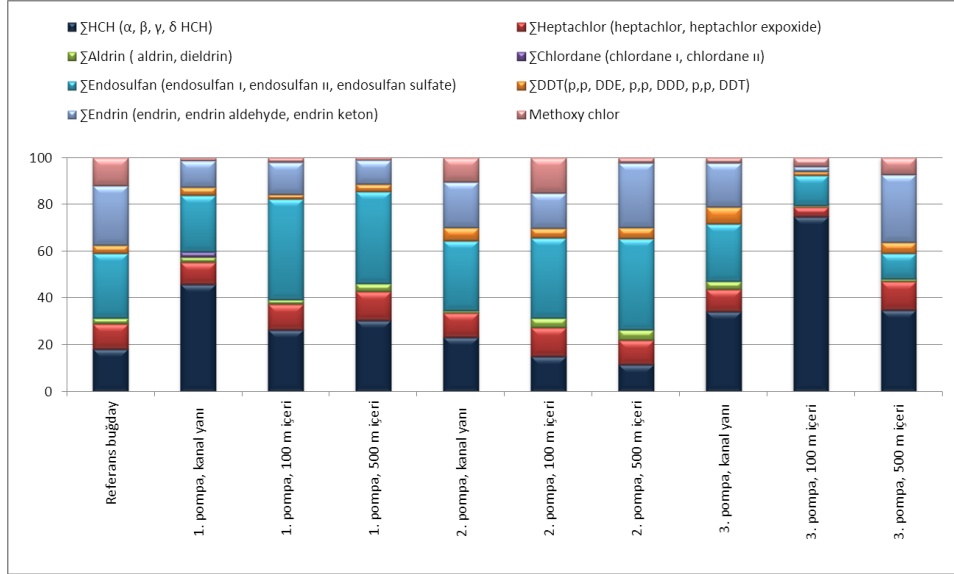
#### **4.5. Buğday Numunelerinde Tespit Edilen OCP, OPP ve PCB Miktarları**

##### **4.5.1. Buğday numunelerinde tespit edilen OCP miktarları**

Çizelge 4.15'de buğday numunelerinde tespit edilen OCP bileşiklerinin miktarları ve Şekil 4.37'de % dağılımları verilmiştir.

Çizelge 4.15. Buğday numunelerinde tespit edilen OCP bileşiklerinin miktarları (mg/kg)

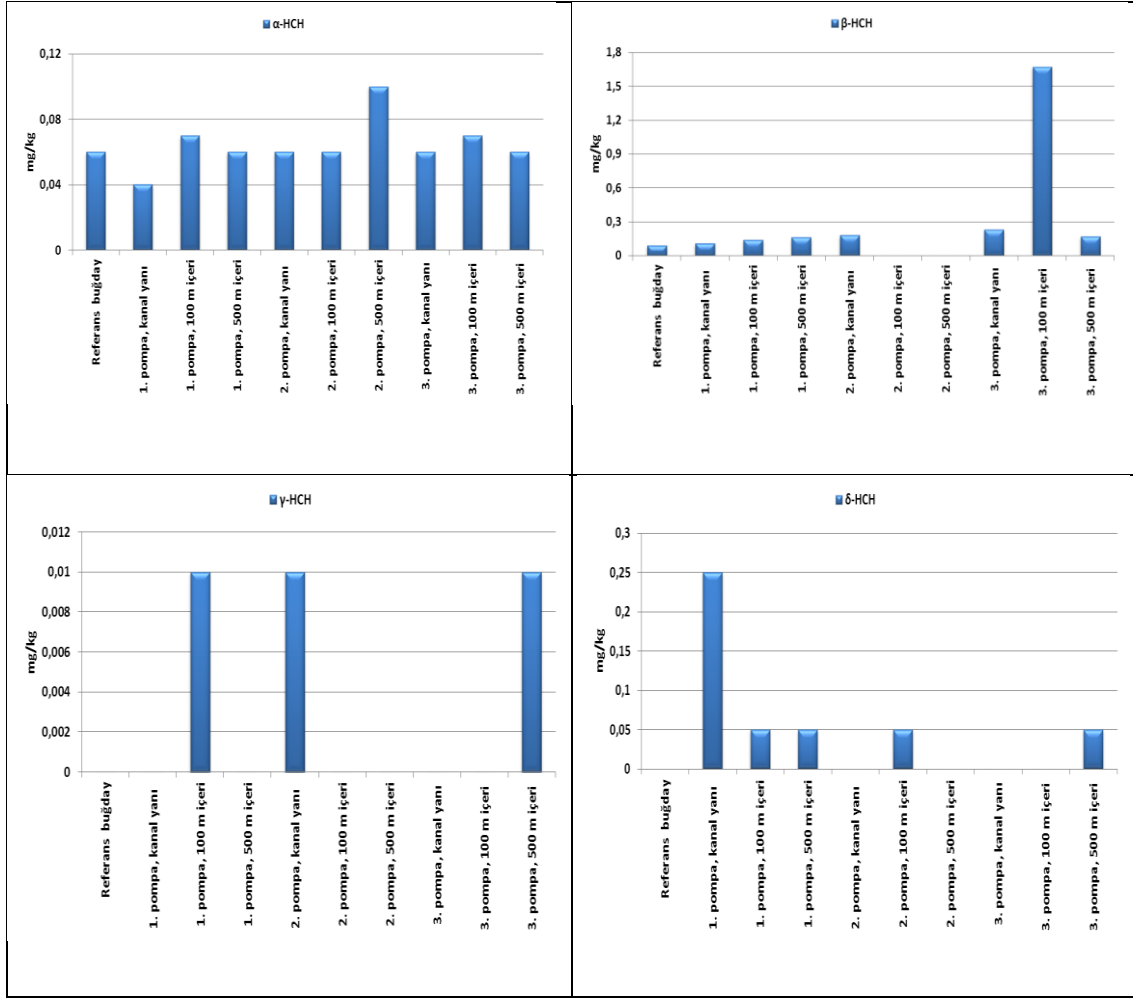
No	Numune noktası	$\alpha$ -HCH	$\beta$ -HCH	$\gamma$ -HCH	$\delta$ -HCH	Heptachlor	Aldrin	Heptachlor epoxide	Chlordane II	Endosulfan I	Chlordane I	p,p-DDE	Dieldrin	Endrin	Endosulfan II	p,p-DDD	Endrin aldehyde	Endosulfan sulfate	p,p-DDT	Endrin ketone	Methoxychlor
1	Referans buğday	0.06	0.09	<dl	<dl	0.08	0.02	0.01	<dl	0.20	<dl	0.03	<dl	0.20	0.03	<dl	0.01	<dl	<dl	<dl	0.10
2	1. pompa kanal yanı	0.04	0.11	<dl	0.25	0.07	0.01	0.01	0.01	0.20	0.01	0.01	0.01	0.08	0.01	<dl	0.01	<dl	0.02	0.01	0.01
3	1. pompa 100 m içeri	0.07	0.14	0.01	0.05	0.10	0.01	0.01	<dl	0.23	<dl	0.02	0.01	0.13	0.21	<dl	0.01	<dl	<dl	<dl	0.02
4	1. pompa 500 m içeri	0.06	0.16	<dl	0.05	0.10	0.02	0.01	<dl	0.25	<dl	0.02	0.01	0.08	0.10	<dl	0.01	<dl	0.01	<dl	0.01
5	2. pompa kanal yanı	0.06	0.18	0.01	<dl	0.10	0.01	0.01	<dl	0.25	<dl	0.05	<dl	0.20	0.07	<dl	0.01	<dl	0.01	<dl	0.11
6	2. pompa 100 m içeri	0.06	<dl	<dl	0.05	0.08	0.03	0.01	<dl	0.23	<dl	0.01	<dl	0.10	0.02	<dl	0.01	<dl	0.02	<dl	0.11
7	2. pompa 500 m içeri	0.10	<dl	<dl	<dl	0.08	0.04	0.01	<dl	0.21	<dl	0.04	<dl	0.23	0.13	<dl	0.01	<dl	<dl	<dl	0.02
8	3. pompa kanal yanı	0.06	0.23	<dl	<dl	0.07	0.02	0.01	<dl	0.20	<dl	0.05	0.01	0.15	0.01	0.01	0.01	<dl	<dl	<dl	0.02
9	3. pompa 100 m içeri	0.07	1.67	<dl	<dl	0.10	0.01	<dl	<dl	0.22	<dl	0.03	<dl	0.04	0.08	<dl	0.01	<dl	0.01	<dl	0.09
10	3. pompa 500 m içeri	0.06	0.17	0.01	0.05	0.09	0.01	0.01	<dl	0.03	<dl	0.02	<dl	0.23	0.06	<dl	0.01	<dl	0.02	<dl	0.06



Şekil 4.37. Buğday örneklerinde tespit edilen OCP bileşiklerinin % dağılımları

Çizelge 4.15. ve Şekil 4.37. incelendiğinde, buğday numunelerinde de toprak numunelerinde olduğu gibi  $\Sigma$ HCH ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ -HCH) ve  $\Sigma$ endosulfan ( endosulfan I, endosulfan II, endosulfan sulfate) bileşikleri daha baskın olarak tespit edildiği görülmektedir.

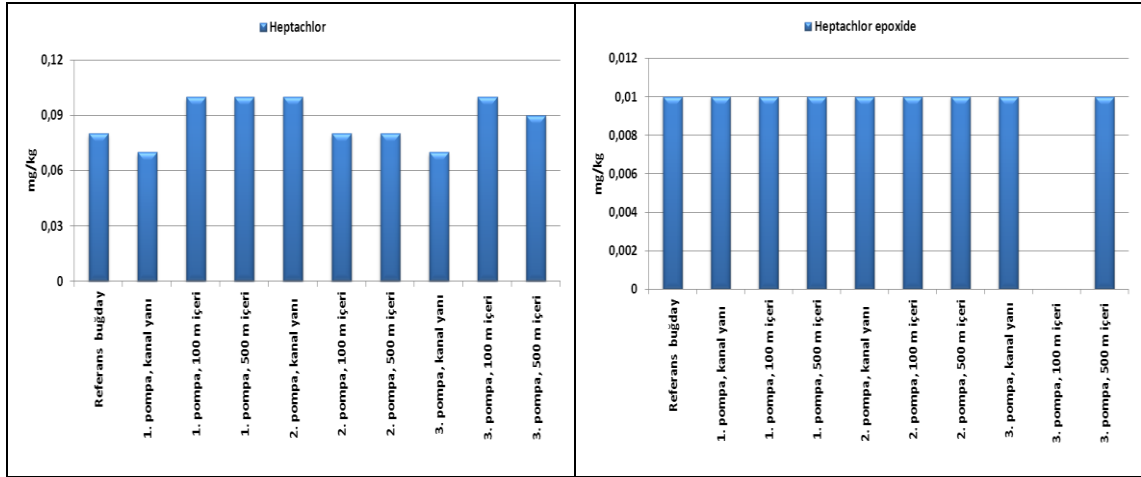
Buğday numunelerinde tespit edilen OCP bileşiklerinin miktarları Türk Gıda Kodeksi Pestisitlerin Maksimum Kalıntı Limitleri Yönetmeliği'ne göre değerlendirilmiştir. Türk Gıda Kodeksi Pestisitlerin Maksimum Kalıntı Limitleri Yönetmeliği'nde sınır değerler  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ -HCH, heptachlor (heptachlor ve heptachlor epoxide toplamı, heptachlor cinsinden), aldrin ve dieldrin (aldrin ve dieldrin kombinasyonu, dieldrin cinsinden), chlordane (cis- ve trans- chlordane toplamı), endrin için 0.01 mg/kg, HCH (gamma izomeri hariç izomerleri toplamı) için 0.02 mg/kg, DDT (p,p-DDT, o,p-DDT, p,p-DDE ve p,p-DDD toplamı DDT cinsinden), endosulfan (alfa- ve beta- izomerleri ile endosulfan- sulfate, endosulfan cinsinden) için 0.05 mg/kg olarak verilmiştir. Analiz edilen tüm OCP bileşikleri yönetmelikte verilen sınır değerlerden yüksek çıkmıştır.



