



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**YÜZEYSEL SULARDA MİKROPLASTİKLER
VE MİKROPLASTİKLERE İLİNTİLİ
PESTİSİTLER**

Zekiye İnci CAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Ağustos, 2022
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Zekiye İnci CAN tarafından hazırlanan “Yüzeysel Sularda Mikroplastikler ve Mikroplastiklere İlişkili Pestisitler” adlı tez çalışması 01/08/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Doç. Dr. Muhammed Kamil ÖDEN

.....

Danışman

Prof. Dr. Senar AYDIN

.....

Üye

Doç. Dr. Fatma BEDÜK

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun/.../20.. gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. İbrahim KALAYCI
FBE Müdürü

Bu tez çalışması Necmettin Erbakan Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü tarafından 221319001 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.

İmza

Zekiye İnci CAN

Tarih: 01.08.2022

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YÜZEYSEL SULARDA MİKROPLASTİKLER VE MİKROPLASTİKLERE İLİNTİLİ PESTİSİTLER

Zekiye İnci CAN

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Senar AYDIN

2022, 162 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Senar AYDIN

Doç. Dr. Fatma BEDÜK

Doç. Dr. Muhammed Kamil ÖDEN

Günümüzde plastik kirliliğinin bir başka boyutu olan mikroplastikler her ortamda olduğu gibi yüzeysel sulara da büyük bir çevre sorunu haline gelmeye başlamışlardır. Mikroplastikleri önemli bir çevre sorunu yapan etkenlerden biri ise yapısına adsorplanabilen kalıcı organik kirleticiler olmuştur. Biz bu çalışmada Konya kapalı havzasında bulunan 15 yüzeysel su kaynağından 2022 yılı Nisan ayında numuneler alarak mikroplastik miktarını, türünü ve mikroplastiklere ilintili olan klorlu ve fosforlu pestisitlerin konsantrasyonunu tespit etmeyi hedefledik. Sudaki mikroplastiklerin analizi için alınan su örnekleri elekten süzme, organik maddenin giderimi, yoğunluk ayırma işlemleri gerçekleştirilmiş ve biyolojik ışık mikroskobu ile stereo ışık mikroskobu kullanılarak mikroplastiklerin sayı, renk ve şekil tespiti sağlanmıştır. Mikroplastiklere ilintili organoklorlu ve organofosforlu pestisitlerin konsantrasyonlarının belirlenmesi için ise öncelikle eleklerden geçirilen suyun yoğunluk ayırma işlemi uygulanmış daha sonra sırasıyla ultrasonik ekstraksiyon, kolon temizleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Pestisitlerin kantitatif analizleri GC-MS ile gerçekleştirilmiştir. Analizlerin sonucunda mikroplastik konsantrasyonları 1,9-24,5 MP/L arasında bulunmuştur. En yüksek mikroplastik konsantrasyonu ise 24,5 MP/L ile Niğde Çamardı'nda bulunan Ecemiş Kaynağı'nda görülmüştür. En baskın mikroplastik türü fragment, en yaygın görülen renk ise şeffaf olmuştur. Mikroplastiklere ilintili pestisitlerin tespiti için yapılan çalışmaların sonucunda $\Sigma 20$ -OCP konsantrasyonlarının 0.115-117.42 $\mu\text{g/g}$, $\Sigma 6$ -OPP konsantrasyonlarının ise 0.143-76.526 $\mu\text{g/g}$ arasında değiştiği gözlemlenmiştir. En yüksek $\Sigma 20$ -OCP konsantrasyonu 117.42 $\mu\text{g/g}$ ile Isparta Yenişarbademli'de bulunan Yenişarbademli Deresi'nde görülmüş olup en yüksek $\Sigma 6$ -OPP konsantrasyonu ise 76.526 $\mu\text{g/g}$ ile Aksaray Merkez'de bulunan Ağzıkarahan Deresi'nde görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre $\Sigma 20$ -OCP konsantrasyonu ile mikroplastik konsantrasyonu arasında korelasyon ($R^2=0.75$) görülürken $\Sigma 6$ -OPP konsantrasyonu ile bir korelasyon ($R^2=0.29$) tespit edilmemiştir. Mikroplastik kirliliğinin başlıca sebebi olarak evsel faaliyet kaynaklı atıksuların arıtılmadan veya arıtım sonrası tam giderim sağlanamayan mikroplastiklerin yüzeysel sulara deşarj edilmesi görülmüştür. Pestisitlerin analizi sonucunda elde edilen yüksek konsantrasyonlar ise tarım alanlarının fazla miktarda olduğu Konya kapalı havzasında geçmişte kullanılan pestisitlerin kalıcılıklarının yüksek olmasının ve günümüzde hala kaçak olarak kullanılmalarının bir sonucu olarak ortaya çıktığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Konya Kapalı Havzası, yüzeysel su kaynakları, mikroplastik, OCP, OPP.

ABSTRACT

MS THESIS

MICROPLASTICS AND ASSOCIATED PESTICIDES IN SURFACE WATERS

Zekiye İnci CAN

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURA AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY

THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE OF
ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Advisor: Prof. Dr. Senar AYDIN

2022, 162 Pages

Jury

Advisor Prof. Dr. Senar AYDIN

Assoc. Prof. Dr. Fatma BEDÜK

Assoc. Prof. Dr. Muhammed Kamil ÖDEN

Today, microplastics, another dimension of plastic pollution, have started to become a major environmental problem in surface waters too as in every environment. One of the factors that make microplastics an important environmental problem is persistent organic pollutants that can be adsorbed into its structure. In this study, we aimed to determine the concentration of chlorinated and phosphorus pesticides related to microplastics by taking samples from 15 surface waters in Konya closed basin in April 2022. For the analysis of microplastics in water, water samples were filtered through a sieve, removal of organic matter, density separation processes were carried out and the number, color and shape of microplastics were determined by using biological light microscope and stereo light microscope. In order to determine the concentrations of organochlorine and organophosphorus pesticides related to microplastics, firstly, the density separation process of the water passed through the sieves was applied, and then ultrasonic extraction and column cleaning were performed respectively. Quantitative analyzes of pesticides were performed by GC-MS. As a result of the analyzes, the microplastic concentrations were found between 1.9-24.5 MP/L. The highest microplastic concentration was observed in Ecemiş Spring in Niğde Çamardı with 24.5 MP/L. The most dominant type of microplastic was fragment, and the most common color was transparent. As a result of the studies carried out for the detection of pesticides related to microplastics, it was observed that $\Sigma 20$ - OCP concentrations ranged between 0.115-117.42 $\mu\text{g/g}$ and $\Sigma 6$ - OPP concentrations ranged between 0.143-765.26 $\mu\text{g/g}$. The highest $\Sigma 20$ - OCP concentration was 117.42 $\mu\text{g/g}$ in Yenişarbademli Stream in Isparta Yenişarbademli, and the highest $\Sigma 6$ - OPP concentration was 76,526 $\mu\text{g/g}$ in Ağzıkarahan Stream in Aksaray Center. According to the results obtained, a correlation was observed between the $\Sigma 20$ - OCP concentration and the MP concentration ($R^2=0.75$), whereas this result was not valid for the $\Sigma 6$ -OPP concentration ($R^2=0.29$). The main cause of microplastic pollution is the discharge of microplastics that cannot be completely removed after refinement or the discharge of wastewater from domestic activities without purification into the surface water. The high concentrations obtained as a result of the analysis of pesticides showed that they emerged as a result of the high persistence of pesticides used in the past in the closed basin of Konya, where agricultural areas are large, and they are still used illegally today.

Keywords: Konya closed basin, surface water, microplastic, OCP, OPP.

ÖNSÖZ

Öncelikle yıllarca sabırla maddi ve manevi olarak büyük destek veren ve bu noktaya gelmemde büyük emekleri olan başta annem ve babam olmak üzere abim ve ablalarımaya sonsuz teşekkür ve sevgiyi borç bilirim.