Şekil 4.38. Buğday numunelerinde tespit edilen HCH bileşiklerinin miktarları

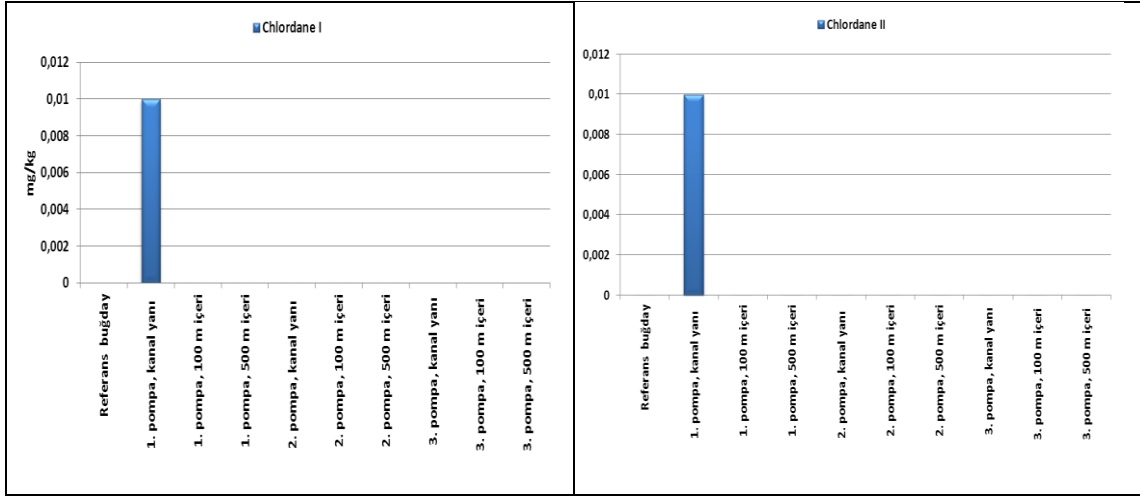
Şekil.4.38’de buğday numunelerinde tespit edilen HCH bileşiklerinin miktarları verilmiştir. Referans buğday numunesinde  $\alpha$ -HCH bileşiği 0.06 mg/kg miktarında tespit edilmiştir. Buğday numunelerinde  $\alpha$ -HCH bileşiği en düşük miktarda 0.04 mg/kg olarak 1. pompa kanal yanından alınan numunede, en yüksek miktarda 0.1 mg/kg olarak 2. pompa 500 m içeriden alınan numunede tespit edilmiştir. 1. pompa kanal yanından alınan numunede tespit edilen  $\alpha$ -HCH miktarı referans değerden düşük çıkarken, diğer numunelerde tespit edilen miktarlar referans değerden yüksek bulunmuştur.  $\beta$ -HCH bileşiği referans buğday numunesinde 0.09 mg/kg miktarında tespit edilmiştir. 2. pompa 100 m ve 500 m içeriden alınan numunelerde  $\beta$ -HCH bileşiği tespit edilmemiştir. Diğer numunelerde referans değerden yüksek tespit edilmiştir. 3. pompa 100 m içeriden alınan numunede  $\beta$ -HCH miktarı 1.67 mg/kg olarak en yüksek miktarda tespit edilmiştir.  $\gamma$ -HCH bileşiği referans buğday numunesinde ve 1. pompa kanal yanı ve 500 m içeri, 2. pompa 100 m ve 500 m içeri, 3. pompa kanal yanı ve 100 m içeriden alınan numunelerde tespit edilmemiştir. 1. pompa 100 m içeri, 2. pompa kanal yanı, 3. pompa

500 m içeriden alınan numunelerde 0.01 mg/kg olarak tespit edilmiştir.  $\delta$ -HCH bileşiği referans buğday numunesinde ve 2. pompa, kanal yanı ve 500 m içeri, 3. pompa kanal yanı ve 100 m içeriden alınan numunelerde tespit edilmemiştir.  $\delta$ -HCH bileşiği en yüksek miktarda 1. pompa kanal yanından alınan numunede 0.25 mg/kg olarak tespit edilmiştir.



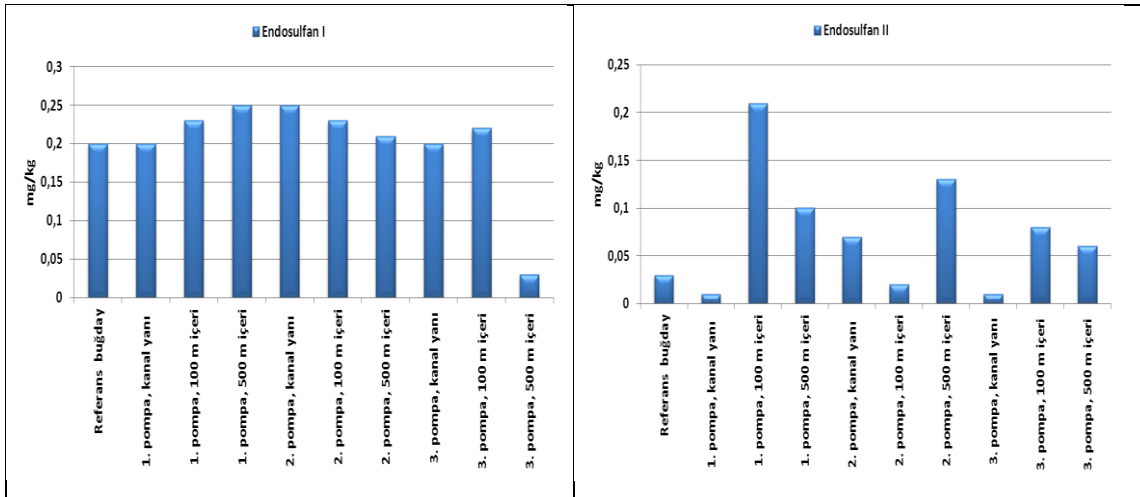
Şekil 4.39. Buğday numunelerinde tespit edilen heptachlor, heptachlor epoxide bileşiklerinin miktarları

Şekil 4.39'da Buğday numunelerinde tespit edilen heptachlor, heptachlor epoxide bileşiklerinin miktarları verilmiştir. Referans buğday numunesinde heptachlor bileşiği 0.08 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Buğday numunelerinde heptachlor miktarı 0.07-0.1 mg/kg arasında tespit edilmiştir. 1. pompa ve 3. pompa kanal yanından alınan numunelerde tespit edilen değerler referans değerden düşük, diğer numunelerde tespit edilen değerler referans değerden yüksek bulunmuştur. Heptachlor epoxide bileşiği 3. pompa 100 m içeriden alınan numunede tespit edilmemiştir. Referans buğday numunesi ve diğer numunelerde ise Heptachlor epoxide bileşiği 0.01 mg/kg olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.40. Buğday numunelerinde tespit edilen chlordane I, chlordane II bileşiklerinin miktarları

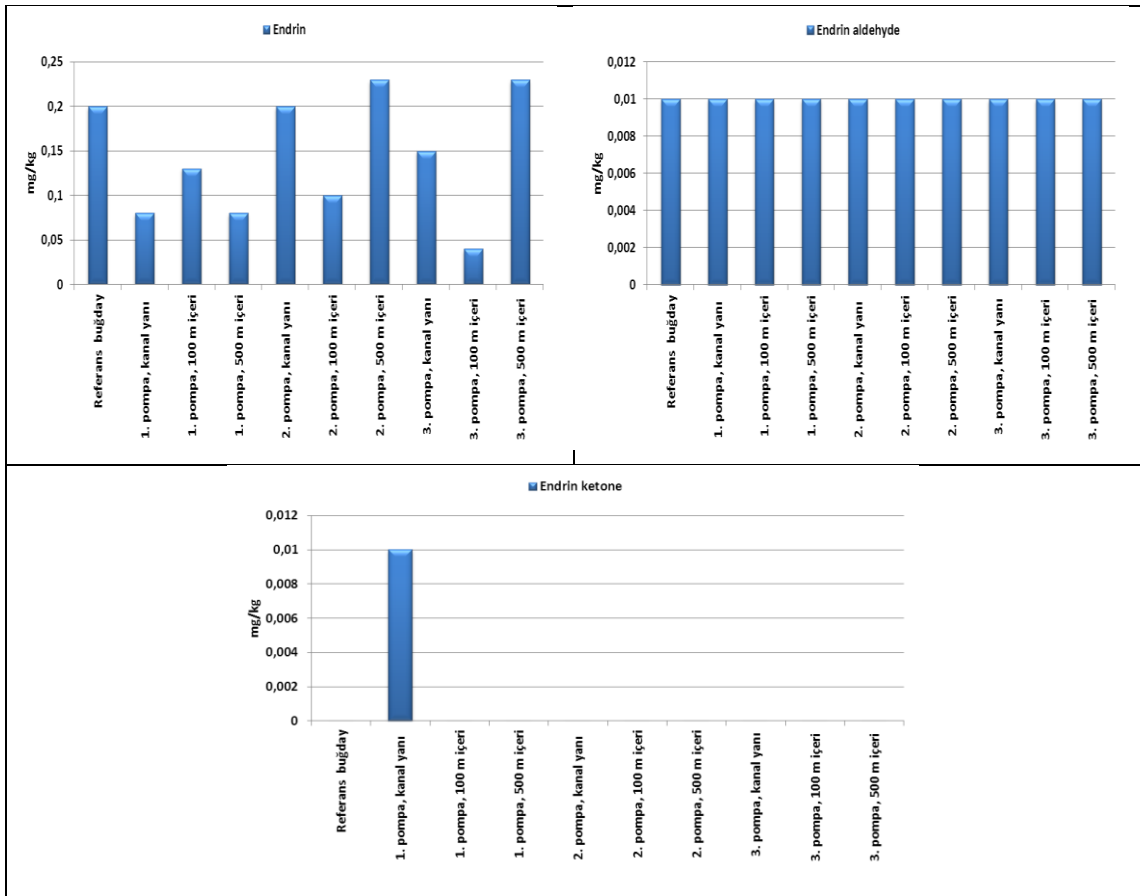
Şekil 4.40'ta buğday numunelerinde tespit edilen chlordane I ve chlordane II bileşiklerinin miktarları verilmiştir. Chlordane I ve chlordane II bileşiği sadece 1. pompa kanal yanından alınan buğday numunesinde 0.01 mg/kg olarak tespit edilmişlerdir. Referans buğday numunesinde ve diğer buğday numunelerinde tespit edilmemişlerdir.



Şekil 4.41. Buğday numunelerinde tespit edilen endosulfan I, endosulfan II bileşiklerinin miktarları

Şekil 4.41'de buğday numunelerinde tespit edilen endosulfan I, endosulfan II bileşiklerinin miktarları verilmiştir. Endosulfan I bileşiği referans buğdayda 0.2 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Endosulfan I bileşiği 3. pompa 500 m içeriden alınan numunede 0.03 mg/kg olarak en düşük miktarda, 1. pompa 500 m içeri ve 2. pompa kanal yanından alınan numunelerde 0.25 mg/kg olarak en yüksek miktarda bulunmuştur. 3. pompa 500 m içeriden alınan numunede tespit edilen Endosulfan I miktarı hariç diğer

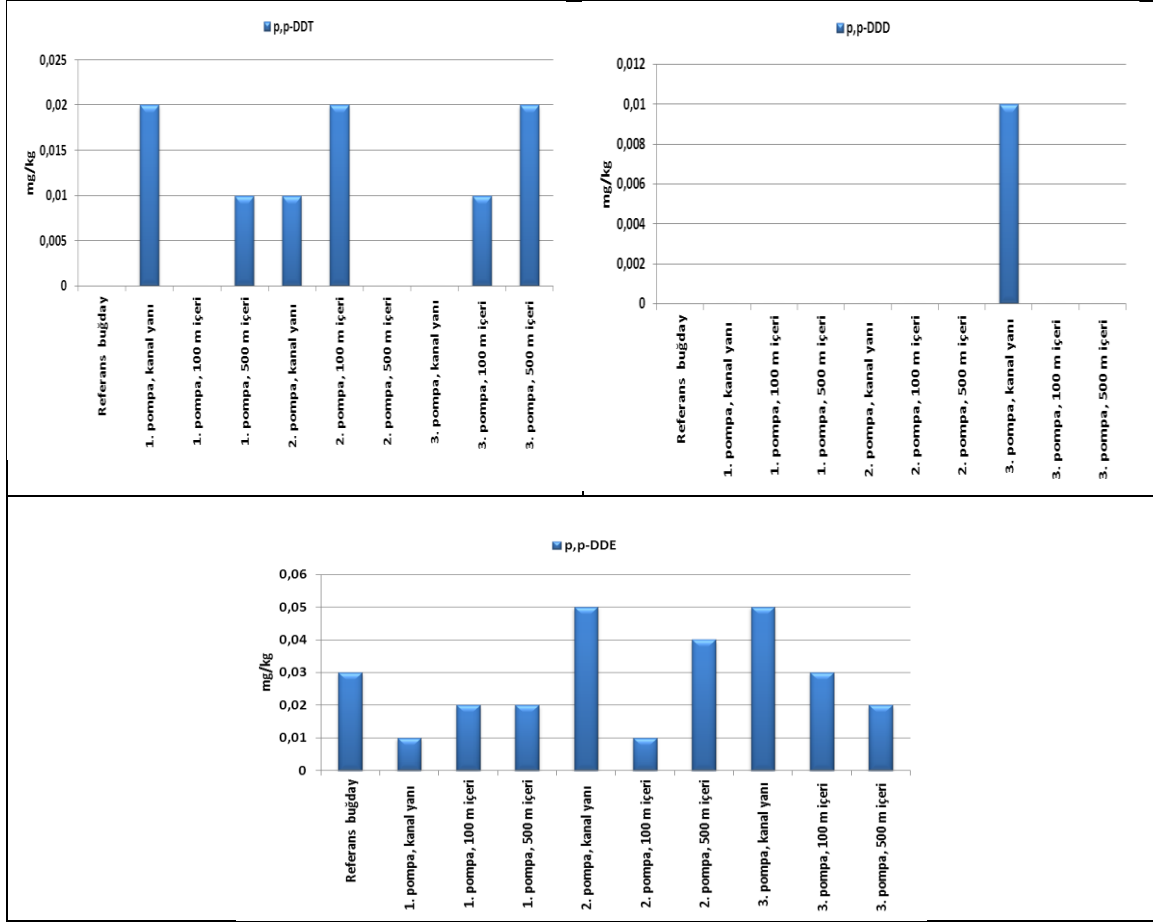
numunelerde tespit edilen miktarlar referans değere eşit veya yüksek tespit edilmiştir. Ensosulfan II bileşiği referans buğdayda 0.03 mg/kg ve buğday numunelerinde 0.01-0.21 mg/kg aralığında tespit edilmiştir. Ensosulfan II bileşiği en düşük miktarda 1. pompa ve 3. pompa kanal yanından alınan numunede ve en yüksek miktarda 1. pompa 100 m içeriden alınan numunede tespit edilmiştir. 1. pompa ve 3. pompa kanal yanından ve 2. Pompa 100 m içeriden alınan buğday numunelerinde tespit edilen Ensosulfan II miktarı referans değeri geçmemiştir. Endosulfan sulfat bileşiği referans buğday ve buğday numunelerinde tespit edilmemiştir.



Şekil 4.42. Buğday numunelerinde tespit edilen endrin, endrin aldehide, endrin keton bileşiklerinin miktarları

Şekil 4.42’de buğday numunelerinde tespit edilen endrin, endrin aldehide, endrin keton bileşiklerinin miktarları verilmiştir. Referans buğday numunesinde endrin bileşiği 0.2 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Buğday numunelerinden en düşük miktar 3. pompa 100 m içeriden alınan numunede 0.04 mg/kg olarak, en yüksek miktar 2. ve 3. pompa 500 m içeriden alınan numunelerde 0.23 mg/kg olarak tespit edilmiştir. 2. ve 3. pompa 500 m içeriden alınan numunelerde tespit edilen endrin miktarı referans

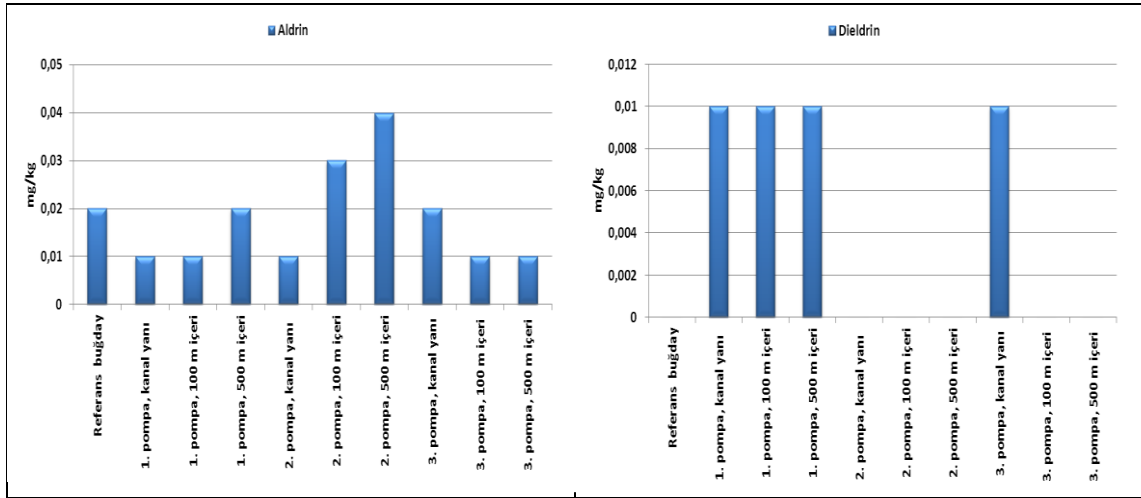
değerden yüksek tespit edilmiştir. Endrin aldehyde referans buğdayda ve buğday numunelerinde 0.01 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Endrin ketone sadece 1. pompa kanal yanından alınan numunede tespit edilmiştir.



Şekil 4.43. Buğday numunelerinde tespit edilen p,p, DDT, p,p, DDD, p,p, DDE bileşiklerinin miktarları

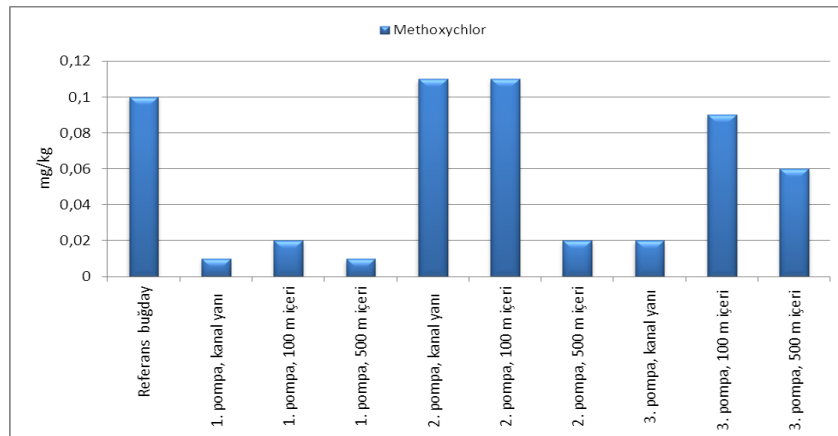
Şekil 4.43'te buğday numunelerinde tespit edilen endrin, p,p, DDT, p,p, DDD, p,p, DDE bileşiklerinin miktarları verilmiştir. p,p,DDT bileşiği referans buğday numunesinde ve 1. pompa 100 m içeri, 2. pompa 500 m içeri, 3. pompa kanal yanından alınan numunelerde tespit edilmemiştir. Diğer numunelerde 0.01-0.02 aralığında tespit edilmiştir. p,p,DDD sadece 3. pompa kanal yanından alınan numunede 0.01 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Diğer numunelerde ve referans buğdayda p,p,DDD bileşiği tespit edilmemiştir. p,p,DDE bileşiği referans buğdayda 0.03 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Buğday numunelerinden en düşük miktarda 0.01 mg/kg olarak 1. pompa kanal yanından ve 2. pompa 100 m içeriden alınan numunelerde, en yüksek miktar 0.05 mg/kg olarak 2. ve 3. pompa kanal yanlarından alınan numunelerde tespit edilmiştir. 2.

pompa kanal yanından ve 500 m içeriden, 3. pompa kanal yanından alınan numunelerde tespit edilen p,p,DDE miktarı referans değerden yüksek bulunmuştur.



Şekil 4.44. Buğday numunelerinde tespit edilen aldrin, dieldrin bileşiklerinin miktarları

Şekil 4.44'te buğday numunelerinde tespit edilen aldrin ve dieldrin bileşiklerinin miktarları verilmiştir. Aldrin bileşiği referans buğday numunesinde 0.02 mg/kg ve buğday numunelerinde 0.01-0.04 mg/kg aralığında tespit edildi. En yüksek değer 2. pompa 500 m içeriden alınan numunede tespit edildi. 1. pompa 500 m içeriden ve 3. pompa kanal yanından alınan numunelerde tespit edilen aldrin miktarı referans değere eşit, 2. pompa 100 m ve 500 m içeriden alınan numunelerdeki aldrin miktarı referans değerden yüksek bulunmuştur. Dieldrin bileşiği referans buğday numunesinde ve 2. pompa kanal yanından, 100 m ve 500 m içeriden, 3. pompa 100 m ve 500 m içeriden alınan numunelerde tespit edilmemiştir ve diğer numunelerde 0.01 mg/kg olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.45. Buğday numunelerinde tespit edilen methoxychlor bileşiğinin miktarı

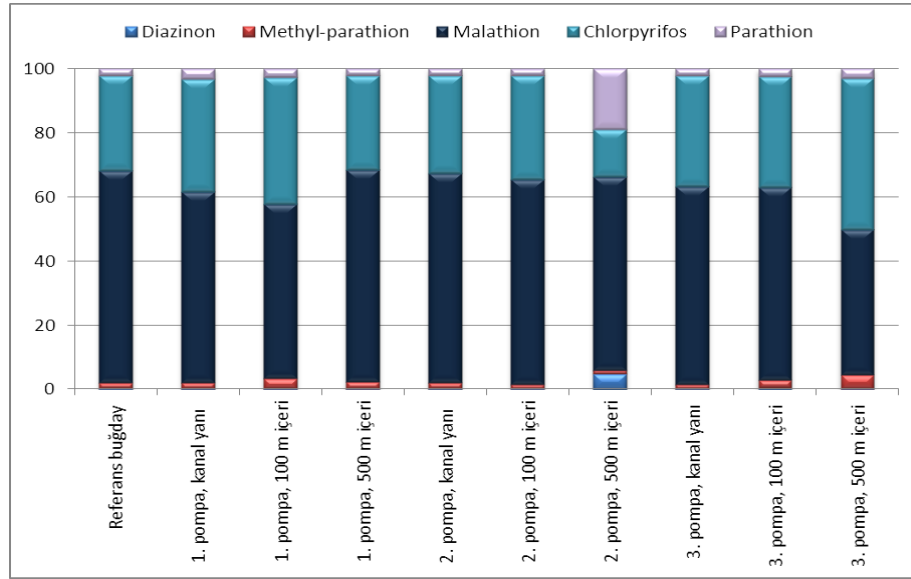
Şekil 4.45'te buğday numunelerinde tespit edilen methoxychlor bileşiğinin miktarları verilmiştir. Referans buğday numunesinde methoxychlor bileşiği 0.1 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Buğday numunelerinde en düşük methoxychlor miktarı 0.01mg/kg olarak 1. pompa kanal yanından ve 500 m içeriden alınan numunelerde, en yüksek miktarda 0.11 mg/kg olarak 2. pompa kanal yanından ve 100 m içeriden alınan numunelerde tespit edilmiştir. 2. pompa kanal yanından ve 100 m içeriden alınan numunelerde tespit edilen methoxychlor miktarı referans değerden yüksek bulunmuştur.

#### 4.5.2. Buğday numunelerinde tespit edilen OPP miktarları

Çizelge 4.16.'te buğday numunelerinde tespit edilen OPP bileşiklerinin miktarları ve Şekil 4.46'da % dağılımları verilmiştir.

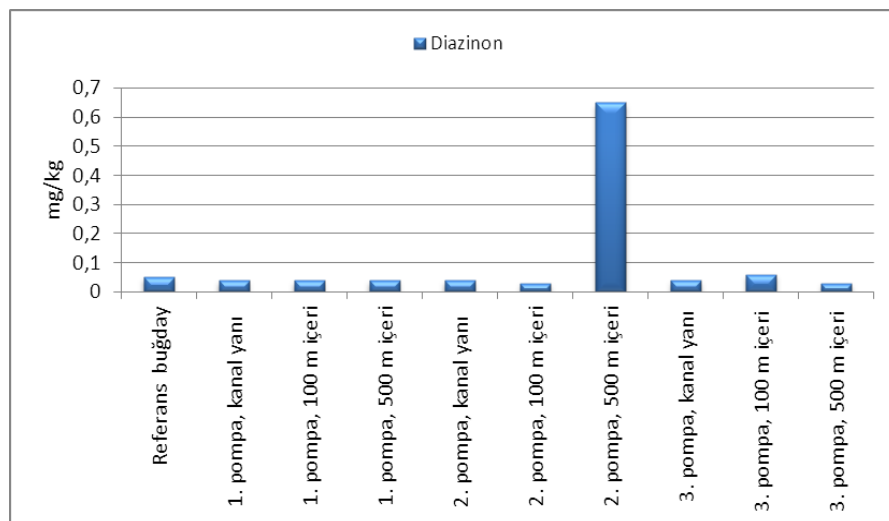
**Çizelge 4.16.** Buğday numunelerinde tespit edilen OPP bileşiklerinin miktarları (mg/kg)

No	Numune noktası	Diazinon	Metilparation	Malatıon	Chlorpyrifos	Paration
1	Referans buğday	0.05	0.26	9.77	4.39	0.33
2	1. pompa, kanal Yanı	0.04	0.26	7.99	4.74	0.43
3	1. pompa, 100 m içeri	0.04	0.36	6.44	4.68	0.31
4	1. pompa, 500 m içeri	0.04	0.34	10.12	4.53	0.33
5	1.pompa, kanal Yanı	0.04	0.26	9.11	4.28	0.29
6	2. pompa, 100 m içeri	0.03	0.19	8.72	4.43	0.29
7	2. pompa, 500 m içeri	0.65	0.16	8.24	2.01	2.59
8	3. pompa, kanal Yanı	0.04	0.18	7.93	4.42	0.29
9	3. pompa, 100 m içeri	0.06	0.35	8.53	4.88	0.35
10	3. pompa, 500 m içeri	0.03	0.39	4.14	4.32	0.28



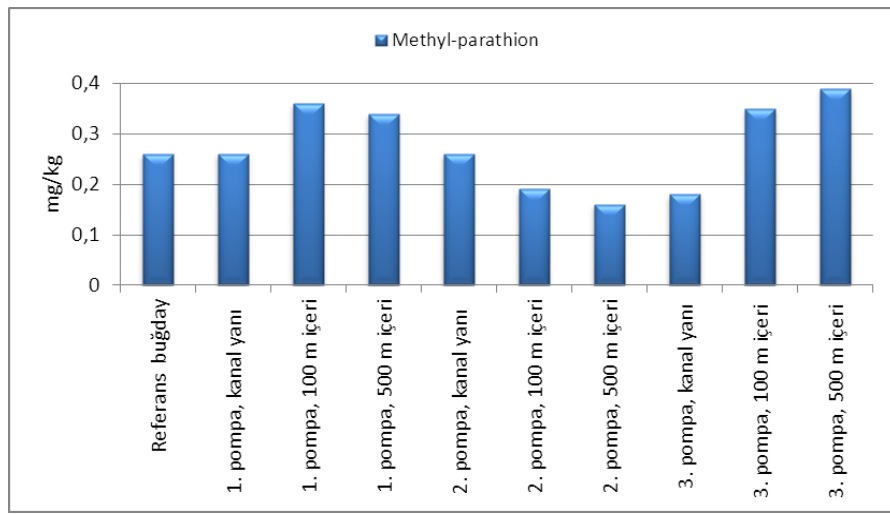
Şekil 4.46. Buğday örneklerinde tespit edilen OPP bileşiklerinin % dağılımları

Çizelge 4.16. ve Şekil 4.46. incelendiğinde buğday numunelerinde de toprak numunelerinde olduğu gibi malathion ve chlorpyrifos bileşikleri baskın olarak tespit edildiği görülmektedir. Türk gıda kodeksi pestisitlerin maksimum kalıntı limitleri yönetmeliğinde sınır değerler diazinon, metilparathion (metil paraoxon dahil) için 0.02 mg/kg, chloryrifos, parathion için 0.05 mg/kg, malathion (malathion ve malaaxon toplamı malathion cinsinden) için 5 mg/kg olarak verilmiştir. Numunelerde tespit edilen değerlerden 3. pompa 500 m içeriden alınan numunede tespit edilen malation bileşiğinin miktarı hariç diğer tüm bileşikler yönetmelikte verilen limit değerlerin üzerinde tespit edilmiştir.