Tanıştığımız günden beri her konuda fikirlerimi destekleyen ve gerektiğinde benimle beraber yorulan eşim Mehmet Can'a ve hoşgörülerinden dolayı eşimin ailesine de teşekkür ederim.

Son olarak üniversite hayatına başladığımdan beri fikirleri, başarısı, bilgisi ile her geçen gün bir şeyler daha öğreten kıymetli hocam Prof. Dr. Senar Aydın ve Dr. Öğr. Üyesi Arzu Ulvi'ye öncülük ettiklerinden dolayı teşekkür ederim.

Zekiye İnci CAN
KONYA-2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
Çizelgeler Listesi	x
Şekiller Listesi	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	2
1.2. Çalışmanın Önemi	2
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Mikroplastikler.....	3
2.2. Pestisitler.....	8
2.2.1 Organoklorlu ve Organofosforlu Pestisitler.....	10
2.3. Mikroplastikler ve Mikroplastiklere Bağlı Pestisitlerin Analiz Yöntemleri.....	12
2.3.1. Mikroplastiklerin Analiz Yöntemi	12
2.3.2. Mikroplastiklere Bağlı Pestisitlerin Analiz Yöntemleri	16
2.4. Konuyla İlgili Yapılmış Çalışmalar	19
2.4.1. Ülkemizde Yapılmış Çalışmalar	19
2.4.2 Uluslararası Literatürde Yapılmış Çalışmalar	24
2.4.3. Mikroplastiklere İlişkili Pestisitler İle İlgili Yapılmış Çalışmalar	28
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	34
3.1 Kullanılan Kimyasallar ve Cihazlar.....	34
3.2 Örneklem Alanı ve Numune Alma Teknikleri.....	42
3.3 Mikroplastiklerin Analizi.....	53
3.4 Mikroplastiklere İlişkili Pestisitlerin Analizi	58
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	66
4.1 Mikroplastik Analiz Sonuçları.....	66
4.1.1 Mikroplastiklerin Sayısı.....	66
4.1.2 Mikroplastiklerin Türü.....	83
4.1.3 Mikroplastiklerin Rengi	91
4.2 Mikroplastiklere İlişkili Pestisitlerin Analizi Sonuçları.....	100
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	137
5.1 Sonuçlar	137

5.2 Öneriler	138
6. KAYNAKLAR	140

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

µm: mikrometre
L: litre
mm: milimetre
m³: metreküp
g: gram
ng: nanogram
Fe (II): Demir (II)
H₂O₂: Hidrojen peroksit
HCl: Hidroklorik asit
NaCl: Sodyum klorür
NaI: Sodyum iyodür
ZnBr₂: Çinko bromür
ZnCl₂: Çinko klorür

Kısaltmalar

AB: Avrupa Birliği
ABD: Amerika Birleşik Devletleri
BHC: Benzenheksaklorür
BPA: Bisfenol A
DCM: Diklorometan
DDD: Dichloro-diphenyl-dichloroethane
DDE: Dichloro-diphenyl-dichloroethylene
DDT: Dichloro-diphenyl-trichloroethane
DSİ: Devlet Su İşleri
EC: Avrupa Topluluğu
ECD: Elektron yakalama dedektörü
EDS: Enerji dispersiv spektrum
FAO: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
FTIR: Fourier Transform Infrared Spektroskopisi
GC: Gaz kromatografisi
HCB: Heksaklorobenzen
HCH: Heksaklorosikloheksan
KOK: Kalıcı organik kirletici
MP: Mikroplastik
MS: Kütle spektroskopisi
OCP: Organoklorlu pestisitler
OPP: Organofosforlu pestisitler
PAH: Poliaromatik hidrokarbonlar
PCB: Poliklorlu bifeniller
PE: Polietilen
PET: Polietilen tereftalat
PP: Polipropilen
p,p'-DDD: p,p'-diklorodifenildikloroetan
p,p'-DDE: p,p'-diklorodifeniltrikloroetilen
p,p'-DDT: p,p'-diklorodifeniltrikloroetan
PS: Polistiren
PVC: Polivinil klorür
SEM: Taramalı elektron mikroskobu
TGA: Termogravimetrik analiz
UNEP: Birleşmiş Milletler Çevre Topluluğu
WHO: Dünya Sağlık Örgütü

Çizelgeler Listesi

Çizelge 2.1: Mikroplastiklerin boyutlandırılması

Çizelge 2.2: Şekillerine göre mikroplastikler

Çizelge 2.3: Mikroplastikler ve organik kirleticiler arasındaki etkileşimi gözlemek için yapılmış bazı çalışmalar

Çizelge 2.4: Suların örneklenmesi

Çizelge 2.5: Sulara bulunan mikroplastiklerin analizi

Çizelge 2.6: Mikroplastikler ile ilintili pestisitlerin analizi için yapılmış çalışmalar

Çizelge 2.7: Ülkemizde denizlerde mikroplastik varlığı (Tübitak Mam-ÇŞB, 2017)

Çizelge 3.1: Örneklem noktaları

Çizelge 3.2: OCP bileşikleri için optimum GC-MS şartlarında HP-5ms kolonundan çıkış süreleri

Çizelge 3.3: OPP bileşikleri için optimum GC-MS şartlarında HP-5ms kolonundan çıkış süreleri

Çizelge 4.1: 1 numaralı noktada görülen mikroplastik konsantrasyonu

Çizelge 4.2: 2 numaralı noktada görülen mikroplastik konsantrasyonu

Çizelge 4.3: 3 numaralı noktada görülen mikroplastik konsantrasyonu

Çizelge 4.4: 4 numaralı noktada görülen mikroplastik konsantrasyonu

Çizelge 4.5: 5 numaralı noktada görülen mikroplastik konsantrasyonu

Çizelge 4.6: 6 numaralı noktada görülen mikroplastik konsantrasyonu

Çizelge 4.7: 7 numaralı noktada görülen mikroplastik konsantrasyonu

Çizelge 4.8: 8 numaralı noktada görülen mikroplastik konsantrasyonu

Çizelge 4.9: 9 numaralı noktada görülen mikroplastik konsantrasyonu

Çizelge 4.10: 10 numaralı noktada görülen mikroplastik konsantrasyonu

Çizelge 4.11: 11 numaralı noktada görülen mikroplastik konsantrasyonu

Çizelge 4.12: 12 numaralı noktada görülen mikroplastik konsantrasyonu

Çizelge 4.13: 13 numaralı noktada görülen mikroplastik konsantrasyonu

Çizelge 4.14: 14 numaralı noktada görülen mikroplastik konsantrasyonu

Çizelge 4.15: 15 numaralı noktada görülen mikroplastik konsantrasyonu

Çizelge 4.16: Yüzeysel sularda mikroplastiklerle ilgili yapılmış çalışmalar

Çizelge 4.17: Mikroplastiklere ilintili OCP'lerin konsantrasyonu (ng/g)

Çizelge 4.18: Mikroplastiklere ilintili OPP'lerin konsantrasyonu (ng/g)

Çizelge 4.19: Literatürde mikroplastiklere ilintili pestisitler ile ilgili yapılmış çalışmalar

Şekiller Listesi

Şekil 2.1: Mikroplastikler ve kalıcı organik kirleticiler (KOK) arasındaki etkileşimi etkileyen faktörler

Şekil 2.2: Sucul çevrede pestisitlerin kaynakları ve akıbeti

Şekil 3.1: Paslanmaz çelik elek

Şekil 3.2: Millipore ve naylon membran filtre

Şekil 3.3: Su banyosu

Şekil 3.4: Ultrasonik su banyosu

Şekil 3.5: Çeker ocak

Şekil 3.6: Çalkalamalı inkübatör

Şekil 3.7: Saf su cihazı

Şekil 3.8: Hassas terazi

Şekil 3.9: Evaporatör

Şekil 3.10: Desikatör

Şekil 3.11: Biyolojik ışık mikroskobu

Şekil 3.12: Stereo ışık mikroskobu

Şekil 3.13: n-hekzan, etil asetat, petrol eteri

Şekil 3.14: Çinko klorür, sodyum sülfat, silika jel

Şekil 3.15: Azot gazı

Şekil 3.16: GC-MS

Şekil 3.17: Ettüv

Şekil 3.18: Filtre düzeneği

Şekil 3.19: Konya kapalı havzası siyasi haritası

Şekil 3.20: Konya kapalı havzası içerisinde bulunan yüzeysel su kaynakları

Şekil 3.21: 1 nolu örnekleme noktası (Dinamo Deresi)