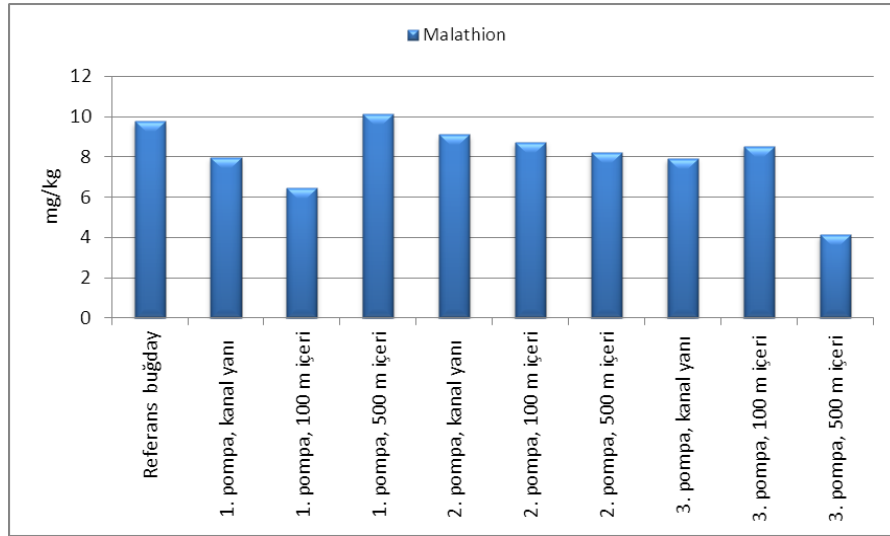
Şekil 4.47. Buğday numunelerinde tespit edilen diazion bileşiğinin miktarı

Şekil 4.47’de Buğday numunelerinde tespit edilen diazion bileşiğinin miktarları verilmiştir. Diazinon miktarı referans buğday numunesinde 0.05 mg/kg olarak bulunmuştur. Buğday numunelerinde diazion en düşük miktarda 0.03 mg/kg olarak 2. pompa 100 m, 3. pompa, 500 m içeriden alınan numunelerde, en yüksek miktarda 0.65 mg/kg olarak 2. pompa 500 m içeriden alınan numunede tespit edilmiştir. 3. pompa 100 m içeri ve 2. pompa 500 m içeriden alınan numunelerde tespit edilen değerler referans değerden yüksek çıkmıştır. 2. Pompa 500 m içeriden alınan numunede tespit edilen diazinon miktarının, diğer numunelerde tespit edilen miktarlardan çok yüksek olduğu gözlenmiştir.



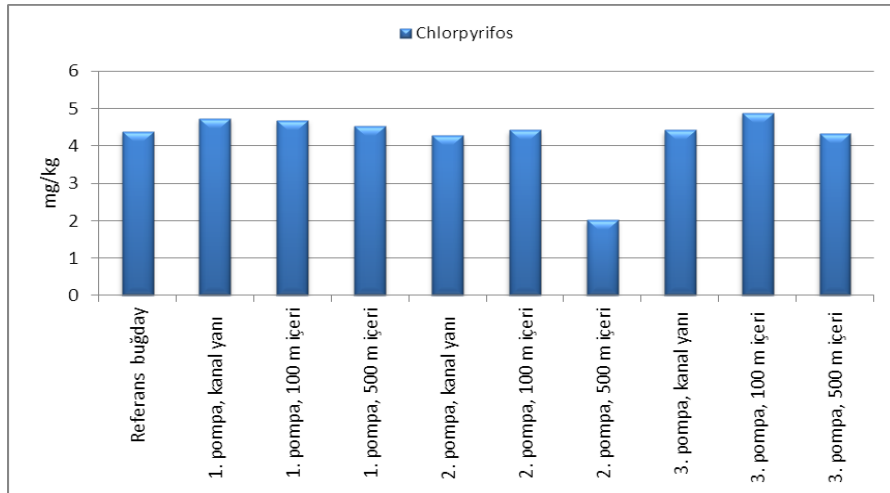
Şekil 4.48. Buğday numunelerinde tespit edilen methy-parathion bileşiğinin miktarı

Şekil 4.48’de buğday numunelerinde tespit edilen methy-parathion bileşiğinin miktarları verilmiştir. Referans buğday numunesinde methyl-parathion miktarı 0.26 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Buğday numunelerinde en düşük methyl-parathion miktarı 2. pompa 500 m içeriden alınan numunede 0.16 mg/kg olarak, en yüksek miktarı 3. pompa 500 m içeriden alınan numunede 0.39 mg/kg olarak tespit edilmiştir. 1. pompa 100 m ve 500 m, 3. pompa, 100 m ve 500 m içeriden alınan numunelerde tespit edilen methyl-parathion değeri referans değerden yüksek bulunmuştur. Methyl-parathion miktarında 2. pompada 100 ve 500 m içeri gidildikçe azalma, 3. pompada 100 ve 500 m içeri gidildikçe artma gözlenmiştir.



Şekil 4.49. Buğday numunelerinde tespit edilen malathion bileşiğinin miktarı

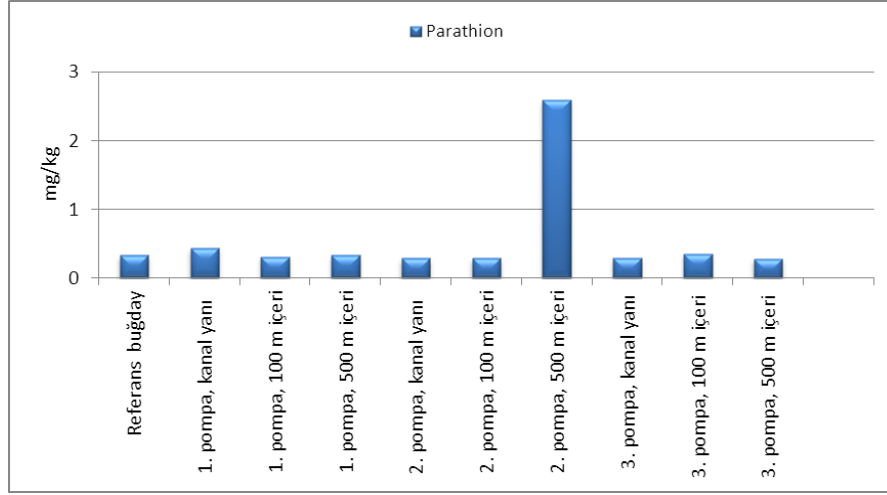
Şekil 4.49’da buğday numunelerinde tespit edilen malathion bileşiğinin miktarları verilmiştir. Referans buğday numunesinde tespit edilen malathion miktarı 9.77 mg/kg’dır. Buğday numunelerinde en düşük miktar 4.14 mg/kg olarak 3. pompa, 500 m içeriden alınan, yüksek miktar 10.12 mg/kg olarak 1. pompa, 500 m içeriden alınan numunede tespit edilmiştir ve sadece bu numunedeki miktar referans değerden yüksek çıkmıştır.



Şekil 4.50. Buğday numunelerinde tespit edilen chlorpyrifos bileşiğinin miktarı

Şekil 4.50’de buğday numunelerinde tespit edilen chlorpyrifos bileşiğinin miktarları verilmiştir. Referans buğday numunesinde tespit edilen chlorpyrifos miktarı 4.39 mg/kg’dır. Buğday numunelerinde en düşük miktar 2.01 mg/kg olarak 2. pompa

500 m içeriden alınan, en yüksek miktar 4.88 mg/kg olarak 3. pompa 100 m içeriden alınan numunede tespit edilmiştir. 1. pompa kanal yanı, 100 m ve 500 m içeriden alınan, 2. pompa 100 m içeriden alınan, 3. pompa kanal yanı, 100 m içeriden alınan numunelerde tespit edilen değerler referans değerlerden yüksek çıkmıştır. 2. pompa 500 m içeriden alınan numunede tespit edilen değer hariç diğer numunelerde bulunan chloryrifos miktarları birbirine yakın çıkmıştır.



Şekil 4.51. Buğday numunelerinde tespit edilen parathion bileşiğinin miktarı

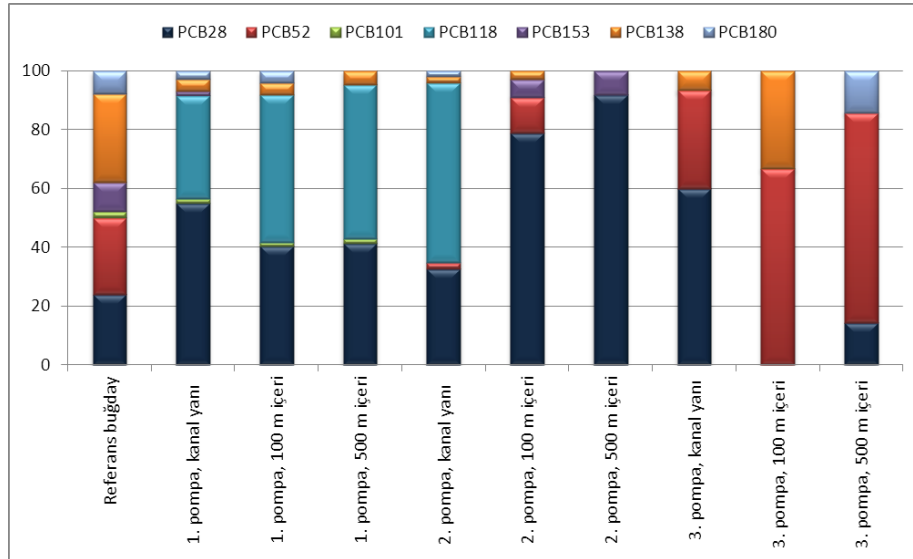
Şekil 4.51'de buğday numunelerinde tespit edilen parathion bileşiğinin miktarları verilmiştir. Referans buğday numunesinde parathion miktarı 0.33 mg/kg'dır. Buğday numunelerinde en düşük miktar 0,28 mg/kg olarak 3. pompa 500 m içeriden alınan, en yüksek miktar 2.59 mg/kg olarak 2. pompa 500 m içeriden alınan numunede tespit edilmiştir. 1. pompa kanal yanından, 2. pompa 500 m içeriden, 3. pompa 100 m içeriden alınan numunelerde tespit edilen değer referans değerden yüksek bulunmuştur. 2. pompa 500 m içeriden alınan numune hariç diğer numunelerde tespit edilen değerler birbirine yakın çıkarken 2. pompa 500 m içeriden alınan numunede tespit edilen parathion miktarı oldukça yüksek çıkmıştır.

#### 4.5.3. Buğday numunelerinde tespit edilen PCB miktarları

Çizelge 4.17.'te buğday numunelerinde tespit edilen PCB kongenerlerinin miktarları ve Şekil 4.52'de % dağılımları verilmiştir.

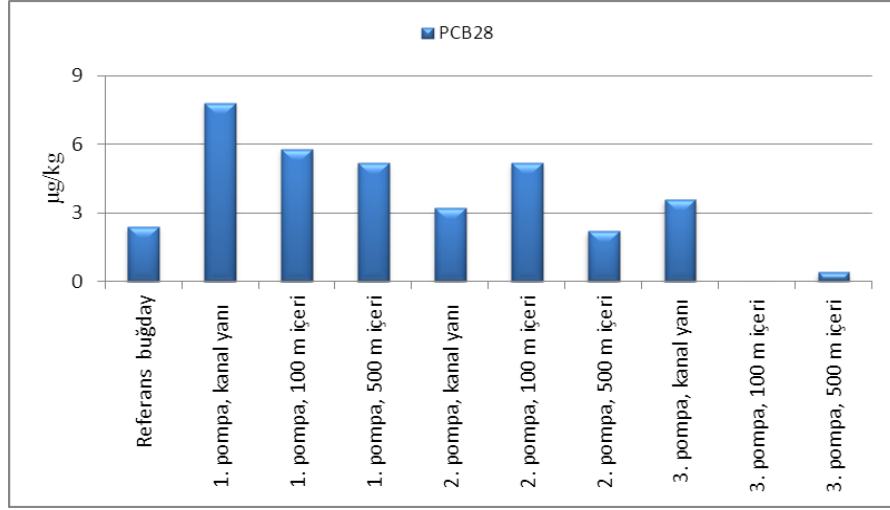
**Çizelge 4.17.** Buğday numunelerinde tespit edilen PCB kongenerlerinin miktarları ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

No	Numune noktası	PCB28	PCB52	PCB101	PCB118	PCB153	PCB138	PCB180
1	Referans buğday	2.40	2.60	0.20	<dl	1.00	3.00	0.80
2	1 No'lu Pompa, Kanal Yanı	7.80	<dl	0.20	5.00	0.20	0.60	0.40
3	1 No'lu Pompa, 100 m içeri	5.80	<dl	0.20	7.20	<dl	0.60	0.60
4	1 No'lu Pompa, 500 m içeri	5.20	<dl	0.20	6.60	<dl	0.60	<dl
5	2 No'lu Pompa, Kanal Yanı	3.20	0.20	<dl	6.00	<dl	0.20	0.20
6	2 No'lu Pompa, 100 m içeri	5.20	0.80	<dl	<dl	0.40	0.20	<dl
7	2 No'lu Pompa, 500 m içeri	2.20	<dl	<dl	<dl	0.20	<dl	<dl
8	3 No'lu Pompa, Kanal Yanı	3.60	2.00	<dl	<dl	<dl	0.40	<dl
9	3 No'lu Pompa, 100 m içeri	<dl	1.20	<dl	<dl	<dl	0.60	<dl
10	3 No'lu Pompa, 500 m içeri	0.40	2.00	<dl	<dl	<dl	<dl	0.40

**Şekil 4.52.** Buğday örneklerinde tespit edilen PCB bileşiklerinin % dağılımları

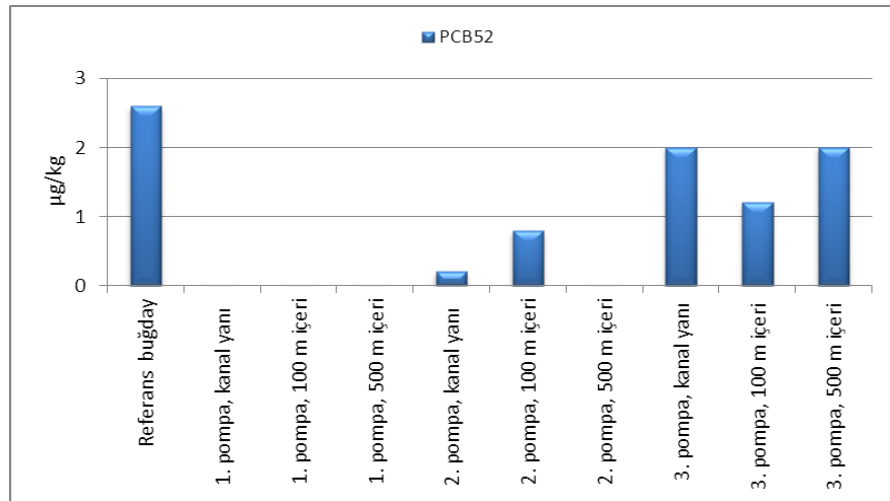
Çizelge 4.17. ve Şekil 4.52. incelendiğinde buğday numunelerinde toprak numunelerinin aksine PCB 28, PCB 52 baskın olarak tespit edildiği görülmektedir. Bu PCB kongenerlerinin fiziko-kimyasal özelliklerinden dolayı atmosferi ortamında birikim yapmaya daha uygun oldukları için atmosferik taşınım ile buğday numunelerine geldikleri düşünülmüştür.

Tahıl gurubu gıdalar için yönetmeliklerde PCB kongenerleri ile ilgili limit değerler bulunmamaktadır.



Şekil 4.53. Buğday numunelerinde tespit edilen PCB 28 kongenerinin miktarı

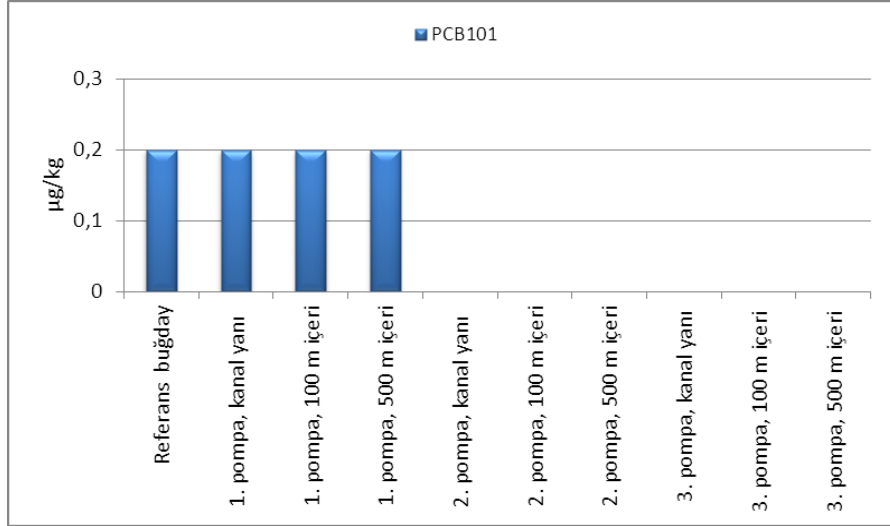
Şekil 4.53’de buğday numunelerinde tespit edilen PCB 28 kongenerinin miktarları verilmiştir. Referans buğday numunesinde 2.4 µg/kg miktarında PCB 28 tespit edilmiştir. Buğday numunelerinden 3. Pompa 100 m içeriden alınan numunede tespit edilmezken en yüksek miktarda 7.8 µg/kg olarak 1. pompa, kanal yanından alınan numunede tespit edilmiştir. 1. pompa kanal yanından 100 m içeriden ve 500 m içeriden, 2. pompa, kanal yanından ve 100 m içeriden, 3. pompa kanal yanından alınan numunelerdeki PCB 28 miktarı referans değerlerden yüksek çıkmıştır. 1. pompadan 100 m ve 500 m iç kısımlara ilerledikçe PCB 28 miktarında azalma gözlenmiştir.



Şekil 4.54. Buğday numunelerinde tespit edilen PCB 52 kongenerinin miktarı

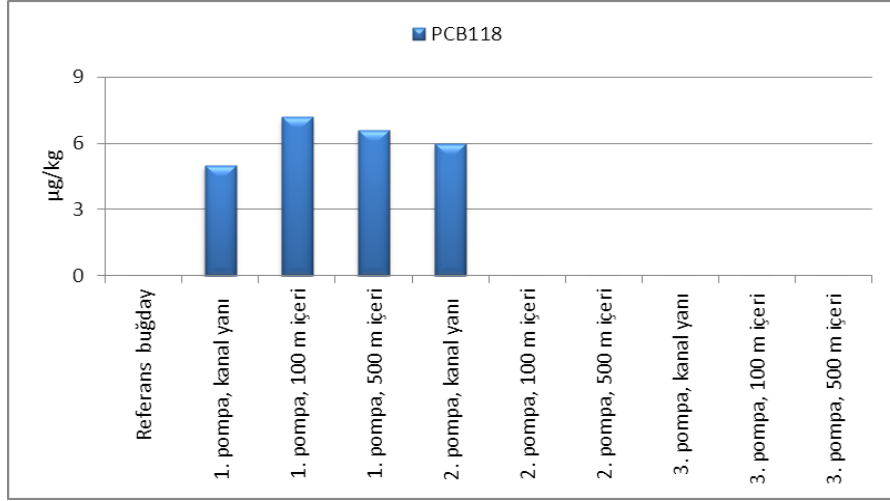
Şekil 4.54’de buğday numunelerinde tespit edilen PCB 52 kongenerinin miktarları verilmiştir. Referans buğdayda PCB 52 2.6 µg/kg olarak bulunmuştur.

Buğday numunelerinden 1. pompa, kanal yanından, 100 m içeriden, 500 m içeriden, 2. pompa, 500 m içeriden alınan numunelerde PCB 52 tespit edilmemiştir. Buğday numunelerinde en yüksek PCB 52 miktarı 2 µg/kg olarak 3. pompa, kanal yanından ve 500 m içeriden alınan numunelerde tespit edilmiştir. Referans buğdayda bulunan PCB 52 miktarının numunelerde tespit edilen değerlerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.



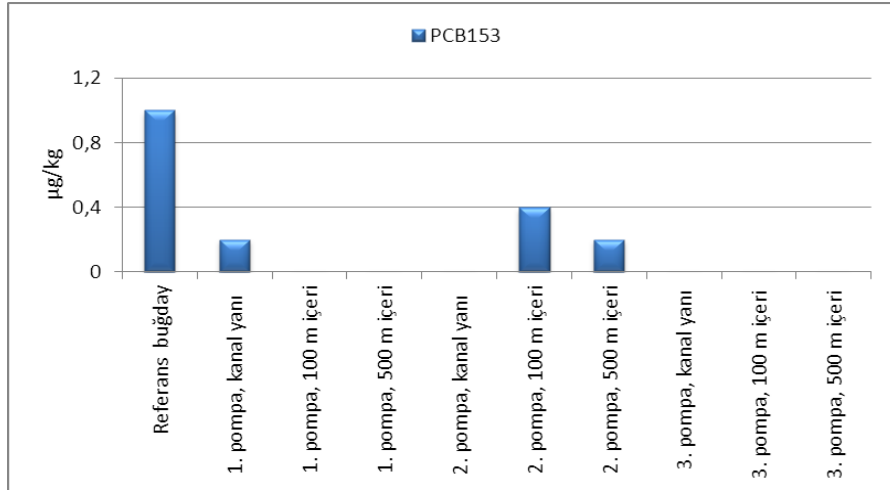
Şekil 4.55. Buğday numunelerinde tespit edilen PCB 101 kongenerinin miktarı

Şekil 4.55'te buğday numunelerinde tespit edilen PCB 101 kongenerinin miktarları verilmiştir. Referans buğday numunesinde, 1. pompa kanal yanından, 100 m içeriden ve 500 m içeriden alınan numunelerde PCB 101 miktarı 0.2 µg/kg olarak bulunmuştur ve 2. pompa kanal yanından, 100 m içeriden ve 500 m içeriden, 3. pompa kanal yanından, 100 m içeriden ve 500 m içeriden alınan numunelerde PCB 101 tespit edilmemiştir.



Şekil 4.56. Buğday numunelerinde tespit edilen PCB 118 kongenerinin miktarı

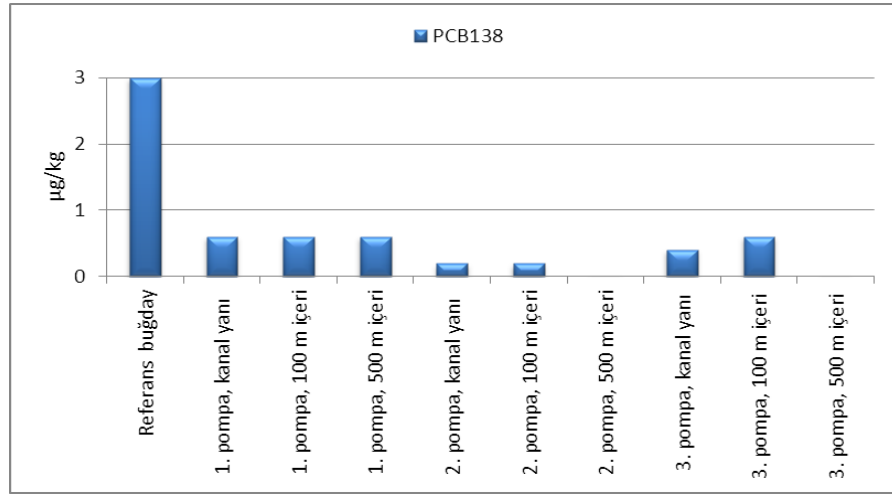
Şekil 4.56’da buğday numunelerinde tespit edilen PCB 118 kongenerinin miktarları verilmiştir. Referans buğday numunesinde, 2. pompa 100 m içeriden ve 500 m içeriden alınan, 3. pompa kanal yanından, 100 m içeriden ve 500 m içeriden alınan numunelerde PCB 118 tespit edilmemiştir. Diğer numunelerde 5-7.2 µg/kg aralığında tespit edilmiştir.



Şekil 4.57. Buğday numunelerinde tespit edilen PCB 153 kongenerinin miktarı

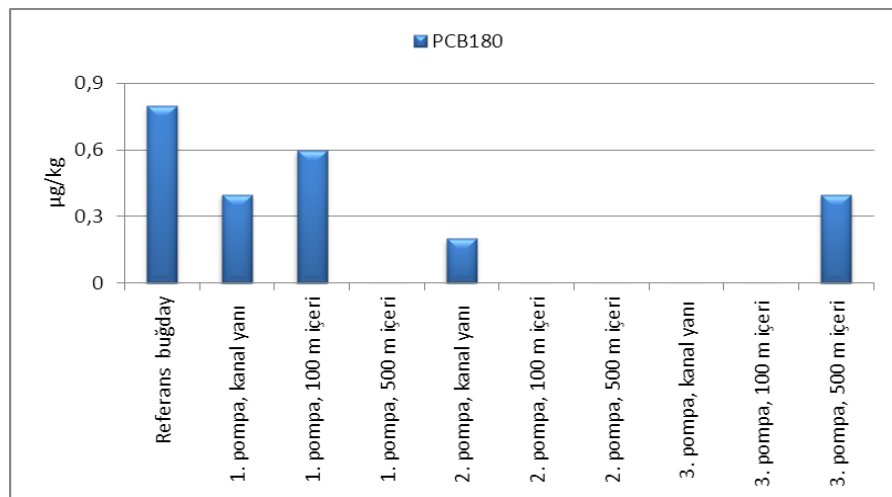
Şekil 4.57’de buğday numunelerinde tespit edilen PCB 153 kongenerinin miktarları verilmiştir. Referans buğday numunesinde PCB 153 miktarı 1 µg/kg olarak tespit edilmiştir. 1. pompa 100 m içeriden ve 500 m içeriden, 2. pompa kanal yanından, 3. pompa kanal yanından, 100 m içeriden ve 500 m içeriden alınan numunelerde PCB 153 tespit edilmemiştir ve 2. pompa 100 m içeriden alınan numunede 0.4 µg/kg olarak

en yüksek değer tespit edilmiştir. Referans numunede tespit edilen değer numunelerde tespit edilen değerden yuaksektir.