Şekil 3.22: 2 nolu örnekleme noktası (Suğla Memba)

Şekil 3.23: 3 nolu örnekleme noktası (Ağzıkarahan Deresi)

Şekil 3.24: 4 nolu örnekleme noktası (İlisu Nehri)

Şekil 3.25: 5 nolu örnekleme noktası (Özdere)

Şekil 3.26: 6 nolu örnekleme noktası (Yanarkaç Deresi)

Şekil 3.27: 7 nolu örnekleme noktası (Uludere)

Şekil 3.28: 8 nolu örnekleme noktası (Yeşildere)

Şekil 3.29: 9 nolu örnekleme noktası (Salur Deresi)

Şekil 3.30: 10 nolu örnekleme noktası (Yenişarbademli Deresi)

Şekil 3.31: 11 nolu örnekleme noktası (Kuşla Deresi)

Şekil 3.32: 12 nolu örnekleme noktası (Kırgeçit Deresi)

Şekil 3.33: 13 nolu örnekleme noktası (Akkaya Deresi)

Şekil 3.34: 14 nolu örnekleme noktası (Ecemiş Kaynağı)

Şekil 3.35: 15 nolu örnekleme noktası (Atlantı Sulama Kanalı)

Şekil 3.36: Toplanan su numunelerinin eleklerden geçirilmesi

Şekil 3.37: Numune alma işlemi sırasında kullanılan 5 mm ve 20 µm'lik çelik elekler

- Şekil 3.38:** Mikroplastik varlığı araştırılacak numuneler
- Şekil 3.39:** Numunelerin eleklerden geçirilmesi
- Şekil 3.40:** H₂O₂ ilave edilmesi
- Şekil 3.41:** Fe(II) ilave edilmesi
- Şekil 3.42:** Su banyosunda bekletilen numuneler
- Şekil 3.43:** Yoğunluk ayırımı işlemi sonrasında süzülen numuneler
- Şekil 3.44:** ZnCl₂ ilave edilmesi
- Şekil 3.45:** Filtre düzeneğiyle süzülen numuneler
- Şekil 3.46:** Numunelerin petri kabına alınması
- Şekil 3.47:** Numunenin eleklerden süzülmesi
- Şekil 3.48:** ZnCl₂ ilave edilmesi
- Şekil 3.49:** Numunenin filtre düzeneğinden geçirilmesi
- Şekil 3.50:** Tartım işlemi
- Şekil 3.51:** Ekstraksiyon işlemi
- Şekil 3.52:** Kolonların hazırlanması
- Şekil 3.53:** Ekstraktların kolondan geçirilmesi
- Şekil 3.54:** Evaporatörde hacim azaltma
- Şekil 3.55:** Azot gazıyla hacim azaltma
- Şekil 3.56:** Numunenin viallere alınması
- Şekil 3.57:** Numunenin GC-MS ile analizi
- Şekil 3.58:** OCP bileşikleri kromatogramı
- Şekil 3.59:** OPP bileşikleri kromatogramı
- Şekil 4.1:** 1 nolu örnekleme noktası fiber, fragment, film, foam, pellet görüntüleri
- Şekil 4.2:** 2 nolu örnekleme noktası fiber, fragment, film, foam, pellet görüntüleri
- Şekil 4.3:** 3 nolu örnekleme noktası fiber, fragment, film, foam, pellet görüntüleri
- Şekil 4.4:** 4 nolu örnekleme noktası fiber, fragment, film, foam, pellet görüntüleri
- Şekil 4.5:** 5 nolu örnekleme noktası fiber, fragment, film, foam, pellet görüntüleri
- Şekil 4.6:** 6 nolu örnekleme noktası fiber, fragment, foam, pellet görüntüleri
- Şekil 4.7:** 7 nolu örnekleme noktası fiber, fragment, film, foam, pellet görüntüleri
- Şekil 4.8:** 8 nolu örnekleme noktası fiber, fragment, film, foam, pellet görüntüleri
- Şekil 4.9:** 9 nolu örnekleme noktası fiber, fragment, film, foam, pellet görüntüleri
- Şekil 4.10:** 10 nolu örnekleme noktası fiber, fragment, film, foam, pellet görüntüleri
- Şekil 4.11:** 11 nolu örnekleme noktası fiber, fragment, film, foam, pellet görüntüleri
- Şekil 4.12:** 12 nolu örnekleme noktası fiber, fragment, film, foam, pellet görüntüleri
- Şekil 4.13:** 13 nolu örnekleme noktası fiber, fragment, film, foam, pellet görüntüleri
- Şekil 4.14:** 14 nolu örnekleme noktası fiber, fragment, film, foam, pellet görüntüleri
- Şekil 4.15:** 15 nolu örnekleme noktası fiber, fragment, film, foam, pellet görüntüleri
- Şekil 4.16:** Mikroplastik konsantrasyonları
- Şekil 4.17:** 1. numune için plastik türleri
- Şekil 4.18:** 2. numune için plastik türleri

Şekil 4.19: 3. numune için plastik türleri
Şekil 4.20: 4. numune için plastik türleri
Şekil 4.21: 5. numune için plastik türleri
Şekil 4.22: 6. numune için plastik türleri
Şekil 4.23: 7. numune için plastik türleri
Şekil 4.24: 8. numune için plastik türleri
Şekil 4.25: 9. numune için plastik türleri
Şekil 4.26: 10. numune için plastik türleri
Şekil 4.27: 11. numune için plastik türleri
Şekil 4.28: 12. numune için plastik türleri
Şekil 4.29: 13. numune için plastik türleri
Şekil 4.30: 14. numune için plastik türleri
Şekil 4.31: 15. numune için plastik türleri
Şekil 4.32: 1. numunedeki mikroplastik renklerinin grafiksel gösterimi
Şekil 4.33: 2. numunedeki mikroplastik renklerinin grafiksel gösterimi
Şekil 4.34: 3. numunedeki mikroplastik renklerinin grafiksel gösterimi
Şekil 4.35: 4. numunedeki mikroplastik renklerinin grafiksel gösterimi
Şekil 4.36: 5. numunedeki mikroplastik renklerinin grafiksel gösterimi
Şekil 4.37: 6. numunedeki mikroplastik renklerinin grafiksel gösterimi
Şekil 4.38: 7. numunedeki mikroplastik renklerinin grafiksel gösterimi
Şekil 4.39: 8. numunedeki mikroplastik renklerinin grafiksel gösterimi
Şekil 4.40: 9. numunedeki mikroplastik renklerinin grafiksel gösterimi
Şekil 4.41: 10. numunedeki mikroplastik renklerinin grafiksel gösterimi
Şekil 4.42: 11. numunedeki mikroplastik renklerinin grafiksel gösterimi
Şekil 4.43: 12. numunedeki mikroplastik renklerinin grafiksel gösterimi
Şekil 4.44: 13. numunedeki mikroplastik renklerinin grafiksel gösterimi
Şekil 4.45: 14. numunedeki mikroplastik renklerinin grafiksel gösterimi
Şekil 4.46: 15. numunedeki mikroplastik renklerinin grafiksel gösterimi
Şekil 4.47: 1 numaralı noktada görülen OCP'lerin toplam konsantrasyonları
Şekil 4.48: 2 numaralı noktada görülen OCP'lerin toplam konsantrasyonları
Şekil 4.49: 3 numaralı noktada görülen OCP'lerin toplam konsantrasyonları
Şekil 4.50: 4 numaralı noktada görülen OCP'lerin toplam konsantrasyonları
Şekil 4.51: 5 numaralı noktada görülen OCP'lerin toplam konsantrasyonları
Şekil 4.52: 6 numaralı noktada görülen OCP'lerin toplam konsantrasyonları
Şekil 4.53: 7 numaralı noktada görülen OCP'lerin toplam konsantrasyonları
Şekil 4.54: 8 numaralı noktada görülen OCP'lerin toplam konsantrasyonları
Şekil 4.55: 9 numaralı noktada görülen OCP'lerin toplam konsantrasyonları
Şekil 4.56: 10 numaralı noktada görülen OCP'lerin toplam konsantrasyonları
Şekil 4.57: 11 numaralı noktada görülen OCP'lerin toplam konsantrasyonları
Şekil 4.58: 12 numaralı noktada görülen OCP'lerin toplam konsantrasyonları