şekil 4.58. Buğday numunelerinde tespit edilen PCB 138 kongenerinin miktarı

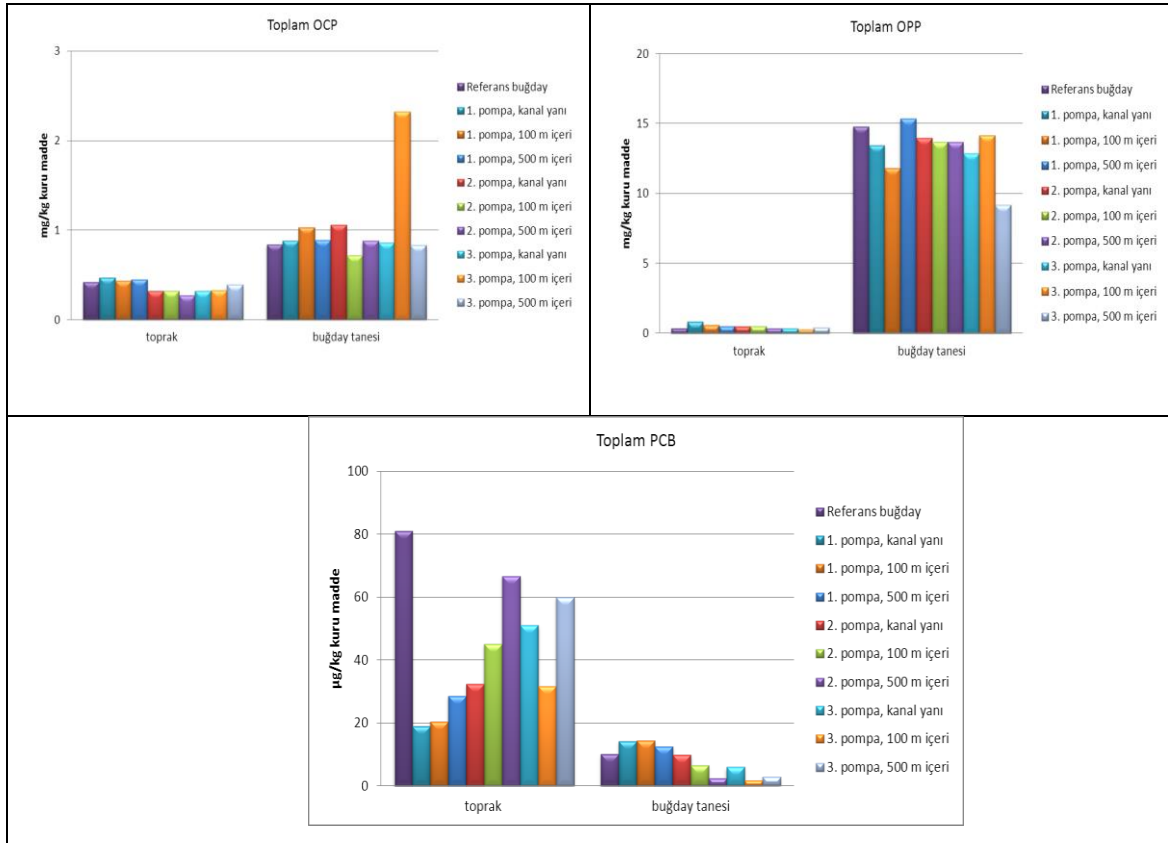
şekil 4.58’de buğday numunelerinde tespit edilen PCB 138 kongenerinin miktarları verilmiştir. PCB 138 referans buğday numunesinde 3 µg/kg olarak tespit edilmiştir. 2. pompa, 500 m içeri ve 3. pompa, 500 m içeriden alınan numunelerde PCB 138 tespit edilmemiştir ve en yuaksektarda 0.6 µg/kg olarak tespit edilmiştir. Referans buğday numunesinde tespit edilen PCB 138 miktarının numunelerde tespit edilen miktardan çok fazla olduğu gözlenmiştir.



şekil 4.59. Buğday numunelerinde tespit edilen PCB 180 bileşiğinin miktarı

Şekil 4.59’da buğday numunelerinde tespit edilen PCB 180 bileşiğinin miktarları verilmiştir. Referans buğday numunesinde PCB 180 miktarı 0.8 µg/kg olarak tespit edilmiştir. Buğday örneklerinden 1. pompa 500 m içeri, 2. pompa 100 m ve 500 m içeri, 3. Pompa kanal yanı ve 100 m içeriden alınan numunelerde PCB 180 tespit edilmemiştir. Buğday numunelerinden 1. pompa 100 m içeriden alınan numunede 0.6 µg/kg olarak en yüksek miktar tespit edilmiştir. Referans buğday numunesinde tespit edilen PCB 180 miktarının numunelerde tespit edilen miktardan fazla olduğu gözlenmiştir.

#### 4.5.4. Buğday ve toprak numunelerinde ve tespit edilen OCP, OPP, PCB miktarlarının karşılaştırılması



Şekil 4.60. Toprak ve buğday numunelerinde tespit edilen OCP, OPP, PCB bileşiklerinin karşılaştırılması

Şekil 4.60’ta toprak ve buğday tanelerinde tayin edilen toplam PCB, OPP, OCP miktarları görülmektedir. Toprak numunelerinde tayin edilen toplam PCB kalıntı miktarı aynı topraklarda yetişen buğday tanelerinde tayin edilen miktarlardan daha düşük iken, toplam OPP, toplam OCP bileşikleri içinse bu durumun tersi söz konusudur.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 5.1 Sonuçlar

Konya kentinin evsel ve endüstriyel atıksuları birleşik kanalizasyon sistemi ile toplanmaktadır. Bu şekilde atıksular 2010 yılına kadar hiçbir arıtma işlemine tabi tutulmaksızın Ana Tahliye Kanalı ile Tuz gölüne uzaklaştırılmıştır. Kurak dönemlerde Ana Tahliye Kanalındaki atıksular tarımsal alanların sulanması için çiftçiler tarafından kullanılmaktadır

Bu çalışmada atıksu ile sulanan topraklardaki ve bu topraklarda yetiştirilen ürünlerdeki pestisit ve PCB'ler incelenmiştir. Çalışmada kullanılan toprak numuneleri Konya atıksuyunu Tuz Gölü'ne götüren Ana Tahliye Kanalı üzerindeki 1, 2 ve 3 nolu pompa istasyonları civarından alınmıştır. Ürünleri incelemek için toprak numunelerinin alındığı noktalardan buğday numuneleri alınmıştır. Toprakların fiziko kimyasal özellikleride incelenmiştir.

Numunelerin nemleri %7.36-17.62 arasında tespit edilmiştir. Nem miktarlarının genellikle derinlikle birlikte arttığı gözlenmiştir. Numunelerin kuru madde miktarları, % 82.37-92.63 arasında, uçucu katı madde miktarları (organik madde) % 1.30 ile 23.69 arasında, sabit katı madde miktarları % 76.30-98.70 arasında tespit edilmiştir. Referans topraktan alınan numunelerin nemleri % 8.54-11.14, kuru madde miktarları % 88.85-91.45, uçucu katı madde miktarları % 0.69-3.67, sabit katı madde miktarları % 96.32-99.30 arasında tespit edilmiştir. Numunelerin % nem, kuru madde, uçucu katı madde, sabit katı madde miktarlarının referans değerden çok farklı olmadığı gözlenmiştir. Numunelerin pH değerleri 8.55- 9.48 arasında tespit edilmiştir. Referans topraktan 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerden alınan numunelerin pH değerleri sırasıyla 8.96, 8.98, 9.06 olarak tespit edilmiştir. pH değerlerinin referans değerlerle çok farklılık göstermediği görülmüştür. pH değerleri genellikle derinlik artıkça artış göstermiştir.

Numunelerin Eİ değerleri 125.7-1,983  $\mu\text{S}/\text{cm}$  arasında ölçülmüştür. Referans toprağın Eİ değeri 0-25, 25-50, 50-75 cm derinliklerinde sırasıyla 116.4, 111.3, 107  $\mu\text{S}/\text{cm}$  olarak ölçülmüştür. Bütün numunelerin Eİ değerinin referans topraklardan alınan numunelerin Eİ değerlerinden büyük olduğu görülmüştür. Numunelerin Eİ değerlerinin genellikle derinlikle arttığı tespit edilmiştir. 2. pompa, kanal yanı, 0-25 cm, 2. pompa, 100 m içeri, 0-25 cm ve 3. pompa, 100 m içeri, 0-25 cm derinliklerden alınan numuneler killi-tınlı, diğer bölgelerden alınan numuneler killi olarak tespit edilmiştir.

Referans toprak numunelerinde toplam 20 OCP bileşiği ( $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH,  $\gamma$ -HCH,  $\delta$ -HCH, heptachlor, aldrin, heptachlor epoxide, chlordane II, endosulfan I, chlordane I, p,p-DDE, dieldrin, endrin, endosulfan II, p,p-DDD, endrin aldehyde, endosulfan sulfate, p,p-DDT, endrin ketone, methoxychlor) 105.78  $\mu\text{g}/\text{kg}$  ile 176.25  $\mu\text{g}/\text{kg}$  aralığında tespit edilirken, atıksular ile sulanan alanlardan alınan toprak numunelerinde 70.78  $\mu\text{g}/\text{kg}$  ile 224.47  $\mu\text{g}/\text{kg}$  aralığında tespit edilmiştir. Referans toprak numunelerinde toplam 5 OPP bileşiği (diazinon, methyl-parathion, malathion, chlorpyrifos, parathion) 83.75  $\mu\text{g}/\text{kg}$  ile 134.65  $\mu\text{g}/\text{kg}$  aralığında tespit edilirken, atıksular ile sulanan alanlardan alınan toprak numunelerinde 84.32  $\mu\text{g}/\text{kg}$  ile 403.96  $\mu\text{g}/\text{kg}$  aralığında tespit edilmiştir. Referans toprak numunelerinde toplam 7 PCB bileşiği (PCB 28, 52, 101, 118, 153, 138, 180) 24.91  $\mu\text{g}/\text{kg}$  ile 28.58  $\mu\text{g}/\text{kg}$  aralığında tespit edilirken, atıksular ile sulanan alanlardan alınan toprak numunelerinde 1.12  $\mu\text{g}/\text{kg}$  ile 29.71  $\mu\text{g}/\text{kg}$  aralığında tespit edilmiştir.

OCP bileşiklerinden  $\alpha$ -HCH,  $\gamma$ -HCH, heptachlor, endosulfan I, endrin, OPP bileşiklerinden malathion ve chlorprifos, PCB bileşiklerinden PCB 153 ve PCB 138 kongenerleri genellikle tüm toprak örneklerinde daha baskın olarak tespit edilmiştir. Kanal boyunca ve farklı derinlikler ile alınan örneklerde tespit edilen OCP, OPP ve PCB bileşiklerinin miktarları arasında belirgin bir ilişki tespit edilmemiştir.

Genellikle referans toprak numunelerinde tayin edilen OCP miktarlarının atıksular ile sulanan alanlardan alınan toprak numunelerinde tayin edilen miktarlardan çok farklı olmadığı görülmüştür. Bu durum her iki alanda da pestisit kullanımının olması ile açıklanabilir.

Atıksular ile sulanan alanlardan alınan numunelerde tayin edilen diazinon, chlorpyrifos, parathion miktarlarının referans toprak numunelerinde tespit edilen diazinon, chlorpyrifos, parathion miktarlarından daha yüksek veya yakın olduğu, methyl-parathion ve malathion miktarının referans toprak numunelerinde tespit edilen miktarlarından 1. ve 2. pompada yüksek veya yakın, 3. pompada daha düşük olduğu gözlenmiştir. Temiz su ve atıksu ile sulanan her iki tarımsal alanda da pestisit kullanımı olmasına rağmen atıksular ile sulanan alanlarda daha yüksek kalıntıların tayin edilmesi atıksu ile sulama sonucu organofosforlu pestisit kirlenmesi olabileceğini göstermektedir.

Referans toprak numunelerinde PCB kongenerlerinin miktarı, atıksular ile sulanan zirai alanlardaki toprak numunelerindeki miktarlardan daha yüksek veya yakın

değerlerde tespit edilmiştir. Bu durum atıksular ile sulanan zirai alanlardaki kirliliğin tek sebebinin atıksu sulamasından kaynaklanmadığını göstermektedir.

Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirilenmiş Sahalara Dair Yönetmelik (2010)'de jenerik kirletici sınır değerleri (toprağın yutulması ve deri teması yoluyla emilim) aldrin ve dieldrin için 0.03 mg/kg, DDD, DDT ve chlordane için 2 mg/kg, DDE için 1 mg/kg, , endosulfan için 367 mg/kg, endrin için 18 mg/kg,  $\alpha$ -HCH için 0.08 mg/kg,  $\beta$ -HCH için 0.3 mg/kg,  $\gamma$ -HCH için 0.5 mg/kg, heptachlor için 0.1 mg/kg, methoxychlor için 306 mg/kg, arochlor 1016 karışımları için 6 mg/kg ve arochlor 1016 dışında kalan tüm karışımlar için 0.2 mg/kg fırın kuru toprak olarak verilmiştir. OPP bileşikleri için yönetmelikte sınır değer verilmemiştir. Referans toprak ve atıksular ile sulanan alanlardan alınan toprak numunelerinde tespit edilen OCP bileşiklerinin yönetmelikte verilen sınır değerleri aşmadığı tespit edilmiştir.

Toprak numunelerinin sonuçları yönetmeliğe göre tespit edilen referans değerden sapma düzeyine göre değerlendirildiğinde ise numune alınan bölgeler genellikle İkinci Aşama Değerlendirme sürecine tabi Takip Gerektiren saha (sapma > 1) olarak tespit edilmiştir. Sadece 1. Pompa kanal yanı 0-25 cm derinlikten alınan endrin aldehide bileşiği ve PCB 118 kongeneri için sapma değeri 25'ten büyük tespit edilmiştir ve bu saha Bakanlıkça belirlenen süreç uyarınca temizlenmesi gereken Kirilenmiş Saha olarak belirlenmiştir.

Referans buğday örneğinde toplam OCP 0.83 mg/kg, atıksular ile sulanan alanlarda yetişen buğday örneklerinde toplam OCP 0.73 mg/kg ile 2.33 mg/kg aralığında, referans buğday örneğinde toplam OPP 14.8 mg/kg, atıksular ile sulanan alanlarda yetişen buğday örneklerinde toplam OPP 9.16 mg/kg ile 15.36 mg/kg aralığında, referans buğday örneğinde toplam PCB 10  $\mu$ g/kg, atıksular ile sulanan alanlarda yetişen buğday örneklerinde toplam PCB 1.8  $\mu$ g/kg ile 14.4  $\mu$ g/kg mg/kg aralığında tespit edilmiştir. OCP bileşiklerinden  $\beta$ -HCH, endosulfan I, endrin, OPP bileşiklerinden malathion ve chlorprifos, PCB bileşiklerinden PCB 28 ve PCB 52 genellikle tüm buğday örneklerinde daha baskın olarak tespit edilmiştir. Türk gıda kodeksi pestisitlerin maksimum kalıntı limitleri yönetmeliğinde sınır değerler  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ -HCH, heptachlor (heptachlor ve heptachlor epoxide toplamı, heptachlor cinsinden), aldrin ve dieldrin (aldrin ve dieldrin kombinasyonu, dieldrin cinsinden), chlordane (cis- ve trans- chlordane toplamı), endrin için 0.01 mg/kg, HCH (gamma izomeri hariç izomerleri toplamı), diazinon, metilparathion (metil paraoxon dahil) için 0.02 mg/kg, DDT (p,p-DDT, o,p-DDT, p,p-DDE ve p,p-DDD toplamı DDT cinsinden), endosulfan

(alfa- ve beta- izomerleri ile endosulfan- sulfate, endosulfan cinsinden), chloryrifos, parathion için 0.05 mg/kg, malathion (malathion ve malaoson toplamı malathion cinsinden) için 5 mg/kg olarak verilmiştir. Yönetmeliklerde tahıl grubu gıdalar için PCB bileşikleriyle ilgili sınır değeri verilmemiştir. Numunelerde tespit edilen değerlerden 3. pompa 500 m içeriden alınan numunede tespit edilen malathion bileşiğinin miktarı hariç diğer tüm bileşikler yönetmelikte verilen limit değerlerin üzerinde tespit edilmiştir.

Toprak numunelerinde tayin edilen toplam PCB kalıntı miktarı aynı topraklarda yetişen buğday tanelerinde tayin edilen miktarlardan daha yüksek tespit edilmiştir. Toprak numunelerinde tayin edilen toplam OPP ve OCP kalıntı miktarı, aynı topraklarda yetişen buğday tanelerinde tayin edilen miktarlardan daha düşük tespit edilmiştir. Bu durum toprakta bulunan OCP ve OPP bileşiklerinin toprakta yetişen ürün olan buğday taneleri tarafından alınarak depolanabildiğini göstermektedir.

## 5.2. Öneriler

Sonuç olarak, ülkemizde toprak ve gıda ilgili yönetmelikler dikkate alındığında incelenen sahaların genellikle İkinci Aşama Değerlendirme Süresine Tabi Takip Gerektiren Saha olduğu, bu sahalarda yetiştirilen buğdaylarında pestisitler ve PCB'ler ile kirlendiği tespit edilmiştir. Alınabilecek gerekli önlemler;

- Atıksuda kirlilik parametreleri tespit edilerek hangi amaçla kullanılabilceği belirlenmeli, sulama amaçlı kullanılacaksa yönetmeliklerdeki standartlara uyması sağlanmalıdır.
- Atıksuyun sulamada kullanılmasıyla ilgili resmi kayıtlar tutulmalı hangi arazilerin sulandığı, hangi ürünlerin yetiştirildiği rapor edilmelidir.
- Konya kanalizasyon sistemine deşarj yapan sanayi tesislerinin atıksularını arıtmaları sağlanmalıdır.
- Sulamada kullanılan atıksu iyi bir şekilde dezenfekte edilmelidir ve membran teknolojileri, aktif karbon ve ileri oksidasyon gibi daha ileri arıtma alternatifleri kullanılmalıdır.
- Sulamada kullanılan atıksuyun tesis çıkışındaki KOİ, BOİ, AKM, Eİ, azot, fosfor parametrelerinin yanı sıra ağır metal, pestisit ve PCB kirleticileri gibi organik bileşikler de izlenmelidir.

- Atıksu içerisindeki kirleticilerin konsantrasyonu standartları sağlasa bile tarım alanlarındaki ürünlere ve yararlı mikroorganizmalara ortak etkilerini görebilmek için sulamada kullanılacak atıksuya toksisite testleri yapılmalıdır.
- Atıksu için uygun sulama yöntemleri belirlenmelidir.
- Sulamanın yapıldığı toprak ve bu alanda yetiştirilecek ürünlerin özellikleri dikkate alınarak atıksu sulamada kullanılmalıdır.
- Uzun süreli sulama topraklarda tuzluluğa ve kirleticilerin birikimine neden olacağı için atıksu sulaması yapılan alanlarda periyodik toprak analizleri yapılarak toprakta oluşabilecek olumsuz etkiler takip edilmelidir.
- Bölgede yeraltı suyu mesafesi ve kritik alanlara yakınlık durumu incelenmelidir.
- Yetiştirilen ürünler periyodik olarak incelenmeli ve halk sağlığına uygunluğu araştırılmalıdır.
- Çiftçiler sulamada atıksu kullanımı ve pestisit kullanımı konusunda bilinçlendirilmelidir.
- İnsan ve çevre için daha az toksik olan pestisitler tercih edilmelidir. Kalıcılıkları ve toksisiteleri yüksek pestisitlerin kullanımı engellenmeli alternatif çözümler araştırılmalıdır.
- Çevresel ortamlardaki pestisit ve PCB'lerin düşük konsantrasyonlarını tespit edebilmek için uygun analitik metotlar geliştirilmelidir. Araştırma laboratuvarları açılmalıdır.
- Ülkemizdeki pestisitler, PCB'ler gibi mikroorganik kirleticilerin tespit edilmesi ve ortadan kaldırılması için daha fazla bilimsel ve teknik çalışmalar gerçekleştirilmelidir.
- Konya Atıksu Arıtma Tesisi 2010 yılında faaliyete geçmiştir. Bu zamana kadar ham atıksu ile tarım alanları kontrolsüzce sulandığı için sahaların toprak iyileştirme yöntemleri ile temizlendikten sonra tarımsal amaçla kullanılması ve arıtılmış atıksu ile sulanması uygun olacaktır.
- Yönetmeliklerde yer almayan kirletici parametreler ile ilgili yasal düzenlemelerin yapılması ve takibinin sağlanması için kontrol mekanizmalarının geliştirilmesi özellikle halk ve çevre sağlığı açısından önemlidir.

## KAYNAKLAR

- Akalın, F., 1983, Konya Ovası Kapalı Havza Sorunları Ana Tahliye Kanalı ve Tuz Gölü İlişkileri, *DSİ Bülten*, Ankara.
- Aksu, P., 2007, Meyve ve sebzelerdeki pestisit kalıntılarının tayininde gaz kromatografisi/kütle spektrometresi (GC/MS) ile çoklu kalıntı analiz yöntemlerinin geliştirilmesi, Doktora Tezi, *Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 66-68.
- Andreu, V., Pico, Y., 2004, Determination of pesticides and their degradation products in soil: critical review and comparison of methods, *Trends in Analytical Chemistry*, 23, 772-789.
- Anonim, 2012, Konya atıksu arıtma akış şeması (Türkçe) [online], Konya Su ve Kanalizasyon İdaresi, <http://www.koski.gov.tr/mAtiksuAritma/atikSuAritma-TRKShema.php?pd=73||68&> [ziyaret tarihi:20 Mayıs 2012]
- Anonim, 1978, Konya kapalı havzası toprakları, *Toprak Su Genel Müdürlüğü Yayınları*, No. 228, Ankara.
- Ansari, M.I., Malik, A., 2009, Genotoxicity of agricultural soils in the vicinity of industrial area, *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 673, 124-132.
- APHA, 1992, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 17.ed. Washington DC.
- Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği, *T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı*, 2010.
- Aydın, M.E., 2000, Konya Ana Tahliye Kanalı'nın Tuz Gölü'nün Kirliliğine Etkisi, 3. *GAP Mühendislik Kongresi, Harran Üniversitesi Basımevi*, Şanlıurfa, 356-363.
- Aydın, M.E., Bircan, E., Özcan, S., Eysel Atıksuların Geri Kazanılarak Sulamada Kullanımı, Konya Kapalı Havzası Yer Altı Suyu Ve Kuraklık Konferansı, 11-12 Eylül 2008, Konya, 17-25.
- Aydın, M.E., Kara, G., 2004, An Investigation on the toxicity of sewage, *Fresenius Environmental Bulletin*, Volume 13, No 12a, 1444-1448.
- Aydın, M.E., Kara, G., Özcan, S., Sarı, S., 2005, Konya atıksularının karakterizasyonu, 6. *Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, Poster Sunumlar Kitabı*, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, İstanbul, 115-119.
- Aydın, M.E., Özcan, S., Sarı, S., 2003, Konya Ana Tahliye Kanalında su ve sedimentte poliklorlu bifenil (PCB) bileşiklerinin belirlenmesi, *S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg.*, C.18, s-2.

- Aydın, M.E., Özcan, S., Sarı, S., 2003, Konya Ana Tahliye Kanalında su ve sedimentte organoklorlu pestisitler (OCPs), *V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, 1-4 Ekim 2003*, Cilt 1, Sayı 1, Ankara, 112-126.
- Aydın, M.E., Özcan, S., Sarı, S., 2003, Konya Ana Tahliye Kanalında Su ve Sedimentte Organoklorlu Pestisitler (OCPs), *V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi*, Cilt 1, Sayı 1, 1-4 Ekim, Ankara, 112-126.
- Aydın, M.E., Özcan, S., Sarı, S., 2004, Organochlorine pesticides in the sewerage system of Konya-Turkey, *Fresenius Environmental Bulletin*, Volume 13, No 11b, 1303-1308.
- Aydın, M.E., Tor, A., Kara, G., Yıldız, S., Özcan, S., 2008, Evaluation of suitable toxicity tests for industrial wastewaters, TÜBİTAK-JULICH Proje No: 104I136.
- Aydın, M.E., Wichmann, H., Bahadır, M., 2004, Priority organic pollutants in fresh and wastewaters of Konya Turkey, *Fresenius Environmental Bulletin*, 13, 2, 118-123.
- Aydın, M.E., Yıldız, S., Özcan, S., Kara, G., 2007, Atıksuların akut toksisitesinin belirlenmesinde farklı biotest yöntemlerinin uygulanması, *VII. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, Yaşam Çevre Teknoloji, 24-27 Ekim 2007*, İzmir, 693-700.
- Backe, C., Cousins, I. T., Larsson, P., 2004, PCB in soil and estimated soil-air exchange fluxes of selected PCB congeners in the south of Sweden, *Environmental Pollution*, 128, 59-72.
- Barker, J., 1999, Mass spectrometry (second edition), *John Wiley&sons Ltd*, Baffins Lane, Chichester, England, 1-2.
- Bektay, A., Aydın, M.E., 1996, Atıksuların tarımsal maksatlı kullanımı ve Konya ovasında atıksularla sulanan toprakların kirlenmesi, *Tarım ve Çevre İlişkileri Sempozyumu, "Doğal Kaynakların Sürdürülebilir Kullanımı"*, Mersin, 43-51.
- Blasko, C., Fernández, M., Pena, A., Lino, C., Silveira, M. I., Font, G., Picó, Y., 2003, Assessment of pesticide residues in honey samples from Portugal and Spain, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51, 8132 – 8138.
- Brevik, K., Sweetman, A., Pacyna, J. M. ve Jones, K. C., 2002, Towards a global historical emission inventory for selected PCB congeners- a mass balance approach, *The Science of the Total Environment*, 290, 181-198.
- Bouyoucos hydrometer method, 2004, Soil particle size analysis.
- Büyükkamacı, N., 2009, Su yönetiminin etkin bileşimi: yeniden kullanım, *TMMOB İzmir Kent Sempozyumu*, İzmir, 363-379.
- Çakıroğulları, G. Ç., Seçer, S., 2011, Poliklorlu bifeniller ve suçul yaşam, *Çevre Bilimleri Dergisi, Ankara Üniversitesi*, 3, 73-83.

- Çallı Altun, N., 2007, Katı-faz ekstraksiyon ve gaz kromatografik metotlarla gıda örneklerinde pestisit analizleri, Doktora Tezi, *Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa, 21-22.
- Characterization of waste – Preparation of Waste Samples for Ecotoxicity Tests; German version pr EN 14735, 2002.
- Chen, Y., Wang, C., Wang, Z., 2005, Residues and source identification of persistent organic pollutants in farmland soils irrigated by effluents from biological treatment plants, *Environment International*, 31, 778-783.
- Cogliano V.J., 1998, Assessing the cancer risk from environmental PCBs, *Environmental Health Perspect*, 106(6), 317-323.
- Collins W.T., Capen C.C., 1980, Fine structural lesions and hormonal alterations in thyroid glands of perinatal rats exposed in utero and by the milk to Polychlorinated biphenyls, *The American Journal of Pathology*, 99, 125-142.
- Dağ, S.S., Aytaç, V.T., Gündüz, A., Kantarcı, M., Şişman, N., 2000, Türkiyede tarım ilaçları endüstrisi ve geleceği, *V. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi*, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Ankara, Bildiriler Kitabı 2. Cilt, 933-958.
- Dağlı, Z., 2008, Konya bölgesinde buğdaylarda organik klorlu pestisit seviyelerinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 13, 21-22.
- Delen. N., 2008, Fungisitler, Nobel Yayınevi, İzmir.
- DIN ISO 10390 (2005-12), Soil quality-Determination of pH (ISO 10390:2005).
- DIN ISO 11265 (1997-06), Soil quality-Determination of the specific electrical conductivity (ISO 11265:1994 + Corr 1:1996).
- Düring, R.A., Hoß, T., Gañth, S., 2002, Depth distribution and bioavailability of pollutants in long-term differently tilled soils, *Soil & Tillage Research* 66, 183-195.
- Durmuşoğlu, E ., Tiryaki, O., Canhilal, R., 2010, Türkiye'de pestisit kullanımı, kalıntı ve dayanıklılık sorunları, *VII. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi*, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Ankara, Bildiriler Kitabı 2:589-607.
- Eisler, R., Belisle, A. A., 1996, Planar PCB hazards to fish, wildlife and invertebrates: a synoptic review, Patuxent Wildlife Research Center U. S. National Biological Service Laurel, MD 20708, 31, 4-5.
- Gaw, S. K. , Wilkins, A. L., Kim, N.D., Palmer, G.T., Robinson, P., 2006, Trace element and ΣDDT concentrations in horticultural soils from the Tasman, Waikato and Auckland Regions of New Zealand, *Science of the Total Environment*, 355, 31-47.