Şekil 4.59: 13 numaralı noktada görülen OCP'lerin toplam konsantrasyonları
Şekil 4.60: 14 numaralı noktada görülen OCP'lerin toplam konsantrasyonları
Şekil 4.61: 15 numaralı noktada görülen OCP'lerin toplam konsantrasyonları
Şekil 4.62: 1 numaralı noktada görülen OPP'lerin konsantrasyonları
Şekil 4.63: 2 numaralı noktada görülen OPP'lerin konsantrasyonları
Şekil 4.64: 3 numaralı noktada görülen OPP'lerin konsantrasyonları
Şekil 4.65: 4 numaralı noktada görülen OPP'lerin konsantrasyonları
Şekil 4.66: 5 numaralı noktada görülen OPP'lerin konsantrasyonları
Şekil 4.67: 6 numaralı noktada görülen OPP'lerin konsantrasyonları
Şekil 4.68: 7 numaralı noktada görülen OPP'lerin konsantrasyonları
Şekil 4.69: 8 numaralı noktada görülen OPP'lerin konsantrasyonları
Şekil 4.70: 9 numaralı noktada görülen OPP'lerin konsantrasyonları
Şekil 4.71: 10 numaralı noktada görülen OPP'lerin konsantrasyonları
Şekil 4.72: 11 numaralı noktada görülen OPP'lerin konsantrasyonları
Şekil 4.73: 12 numaralı noktada görülen OPP'lerin konsantrasyonları
Şekil 4.74: 13 numaralı noktada görülen OPP'lerin konsantrasyonları
Şekil 4.75: 14 numaralı noktada görülen OPP'lerin konsantrasyonları
Şekil 4.76: 15 numaralı noktada görülen OPP'lerin konsantrasyonları
Şekil 4.77: 1 numaralı noktada görülen OCP'lerin yüzdellik dağılımı
Şekil 4.78: 2 numaralı noktada görülen OCP'lerin yüzdellik dağılımı
Şekil 4.79: 3 numaralı noktada görülen OCP'lerin yüzdellik dağılımı
Şekil 4.80: 4 numaralı noktada görülen OCP'lerin yüzdellik dağılımı
Şekil 4.81: 5 numaralı noktada görülen OCP'lerin yüzdellik dağılımı
Şekil 4.82: 6 numaralı noktada görülen OCP'lerin yüzdellik dağılımı
Şekil 4.83: 7 numaralı noktada görülen OCP'lerin yüzdellik dağılımı
Şekil 4.84: 8 numaralı noktada görülen OCP'lerin yüzdellik dağılımı
Şekil 4.85: 9 numaralı noktada görülen OCP'lerin yüzdellik dağılımı
Şekil 4.86: 10 numaralı noktada görülen OCP'lerin yüzdellik dağılımı
Şekil 4.87: 11 numaralı noktada görülen OCP'lerin yüzdellik dağılımı
Şekil 4.88: 12 numaralı noktada görülen OCP'lerin yüzdellik dağılımı
Şekil 4.89: 13 numaralı noktada görülen OCP'lerin yüzdellik dağılımı
Şekil 4.90: 14 numaralı noktada görülen OCP'lerin yüzdellik dağılımı
Şekil 4.91: 15 numaralı noktada görülen OCP'lerin yüzdellik dağılımı
Şekil 4.92: 1 numaralı noktada görülen OPP'lerin yüzdellik dağılımı
Şekil 4.93: 2 numaralı noktada görülen OPP'lerin yüzdellik dağılımı
Şekil 4.94: 3 numaralı noktada görülen OPP'lerin yüzdellik dağılımı
Şekil 4.95: 4 numaralı noktada görülen OPP'lerin yüzdellik dağılımı
Şekil 4.96: 5 numaralı noktada görülen OPP'lerin yüzdellik dağılımı
Şekil 4.97: 6 numaralı noktada görülen OPP'lerin yüzdellik dağılımı
Şekil 4.98: 7 numaralı noktada görülen OPP'lerin yüzdellik dağılımı

- Şekil 4.99:** 8 numaralı noktada görülen OPP'lerin yüzdelerik dağılımı
- Şekil 4.100:** 9 numaralı noktada görülen OPP'lerin yüzdelerik dağılımı
- Şekil 4.101:** 10 numaralı noktada görülen OPP'lerin yüzdelerik dağılımı
- Şekil 4.102:** 11 numaralı noktada görülen OPP'lerin yüzdelerik dağılımı
- Şekil 4.103:** 12 numaralı noktada görülen OPP'lerin yüzdelerik dağılımı
- Şekil 4.104:** 13 numaralı noktada görülen OPP'lerin yüzdelerik dağılımı
- Şekil 4.105:** 14 numaralı noktada görülen OPP'lerin yüzdelerik dağılımı
- Şekil 4.106:** 15 numaralı noktada görülen OPP'lerin yüzdelerik dağılımı
- Şekil 4.107:** Σ OCP'lerin yüzde dağılım grafiği (ng/g)
- Şekil 4.108:** Σ OPP'lerin yüzde dağılım grafiği (ng/g)
- Şekil 4.109:** Konya kapalı havzasında bulunan araziler ve tarım alanlarının gösterimi
- Şekil 4.110:** Mikroplastik ve OCP konsantrasyonları arasındaki ilişki
- Şekil 4.111:** Mikroplastik ve OPP konsantrasyonları arasındaki ilişki

1. GİRİŞ

Plastiklerin esnekliği, kolay işlenebilirliği, kullanım kolaylığı ve ekonomik olması gibi nedenlerden dolayı insanlar günlük yaşamda plastikleri birçok alanda kullanmaktadırlar (Yurtsever, 2015). Fazla miktarda kullanılan bu plastiklerin günümüzde sadece %10'u geri dönüştürülebilmektedir (Aydın ve diğ., 2019). Plastiklerin parçalanması sonucunda farklı boyutlarda plastikler çevrede birikim yapabilirler. Plastiklerin doğada zamanla parçalanması sonucunda nanoplastikler (<1 µm), mikroplastikler (<5 mm), mezoplastikler (5-25 mm) ve makroplastikler (>25 mm) meydana gelmektedir. Mikroplastiklerin en önemli etkileri arasında su kaynaklarında su canlıları tarafından besin olarak zannedip yutulması ve kalıcı organik kirleticileri bünyesine adsorplayabilmesi sayılabilir. Birçok farklı sınıflandırılması yapılabilen mikroplastikler kaynaklarına göre birincil ve ikincil mikroplastikler olarak sınıflandırılabilir. Birincil mikroplastikler kozmetik ve kişisel bakım ürünlerinden kaynaklanan mikro boncuklar ve tekstil lifleri olarak gruplandırılırken ikincil mikroplastikler çevrede bulunan plastik atıkların belli parçalanma aşamalarında geçmiş olan plastikler olarak tanımlanabilir (Esmeray ve Yurtçu, 2020).

Pestisitler dünya genelinde tarımsal ürünlerin zararlılar, hastalık sebepleri ve yabancı otların etkilerinden korunması, bol miktarda ürün elde edilmesi için kullanılan sentetik organik bileşiklerdir (Altıkat ve diğ., 2009). 1939'lu yıllardan itibaren kullanılan ve en çok bilinen pestisit türü olan dichloro-dipheyl-tricloroethane (DDT), 1960'lı yıllardan itibaren birçok ülkede yasaklanmaya başlanmış olsa bile pestisitlerin kalıcı olma özelliğinden dolayı etkileri hala görülmektedir (Akdoğan, 2011). Pestisitlerin olumsuz etkilerinin görülmeye başlanmasıyla diğer ülkeler gibi Türkiye'de de kullanımıyla alakalı bazı yasaklamalar ve düzenlemeler yapılmıştır. Özellikle organoklorlu pestisitlerin (OCP) yasaklanmasıyla beraber organofosforlu pestisitlerin (OPP) ve karbamatlı pestisitlerin kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır (Akdoğan, 2011).

Su kaynaklarında bulunan mikroplastiklerin kalıcı organik kirleticileri bünyesine adsorplama özelliklerinden dolayı pestisit, poliklorlu bifenil (PCB), poliaromatik hidrokarbon (PAH) gibi kirleticiler plastik malzemelerde görülebilir. Ogata ve ark. (2009) küresel ölçekte yaptıkları çalışmada 17 ülkeden toplanan pelet örnekleri incelenmiş ve sonucunda incelenen mikroplastiklerde en yüksek DDT oranının Amerika Birleşik Devletleri'nin (ABD) batı kıyısında ve Vietnam'da yüksek konsantrasyonlarda bulunduğunu belirlemişlerdir. Bu ve buna benzer birçok çalışmada bu durum

kanıtlanmıştır. Bu durumun ekolojik sisteme verdiği zararlar hakkında da çalışmalar yapılmış ve mikroplastiklere bağlı bu kirleticilerin insanlara kadar ulaşabileceği gözlemlenmiştir.

1.1. Çalışmanın Amacı

Plastikler günümüzde oldukça fazla kullanılan ve önemi gittikçe artan bir çevre problemi haline gelmiştir. Kullanım sonrası bu plastikler çevreye salınır ve su kaynaklarında önemli ölçüde kirlilik yaratırlar. Su kaynakları içerisinde boyutları açısından farklılık gösteren plastikler parçalanarak mikroplastik haline gelir. Mikroplastikler kalıcı organik kirleticiler olarak adlandırılan hidrofobik özellikteki kirleticileri yapılarına adsorplama özelliklerinden dolayı bu kirleticileri taşıyıcı konumuna gelebilirler. Bu çalışmada Konya Havzası içerisinde belirlenen yüzeysel su kaynaklarından alınan su örneklerinde tespit edilen mikroplastikler tanımlanıp sınıflandırıldıktan sonra yapısına adsorplanmış olan pestisitlerin tayini için çalışmalar yapılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre kirliliğin kaynaklarının belirlenmesi ve sebeplerinin bulunması amaçlanmıştır.

1.2. Çalışmanın Önemi

Mikroplastikler çevreye salınımı sonrasında su kaynaklarında bulunabildiği gibi bu kaynaklarda yaşayan canlılar tarafından besin zannedilerek yutulabilir ve böylece besin zincirine katılabilirler. Yapısında kalıcı organik kirleticileri barındırabilen bu mikroplastiklerin yutulma yoluyla besin zincirine katılması dışında yapılan çalışmalar göstermiştir ki günlük olarak tükettiğimiz besinlerde de bu kirleticinin varlığı söz konusudur. Şeker, bal, tuz, çay gibi günlük tüketilen bu besinlerde görülebilmesi mikroplastik kirliliğinin günümüzde önemle araştırılması gereken bir konu olduğunu düşündürmektedir. Diğer yandan araştırma konumuz olan mikroplastiklerle ilintili pestisitler toksik olmaları, kalıcı olmaları ve hedef organizmalar dışında diğer canlılara olan etkisi geçmişten günümüze araştırma ve çalışmalara konu olmuştur. Mikroplastiklerin kendisiyle birlikte kalıcı organik kirleticileri de besin zincirine ve diğer yollarla canlılara taşınması çalışmamızda önemle vurgulanmak istenmiştir. Hem çevresel bir kirletici olması hem de yapısında bulundurduğu hidrofobik organik kirleticiler ile canlılar için fazlasıyla zararlı olması bu konu üzerinde son zamanlarda daha fazla çalışma yapılması için tetikleyici nedenler olmuştur.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Mikroplastikler

Mikroplastikler çeşitli işlemlerden kaynaklanan ve boyutları genellikle <5 mm olarak sınıflandırılan plastik parçalardır (Sulistyowati ve diğ., 2022). Andrady (2017) ise mikroplastikleri 500 µm'lik bir elekten geçen ancak 67 µm'lik elekte tutulan (0,06-0,5 mm çapında) ve zar zor görülen partiküller olarak tanımlamış ve bundan daha büyük boyuttaki partikülleri mezoplastik olarak adlandırmıştır. 5 mm'den küçük parçacıklar mikroplastik olarak kabul edilir tanımı Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifindeki Avrupa Komisyonu tanımına uygundur (Ta ve Babel, 2019).

Çizelge 2.1'de çeşitli çalışmalarda mikroplastiklerin türü ve boyutlandırılması ile ilgili bilgiler verilmiştir. Araştırmalarda boyut aralığı göz önünde bulundurularak plastikler gruplara ayrılmıştır. Sucul ortamlardaki plastik kalıntıların mikro-, mezo-, makro- ve nano- plastikler gibi gruplara ayrıldığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 2.1: Mikroplastiklerin boyutlandırılması

Mikroplastik türü	Boyutları	Referans
Mikroplastik	<5 mm	Egessa ve diğ., 2020
Mezoplastik	5-25 mm	
Makroplastik	>25 mm	
Mikroplastik	<5 mm	Battulga ve diğ., 2020
Mezoplastik	5-20 mm	
Makroplastik	20-100 mm	
Mikroplastik	<5 mm	Laskar ve diğ., 2019
Nanoplastik	<100 nm	
Mezoplastik	5-25 mm	Lucia ve diğ., 2018
Makroplastik	>25 mm	
Mikroplastik	≤0,5 cm	Guerranti ve diğ., 2017
Mezoplastik	2,5-5,1 cm	
Makroplastik	>2,5 cm	
Mikroplastik	≤5 mm	Cannas ve diğ., 2017
Mezoplastik	2,5-5,1 mm	
Makroplastik	>2,5 cm	
Mikroplastik	1-5 mm	Lee ve diğ., 2013
Mezoplastik	5-25 mm	
Makroplastik	>25 mm	
Mikroplastik	1 µ - 5 mm	Yu ve diğ., 2020
Mezoplastik	5-25 mm	
Makroplastik	>25 mm	
Nanoplastikler	<100 nm	
Mikroplastik	<5 mm	Huang ve diğ., 2020
Makroplastik	>5 mm	
Mikroplastikler	0,1-5000 µm	Ribeiro ve diğ., 2019
Nanoplastikler	≤ 0,1 µm	

Son yıllarda sıklıkla araştırılan plastik türü olan mikroplastikler çoğunlukla <5 mm olarak kabul edilmiştir. Tabloda da verildiği gibi çoğunlukla kabul edilen gruplandırma olan mikroplastik 5 mm'den küçük, mezoplastik 5 ile 25 mm arasında ve makroplastik 25 mm'den büyük olarak yapmış olduğumuz çalışmada kabul gören aralıktır. Ayrıca, mikroplastikler şu özelliklere sahiptir; katı fazlı malzemelerdir, suda çözünmezler, sentetiktir, parçalanmaz, plastikten imal edilmişlerdir (Ta ve Babel, 2019).

Mikroplastikler kaynakları ve yapılarına göre farklı gruplandırılabilirler. Kaynaklarına göre; tüketici ürünlerinden kaynaklananlar, tekstil ürünleri, ulaşımdan kaynaklananlar ve endüstriyel hammaddeler ve atıkları olarak sınıflandırılabilir. Yapılarına göre sınıflandırma ise mikroplastiklerin tipi, şekilleri, aşınma durumu ve renklerine göre yapılabilir (Yurtsever, 2015).