- Gong, Z.M., Tao, S., Xu, F.L., Dawson, R., Liu, W.X., Cui, Y.H., Cao, Y.H., Wang, X.J., Shen, W.R., Zhang, W.J., Qing, B.P., Sun, R., 2004, Level and distribution of DDT in surface soils from Tianjin, China, *Chemosphere*, 54, 1247-1253.
- Güler, Ç., Çobanoğlu, Z., 1997, Pestisitler, çevre sağlığı temel kaynak dizisi no:52, Ankara, 9-22.
- Güvenç, D., Aksoy, A., 2007, Poliklorlu bifenillerin toksikolojisi, *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi*, 78(2), 17-25.
- <http://www.caslab.com/> [Ziyaret Tarihi: 3 Temmuz 2012]
- <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB> [Ziyaret Tarihi: 3 Temmuz 2012]
- Anonim, 2012, Konya atıksu artıma akış şeması (Türkçe) [online], Konya Su ve Kanalizasyon İdaresi, <http://www.koski.gov.tr/mAtiksuAritma/atikSuAritma-TRKShema.php?pd=73||68&> [ziyaret tarihi:20 Mayıs 2012]
- Jennings, W., 1987, Analytical Gas Chromatography, *FL Academic Pres*, Orlando, USA.
- Jensen, S., 1966, Report of a new chemical hazard, *New Scientist*, 32, 612-622.
- Jiries, A.G., Nasir, M.A., Beese, F., 2002, Pesticide and heavy metals residue in wastewater, soil and plants in wastewater disposal site near Al-Lajoun Valley, Karak / Jordan, *Water, Air and Soil Pollution*, 133, 97-107.
- Kalıcı organik kirleticilere (KOK'lar) ilişkin stockholm sözleşmesi için ulusal uygulama planı, 2010, *T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı*, Ankara, 1-4.
- Khim, J.S., Lee, K.T., Kannan, K., Villeneuve, D.L., Giesy, J.P., Koh, C.H., 2001, Trace organic contaminants in sediment and water from Ulsan Bay and its vicinity, Korea, *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 40, 141-150.
- Kodešova, R., Kočarek, M., Kodeš, V., Drabek, O., Kozak, J., Hejtmankova, K., 2011, Pesticide adsorption in relation to soil properties and soil type distribution in regional scale, *Journal of Hazardous Materials* 186, 540-550.
- Koh, C., Khim, J.S., Villeneuve, D.L., Kanan, K., Giesy, J.P., 2006, Characterization of trace organic contaminants in marine sediment from Yeongil Bay, Korea: 1. Instrumental analyses, *Environmental Pollution*, 142, 39-47.
- Konya ili Cihanbeyli ilçesi nüfus ve su kaynakları, 2004, Köy Hizmetleri İl Müdürlüğü Dökümanları, Konya.
- Korkmaz, G., 2006, Konya ili atıksularının Tuz Gölü üzerindeki etkilerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Niğde, 36-38.

- Kuş, S.F., 2007, Afyonkarahisar ili içme suları ile Eber ve Karamık Gölü sularındaki organoklorlu pestisit kalıntılarının belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyon, 3-4.
- Lehotay, S.J., 2004, Quick, easy, cheap, effective, rugged and safe (QuEChERS) approach for determining pesticide residues, *In Press Pesticide Analysis in Methods in Biotechnology*, Eds. J.L. Vidal Martinez and A. Garrido Frenich, Humana Press, USA, 1-3.
- Li, X., Zhang, Q., Dial, J., Gan, Y., Zhou, J., Yang, X., Cao, H., Jiang, G., Xu, M., 2008, Pesticide contamination profiles of water, sediment and aquatic organisms in the effluent of Gaobeidian Wastewater Treatment Plant, *Chemosphere*, 72, 1145-1151.
- Loutfy, N., Mosleh, Y., Ahmed, M.T., 2010, Dioxin, dioxin-like PCBs and indicator PCBs in some medicinal plants irrigated with wastewater in Ismailia, Egypt, *Polycyclic Aromatic Compounds*, 30, 9-26.
- Meijer, S. N., Ockenden, W. A., Sweetman, A., Breivik, K., Grimalt, J. O., ve Jones, K. C. (2003). "Global distribution and budget of PCBs and HCB in background surface soils: implications for sources and environmental processes." *Environ. Sci. Technol.*, 37(4), 667-672.
- Müler, K., Magesan, G.N., Bolan, N.S., 2007, A critical review of the influence of effluent irrigation on the fate of pesticides in soil, *Agriculture, Ecosystems and Environment* 120, 93-116.
- Munoz, I., Gomez-Ramos, M.J., Agüera, A., Garcia-Reyes, J.F., Molina-Diaz, A., Fernandez-Alba, A., 2009, Chemical evaluation of contaminants in wastewater effluents and the environmental risk of reusing effluents in agriculture, *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 28(6), 676-694.
- Nasir F.A., Batarseh M.I., 2008, Agricultural reuse of reclaimed water and uptake of organic compounds: Pilot study at Mutah University wastewater treatment plant, Jordan, *Chemosphere*, 72, 1203-1214.
- Oskam, A.J., Vijftigschild, R.A.N., Graveland, C., 1997, Additional EU policy instruments for plant protection products, Wageningen Agricultural University, the Netherlands, 3.
- Özcan, S., 2003, Konya atıksuyunda organoklorlu pestisitlerin (OCPs) araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 34, 44.
- Özcan, S., Aydın, M.E., Tor, A., 2011, Atıksu arıtma çamurlarının ekotoksikolojik ve organik kirleticiler (PAH, PCB) açısından incelenmesi ve değerlendirilmesi, 109Y179, Tübitak Projesi.
- Özyılmaz, A., 2007, Hidrofobik organik bileşiklerin (HOCs) ultrasonik işlem uygulanmış pirofilit minerali üzerine adsorpsiyonu, Yüksek Lisans Tezi, *Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mersin, 2-3.

- PCB özel ihtisas komisyon raporu, *T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü*, <http://pcb.cevreorman.gov.tr/pcb/Files/PCB%20ÖZEL%20İHTİSAS%20KOMİSYONU%20RAPORU%20son.pdf>, [Ziyaret tarihi: 10 Ekim 2012] 16-71.
- Pescod, M.B. 1992, Wastewater treatment and use in agriculture, *Irrigation and Drainage Paper*, No. 47, FAO, Rome.
- Polat, M., 2010, Sularda pestisit tayini ve önemi, *DSİ Teknik Bülteni*, Sayı:109, Ankara, 23-30.
- Ross, G., 2004, The public health implications of Polychlorinated biphenyls (PCBs) in the environment, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 59, 275-291.
- Şenöz, B., 2007, Buğday, makarna ve bisküvide organik fosforlu pestisit kalıntıları ve bazı metabolitleri üzerine depolama ve işleme tekniklerinin etkisi, Doktora Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 70-71.
- Seyran, A., Erişir, M., 2008, Poliklorlu bifeniller ve sağlık üzerine etkileri, *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 22 (1): 33-40.
- Sita, A. D., 2001 Factor affecting sorption of organic compound in natural sorbent/ water systems and sorption coefficients for selected pollutants, A review, *J. Phys. Chem. Ref. Data* 30, 87-439.
- Smith, W.H., Hale, R.C., Greaves, J., Huggett, R.J., 1993. Trace organochlorine contamination of the forest floor of the White Mountain National Forest, New Hampshire. *Environ. Sci. Technol.*, 27, 2244-2246.
- Soil Guideline Values for dioxins, furans and dioxin-like PCBs in soil, Science Report SC050021 / Dioxins SGV, Environment agency, <http://www.environment-agency.gov.uk/clea>, [Ziyaret tarihi: 20 Kasım 2012]
- Song, Y., F., Wilke, B.M., Song, X.Y., Gong, P., Zhou, Q.X., Yang, G.F., 2006, Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), polychlorinated biphenyls (PCBs) and heavy metals (HMs) as well as their genotoxicity in soil after long-term wastewater irrigation, *Chemosphere*, 65, 1859-1868.
- Sun, K., Zhao, y., Gao, B., Liu, X., Zhang, Z., Xing, B., 2009, Organochlorine pesticides and polybrominated diphenyl ethers in irrigated soils of Beijing, China: Levels, inventory and fate, *Chemosphere*, 77 (9), 1199-1205.
- Tağa, Ö., Bilgin, B., 2008, Ege ve Akdeniz Bölgelerinde yetiştirilen narenciye ürünlerindeki pestisit kalıntı düzeylerinin belirlenmesi, *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, 21-23 Mayıs 2008, Erzurum, 265-268.
- Tanabe, S., 1988, PCB problems in future: Foresight for current knowledge, *Environmental Pollution*, 50, 5-28.

- Tiryaki, O., Cancihal, R., Horuz, S., 2010, Tarım ilaçları kullanımı ve riskleri, *Erciyes Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü Dergisi*, cilt 26, sayı 2, Kayseri, 154-169.
- Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik, *Çevre ve Orman Bakanlığı*, 2010.
- Torres, C. M., Picó, Y., Mañes, J., 1997, Comparison of octadecylsilica and graphitized carbon black as materials for solid-phase extraction of fungicide and insecticide residues from fruits and vegetables, *Journal of Chromatography A*, 778, 127-137.
- Tosun, N., Delen, N., Pestisitlerin suda ve toprakta hareketlilikleri ve kalıcılıkları, *II. Ulusal Zirai Mücadele İlaçları Sempozyumu*, 18-20 Kasım 1996, Ankara, 232-238.
- Tunçbilek, İ., 2005, Gaz kromatografisi-kütle spektrometresi tekniği kullanılarak doping amacıyla kullanılan hidroksietil nişastanın (Hes) idrardan analizi üzerine bir çalışma, Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 12-34.
- Tunçez, S., Candan, E., 2009, Konya 2009 Yılı İl Çevre Durum Raporu, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Konya İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Çed ve Planlama Şubesi, Konya, 121, 283.
- Türk Gıda Kodeksi Pestisitlerin Maksimum Kalıntı Limitleri Yönetmeliği, *Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı*, 2011.
- Tuz Gölü Kirliliği Raporu, 1998, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, DSİ Genel Müdürlüğü, Konya.
- Uçan, N., 2007, Konya kent merkezindeki süpermarketlerde satılan bazı meyve ve sebze numunelerindeki organik klorlu pestisit kalıntılarının belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 33, 50.
- US EPA, Method 3600C, *Cleanup*, December, (1996).
- US EPA, Method 3500C, *Cleanup*, February, (1996).
- Ünal, G., Gürkan, M., O., 2001, İnsektisitler: Kimyasal yapıları, toksikolojileri ve ekotoksikolojileri, *Ethemoğlu Ofset matbaacılık*, Ankara, 154.
- UNEP, 1999, Chemicals Guidelines for the identification of PCBs and materials containing PCBs, *Inter-organization program for the sound management of chemicals*, 2-3.
- Uyanöz, R., 1998, Konya'da sulama suyu olarak kullanılan atık suların tarım topraklarının bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine etkileri, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, i, 42, 77-89.

- Vinther, F.P., Elsgaard, L., Jacobsen, O.S., 2001, Heterogeneity of bacterial populations and pesticide degradation potentials in the unsaturated zone of loamy and sandy soils, *Biology and Fertility of Soils*, 33, 514-520.
- Vural, N., 1996, Toksikoloji, *Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları*, No.73, Ankara.say
- Vural, N., 2000, Toksikoloji Laboratuar Kitabı, *Ankara Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi Yayınları*, No:84, Ankara, 180.
- Wang, T., Wang, Y., Fu, J., Wang, P., Li, Y., Zhang, Q., Jiang, G., 2010, Characteristic accumulation and soil penetration of polychlorinated biphenyls and polybrominated diphenyl ethers in wastewater irrigated farmlands, *Chemosphere*, 81, 1045-1051.
- WHO., 1993, Polychlorinated Biphenyls and Terphenyls (Second edition), *World Health Organisation, Environmental Health Criteria*, No:682, Geneva.say
- Yeşil, S., Ögür, E., 2011, Zirai mücadelede pestisit kullanımının Türkiye ve Konya Ölçeğinde değerlendirilmesi ve pestisit kullanımının olası sakıncaları, *1. Konya Kent Sempozyumu*, TMMOB, Konya İl Koordinasyon Kurulu, Konya, 439-450.
- Yıldız, M., Gürkan, M.O., Turgut, C., Kaya, Ü., Ünal, G., 2005, Tarımsal savaşmada kullanılan pestisitlerin yol açtığı çevre sorunları, *V. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi*, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, 3-7 Ocak 2005, Ankara, 649-665.
- Yılmaz, A.M., 1993, Konya ovası drenaj şebekesi sularının sulamada kullanılması ve ortaya çıkaracağı sorunlar, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 13-44.
- Zeren, O., Uysal, Y., Arslan, H., 1999, Pestisitlerin toprakta dağılımları ve degradasyonları, *Türkiye de Çevre Kirlenmesi ve Öncelikleri Sempozyumu III*, Cilt II, Gebze, Kocaeli, 991-998.

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Arzu Tekinay  
**Uyruğu** : TC  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : Seydişehir, 02.02.1987  
**Telefon** : 0541 372 5261  
**Faks** : -  
**e-mail** : atekinay@konya.edu.tr

### EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Enis Şanlıoğlu Lisesi, Seydişehir, Konya	2005
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi, Konya	2010
Yüksek Lisans	: Necmettin Erbakan Üniversitesi	2010-2014
Doktora	: -	-

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2013-devam	Necmettin Erbakan Üniversitesi	Uzman

### UZMANLIK ALANI

Çevre Mühendisliği

### YABANCI DİLLER

İngilizce

### YAYINLAR

Özcan, S., **Tekinay, A.**, 2012, Arıtılmamış Atıksular İle Sulanan Zirai Alanlardaki Bazı Organik Kirleticilerin Araştırılması, Türkiye’de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu VII, 22-23 Kasım 2012.

Özcan, S., Gökal, A.C., **Tekinay, A.**, 2012, Konya organize sanayi bölgesi arıtma çamurlarının ağır metaller ve ekotoksikolojik açıdan incelenmesi ve değerlendirilmesi, A.5.2., İTÜ XIII. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu, 17-19 Ekim 2012, Süleyman Demirel Kültür Merkezi, Maslak, İstanbul.

Aydın, M.E., Bahadır, M., Tor, A., Aydın, S., Kolb, M., Bedük, F., **Tekinay, A.**, 2013, Pollution Caused by Longterm Irrigation with Untreated Wastewater in the Agricultural Area of Konya, DAAD-EXCEED Regional Workshop on Wastewater Treatment and Reuse, 03-06 June 2013, Turkey.