Mikroplastikler çeşitli kaynaklardan gelebilir ancak bu kaynakları birincil ve ikincil olarak kategorize etmek mümkündür. Bu kirleticiler, atıksu arıtma tesisleri tarafından filtrelenemeyecek kadar küçük oldukları için taze sistemlerde (nehirler, göller veya kanallar gibi) ve nihayetinde okyanuslarda bulunurlar.

Birincil mikroplastikler milimetrik ya da milimetreden daha küçük boyutlarda tanımlanmakta ve genel olarak temizlik ve kozmetikteki mikro boncukları veya hammadde veya plastik üretiminde kullanılan imal edilmiş peletleri içerirler (Costa ve diğ., 2017; Ta ve Babel, 2019). Bu mikroplastik atıklar polipropilen ve polistiren yapıda olup genellikle evsel atıksu yoluyla su döngüsü içerisine girmektedir (Medrano ve diğ., 2015). Plastik reçine peletleri veya taneleri ve plastik toz veya tüy, birincil mikroplastiklerin bir başka önemli kaynağıdır. Bu plastik parçacıklar, plastik ürünlerin üretimi için endüstriyel bir kaynaktır ve yeniden eritildiği ve çok çeşitli nihai ürün haline getirildiği üretim alanlarına nakledilir. Nakliye sırasında kazara bir kayıptan veya işleme tesislerinden kaçarak, yani genellikle yanlış kullanımın bir sonucu olarak çevreye bırakılabilirler (Ta ve Babel, 2019).

Mikroplastiklerin ikincil kaynakları tekstil yıkama ve daha büyük plastik parçaların parçalanmasından kaynaklanır (Medrano ve diğ., 2015). Deniz ve karadaki büyük plastik kalıntılar zamanla ortamlardaki bazı faktörlere maruz kaldıklarında mikroplastik boyutu olarak ortaya çıkana kadar fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçler sonucunda daha küçük parçacıklara ayrışırlar. Bu, deniz ortamında ikincil mikroplastiklerin oluşması için en olası süreçtir. Mikroplastiklerin oluşumunun çevresel faktörlerin ve polimerin özelliklerinin bir kombinasyonundan etkilendiğini belirtmek önemlidir (Ta ve Babel, 2019).

Sentetik tekstillerden elde edilen lifler, ortamlardaki ikincil mikroplastiklerin kaynaklarından biridir. Sentetik lifler ham petrolden polimerizasyon, polikondensasyon veya poliadisyon işlemleri ile üretilir. Sentetik malzemelerden yapılmış ürünler genellikle uzun filamentlerden yapılmış liflerden veya daha kısa liflere kesilmiş liflerden oluşur (Ta ve Babel, 2019).





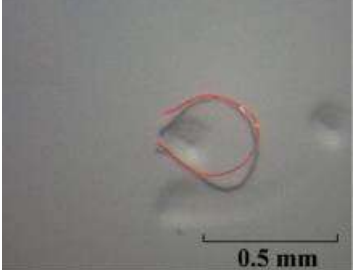

Mikroplastikler çevrede lif, küresel, amorf vb. olmak üzere farklı şekillerde bulunabilirler. Plastik peletler genellikle silindirik, yuvarlak şekilliysen, sediment ve kıyılardaki mikroplastikler ince uzun lif şeklindedir. Mikroplastiklerin şekilleri ortamda bulunma süreleri, çevre şartları ve benzeri etkilere bağlı olarak zamanla değişim gösterebilirler (Yurtsever, 2015). Çizelge 2.2’de şekillerine göre mikroplastiklerin tanımlanması verilmiştir.

Çevresel ortamlarda sıkça karşılaştığımız mikroplastik kirliliğinin başlıca sebebi insan kaynaklı faaliyetlerdir (Aydın ve diğ., 2019). Günümüzde yapılan çalışmalar sonucunda mikroplastiklerin doğada uzun süre kalıcı oldukları ve ekosistemde birikim yaptıkları gözlemlenmiştir (Esmeray ve Armutçu, 2020). Mikroplastiklerin yüksek oranda birikim yapmaları dışında başlıca zararları arasında yapılarında katkı malzemeleri (bisfenol A (BPA), ağır metal, ftalat vb.) içermesi, adsorpsiyon kapasitesinin yüksek olması sonucu kirleticileri yapısında bulundurabilmesi, canlılar tarafından besin zannedilerek yutulması, arıtma tesislerinde tamamıyla giderimin sağlanamaması, su kaynaklarında ve atmosferde taşınımının kolay olması gibi etkenler sıralanabilir (Yurtsever, 2018).

Mikroplastiklerin en belirgin olumsuz etkileri sucul ekosistem üzerinedir ve su içerisinde bulunduğu konumdan farklı yerlere taşınım potansiyeline sahiptirler. Yoğunluklarından dolayı su yüzeyinde birikme yapan mikroplastikler suyun fiziksel özelliklerinde değişiklik meydana getirdiği gibi su içerisinde yaşayan canlılar, kuşlar hatta sürüngenler de dâhil olmak üzere yutma veya dolaşma yoluyla mikroplastığe maruz kalıp bundan etkilenmektedirler (Yurtsever, 2019; Eriksen ve diğ., 2013).

Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi’nde yer alan bilgilere göre şu anda plastik deniz döküntülerinden etkilendiği bilinen 663 deniz yaşamı türü mevcuttur (Eriksen ve diğ., 2013). Mikroplastik yutma, fiziksel yaralanma, fizyolojik stres ve yanlış doygunluğun bir sonucu olarak canlılarda beslenmeyi azaltabilir, enerji rezervlerini tüketebilir ve ekofizyolojik işlevi azaltabilir (Free ve diğ., 2014).

Çizelge 2.2: Şekillerine göre mikroplastikler

Mikroplastik türü		Kaynakça
Film (İnce tabaka plastik)		Viršek ve diğ., 2016
Foam (Köpük plastik)		Tunçer ve diğ., 2018
Fragman (Küçük tanecikli plastik)		Syakti ve diğ., 2018
Granül		Viršek ve diğ., 2016
Fiber (Lifli plastik)		Huang ve diğ., 2019
Pellet (Yuvarlak plastik)		Zhang ve diğ., 2017

Sucul ortamda herhangi bir canlının yapısına giren mikroplastikler taşıma ve beslenme yoluyla diğer canlılara da geçebilir. Mikroplastiklerin yutulması dünya genelinde 260'tan fazla türe göre tanımlanmıştır ve çok çeşitli trofik seviyeleri kapsamaktadır (He ve diğ., 2020).

Mikroplastiklerin yüzey alanlarının büyük ve adsorpsiyon kapasitelerinin yüksek olması su ortamında bulunan PAH, PCB, DDT ve benzeri pestisit türlerini ve kalıcı organik kirleticileri adsorplamalarına ve bunları taşımalarına olanak sağlamaktadır (Yurtsever, 2018). Bu durumu etkileyen diğer önemli faktörler ise bu kirleticilerin hidrofobik ve lipofilik özellikte olmasıdır. Yapılan bazı çalışmalar sonucunda kalıcı organik kirleticilerin plastıklere sorpsiyonunun doğal çökeltiler ve topaklara sorpsiyonundan yaklaşık iki kat daha yüksek olduğunu göstermiştir. Hidrofobik organik kirleticilerin sorpsiyon ve desorpsiyon olayları buldukları çevre şartlarına bağlıdır ve yüksek konsantrasyonlu bir ortamdaki daha düşük konsantrasyonlu bir ortama geçmeleri difüzyon yoluyla gerçekleşir (Rodrigues ve diğ., 2019).

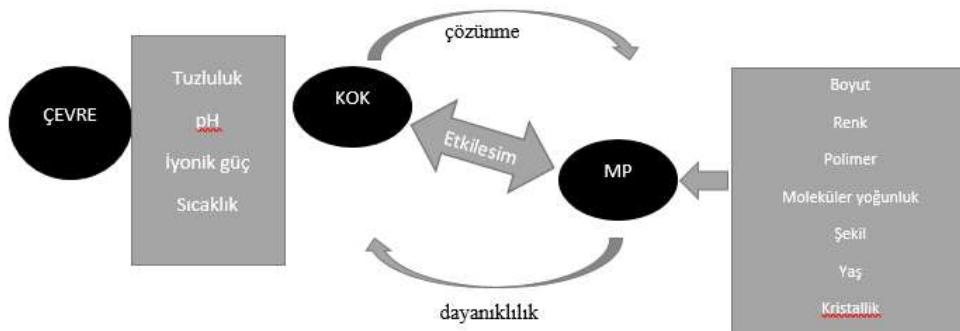
İncelenen çalışmalarda PCB ve pestisit türlerinin farklı boyut ve polimer türüne sahip mikroplastiklere adsorplandığı ve bu durumun kromatografik yöntemler kullanılarak tespit edildiği gözlemlenmiştir. Bu çalışmalarda polimer türlerinden genel olarak polietilen (PE) rastlanılmış ve mikroplastik boyutları farklılık göstermiştir. Bu tabloya bakılarak çevresel şartların, boyut ve polimer türünün adsorpsiyon olayına etki ettiğini söylemek mümkündür.

Çizelge 2.3'de mikroplastikler ve organik kirleticiler arasındaki etkileşimi gözlemek için yapılmış bazı çalışmaların sonuçları verilmiştir. Çalışmalar incelendiğinde PE, PET, PS, PVC gibi polimer türlerine kalıcı organik kirletici (KOK) olarak adlandırılan kirleticilerin adsorplandığı ve analizinde GC-MS, GC-ECD gibi cihazların kullanıldığı görülmüştür. Analiz edilen KOK'lar arasında DDT ve türevleri, HCH, HCB gibi kullanımı yasaklanmış olan pestisitlere de rastlanılmıştır. Bu durum pestisitler gibi KOK'ların mikroplastiklerle olan bağlantısını gözler önüne koymuştur.

Çizelge 2.3: Mikroplastikler ve organik kirleticiler arasındaki etkileşimi gözlemlemek için yapılmış bazı çalışmalar

Mikroplastik polimer tipi	Mikroplastik boyutu	Organik bileşik	Kullanılan teknik	Referans
-	Pellet (3-6 mm)	pp' -DDE (p,p'-diklorodifeniltrikloroetilen) pp' -DDD (p,p'-diklorodifenildikloroetan) pp' -DDT (p,p'-diklorodifeniltrikloroetan) PCB konjenerler: 18, 26, 31, 44, 49, 52, 101, 105, 118, 128, 138, 149, 151, 153, 170, 180, 187, 194	GC-MS (Gaz kromatografisi-Kütle spektroskopisi)	Antunes ve diğ., 2013
PE (Poliyetenil) PP (Polipropilen) PS (Polistiren)	<250 µm	α-HCH (α-heksaklorosikloheksan) β-HCH γ-HCH δ-HCH HCB (Heksaklorobenzen)	GC-ECD (Gaz kromatografisi-Elektron yakalama dedektörü)	Lee ve diğ., 2014
PVC (Polivinil klorür) PE	200-250 µm	DDT Phenanthrene Bis-2-ethylhexyl phthalate Perfluorooctanoic acid	LSC	Bakir ve diğ., 2014
PE	Pellet (<5 mm)	PCBs (38 PCB congeners)	GC-MS	Endo ve diğ., 2013

Polimer boyutu, şekli, yoğunluğu, rengi ve kimyasal bileşimi, sorpsiyon dinamiklerini etkileyebilen özelliklerdir (Şekil 2.1). Yapılan bazı çalışmalar sonucunda kirletici konsantrasyonlarının numunelerde bu özelliklere bağlı olarak değiştiğini göstermiştir (Rodrigues ve diğ., 2019).



Şekil 2.1: Mikroplastikler ve kalıcı organik kirleticiler (KOK) arasındaki etkileşimi etkileyen faktörler (Rodrigues ve diğ., 2019)

2.2. Pestisitler

Besin maddelerinin üretimi sırasında çevreden gelen her türlü etkiyi (böcek, bakteri vb.) engellemek için kullanılan kimyasal ilaçlar pestisit olarak tanımlanmaktadır.

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından pestisitler için yapılan tanım ise şu şekildedir; “İnsan veya hayvanlarda oluşabilecek hastalıkları taşıyıcı gıdaların, tarımsal ürünlerin, ahşap ve ahşap ürünlerinin veya hayvan yemlerinin üretimi, işlenmesi, taşınması, depolanması ve/veya pazarlanması sırasında bu uygulamaları olumsuz etkileyecek her türlü zararlının önlenmesi, yok edilmesi veya kontrol altına alınması amacıyla veya hayvanlar üzerinde veya vücutlarında bulunabilecek zararlıların kontrol altına alınması amacıyla kullanılan maddelerdir. Bu tanım, ayrıca bitki büyümesini düzenleyici, yaprak dökücü, kurutucu veya meyve seyretilici veya ham meyvelerin dökülmesini önleyici etkenleri ve depolanma ve taşınma sırasında ticari malların bozulmasını önlemek amacıyla hasat öncesi ve sonrası ürüne uygulanan maddeleri de kapsamaktadır.” (FAO, 2002).

Çevreye salınan bir çok pestisit türü Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) ve Avrupa Topluluğu (EC) tarafından kalıcı, birikim özelliğine sahip, toksik, çevrenin fiziksel ve kimyasal koşullarını olumsuz bir yönde etkileyen, insan ve diğer canlı türleri açısından sağlıksız ve sonuç olarak bütüne karşı bir çok olumlu olmayan özellikleri olan organik kirleticiler olarak tanımlanmıştır (Campanale ve diğ., 2021).

Pestisitler farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır. Bunlar;

Formülasyon şekillerine göre: Toz ilaçlar, ıslanabilir toz ilaçlar, emülsiyon konsantre ilaçlar, solüsyon konsantre ilaçlar, suda çözünebilir toz ilaçlar, yazlık ve kışlık yağlar, granüller, peletler, tabletler, toz tohum ilaçları vb.

Kullandıkları zararlı grubuna göre: İnsektisit: böcek öldürücü, fungusit: mantar öldürücü, herbisit: yabancı ot öldürücü, akarisit: örümcek öldürücü, bakterisit: bakteri öldürücü, afisit: yaprak biti öldürücü, rodentisit: kemirici öldürücü, nematisit: nematod öldürücü, molluskisit: salyangoz öldürücü vb.

İçerdikleri etkili maddenin yapısına göre: Organik klorlu bileşikler ve organik fosforlu bileşikler

Kontrol ettiği zararlının bulunduğu yere göre: Kültür bitkilerindeki zararlılara karşı, orman zararlılarına karşı, kerestelerin korunması için, depodaki ürüne zarar vericilere karşı vb.

Tarım alanlarında elde edilen verimin artırılması amacıyla kullanılan pestisitler farklı alanlarda kullanılmakla beraber Türkiye’de kullanımının artış içerisinde olduğu görülmüştür. Kalıcı organik kirleticiler arasında en çok tanınan ve kullanılan pestisitler;

DDT ve türevleri, klordan, aldrin, heptaklor, mirex, dieldrin ve toksafendir (Koçyiğit ve Sinanoğlu, 2019).

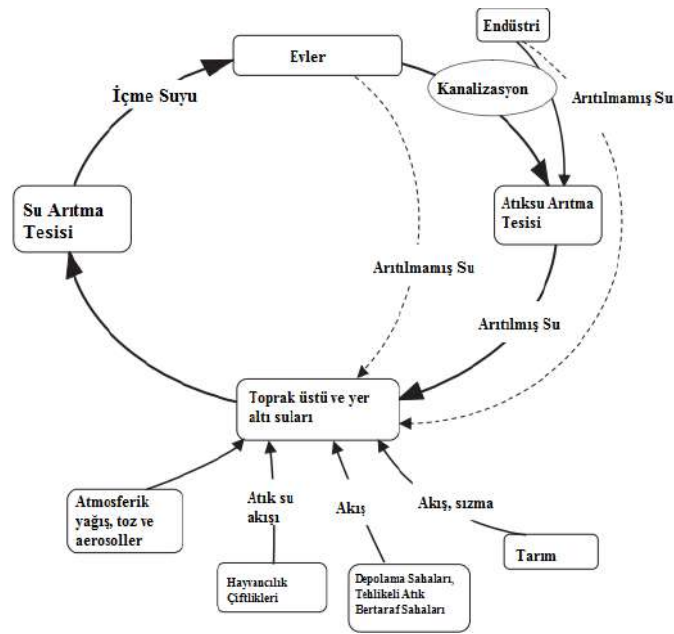
2.2.1 Organoklorlu ve Organofosforlu Pestisitler

İnsektisitler, istenmeyen böceklerin öldürülmesi için kullanılan ilaçlara verilen isimdir. Günümüzde en çok kullanılan sentetik insektisitler organofosforlu ve organoklorlu yapıda olan ilaçlardır (Akdoğan ve diğ., 2012). Organoklorlu pestisitler yapısında bol miktarda klor (Cl) bulunduran, karbon (C), hidrojen (H) oluşan ve DDT'nin insektisit etkisinin farkedilmesi ile kullanılmasına başlanan pestisit türüdür (Buran, 2016). Bu grupta en çok kullanılan pestisit türü DDT olup ana metaboliti DDE'dir (Özyurt ve Erkekoğlu, 2016). DDT saf halinde kokusu olmayan, beyaz renkli ve kristal haldedir (Erdoğan, 2010). Yapı olarak hidrofobiktirler ve kararlı yapıdadırlar bu nedenle uzun seneler boyunca çevrede bozunmadan kalabilirler (Buran, 2016; Taiwo, 2019).

Oldukça kalıcı olan organoklorlu pestisitler genel olarak 3 sınıfta sınıflandırılmaktadır. Bunlardan ilki diklorodifeniletanlardır. Bu gruba örnek olarak DDT, DDE, DDD, metloklar, dikofol ve pertan verilebilir. İkinci grup klorlu siklodienlerdir. Bu grupta endrin, dieldrin, endosulfan, klordan, heptaklor ve aldrin yer almaktadır. Üçüncü ve son grup ise klorlu benzenler ve sikloheksanlardır. Bu grupta ise mireks, toksafen, heksaklorosikloheksan (HCH), heksaklorobenzen/benzenheksaklorür (HCB/BHC), klordekon sayılabilir (Taiwo, 2019). Organoklorlu pestisitlerin oldukça kalıcı olması ve zararlı olduğu keşfedilmeye başlandıktan sonra dünya genelinde zamanla kullanımı kısıtlanmış ya da yasaklanmıştır. Bu durum daha az kalıcı olan organofosforlu pestisitlere yönelmeye yol açmıştır (Taiwo, 2019).

Organofosforlu pestisitler organoklorlu pestisitlerin kullanımının sınırlandırılmasından sonra dünya genelinde kullanım alanı genişleyen pestisit türüdür (Akdoğan ve diğ., 2012). Bu pestisitlerin kalıcı olmamalarına karşın akut toksisite etkileri daha yüksektir (Devecioğlu, 2015). Bu durum organofosforlu pestisitlerin uygulandığı üründe kalıntı olarak daha az bulunmasına rağmen zehir etkisinin daha yüksek olacağına işaret etmektedir (Erdoğan, 2010). Bu pestisit türünün suda çözünürlükleri, fiziko-kimyasal özellikleri, kalıcılıkları ve diğer özellikleri oldukça değişiklik gösterir. Bu nedenle hemen hemen her zararlıyı giderebilecek bir organofosforlu pestisit bulmak kolaydır. Etki mekanizmaları ise fosfor atomuna bağlanan kimyasalın yapısına göre değişmektedir (MEB, 2012).

Şekil 2.2’de sucul çevrede pestisitlerin kaynakları ve akıbeti ile ilgili şekil verilmiştir. Pestisitlerin uygulanması sırasında püskürtme işlemi yapıldığı için bir kısmı dağılma nedeni ile kaybolurken, bir kısmı ise bitki ve toprak üzerinde birikmektedir. Havaya karışan kısım rüzgar ile taşıma sonucu yağmur vb. olaylar ile tekrar yeryüzüne döner. Bu sebeple ilk uygulandığı yerden çok farklı alanlarda görülen pestisitler hedef olmayan başka türler üzerinde birikme ve toksisiteye neden olabilirler (Akdoğan, 2011). Yanlış ve fazla pestisit kullanımı sonucunda suda, toprakta, gıdalarda, havada pestisit veya pestisitlerin parçalanma ürünlerine rastlanabilir. Bu durum çevredeki diğer canlılar üzerinde olumsuz etkilere sebep olabilir. Bu durumun ilk örneği 1948 ve 1951 yıllarında insan vücudunda organik klorlu pestisit kalıntılarının bulunmasıyla kanıtlanmıştır. Pestisitlerin bilinen en önemli etkileri kanserojen yapıda olması, sinir sistemini etkilemesi veya sinir sistemini mutasyona uğratarak zarar vermesidir (Akdoğan, 2011).



Şekil 2.2: Sucul çevrede pestisitlerin kaynakları ve akıbeti (Tankiewicz ve diğ., 2010)

Pestisitlerin toprak ve bitkilere uygulanmasından sonra yüzeyde kalan pestisitler yağışlar sonrası yüzey akışı ile yeraltı sularına karışmaktadır. Yeraltı suyuna ulaşan bu organik kirleticiler parçalanmaya devam etse de minimum şartlar (az ışık, sıcaklık, oksijen) nedeniyle daha az parçalanır. Yer altı sularının kirlenmesi sonucunda kirli su akıntıları nedeniyle yüzeysel sulara da bulaşma durumu söz konusu olabilir. Yüzeysel sulara görülen pestisitlerin diğer bir kaynağı ise su kaynaklarına yakın yerlerde veya içerisindeki bitki ve böceklerle mücadelede pestisitlerin kullanımı ve bunların doğal

yollarla taşınımıdır. Ayrıca ilaç endüstrisi atık sularının yüzeysel kaynaklara boşaltılması, uygulamada kullanılan ekipmanların, boş ambalajların sulara bırakılması da nedenler arasında sayılabilmektedir (Altıkat ve diğ., 2009).

2.3. Mikroplastikler ve Mikroplastiklere Bağlı Pestisitlerin Analiz Yöntemleri

2.3.1. Mikroplastiklerin Analiz Yöntemi

Yapılan araştırmalar sonucunda son yıllarda su numunelerinin örneklenmesinde en çok kullanılan yöntemlerin manta ağı ve paslanmaz çelik elek olduğu gözlemlenmiştir. Kullanılan yöntemler gerekli su hacmine, araştırılacak kirleticilerin boyutları gibi etkenlere bağlı olarak seçilmiştir. Kullanılan manta ağlarının boyut aralığı genellikle 330-333 μm 'dir. Manta ağları daha yüksek su hacimlerinde çalışılabilir olunuşu, kullanımının kolay olması ve fazla alanda çalışma yapıldığı için karşılaştırılacak numune sayısının fazla olması gibi avantajlara sahiptir. Fakat bunların yanında pahalı ekipman gerektirmesi, geniş zaman aralığına ihtiyaç duyulması ve alt limitinin 330 μm olması dezavantajları olarak görülür (Prata ve diğ., 2019). Buna karşın olarak paslanmaz çelik eleklerin boyut aralığının geniş olması, ekipmanın ucuz olması bilinen ve az su hacimlerinde iyi sonuçlar elde edilmesi gibi avantajları sebebiyle yapacağımız çalışmada çelik elek kullanmayı uygun gördük. Yapılan literatür taraması sonucunda eleklerin farklı boyutlarda olduğu ve isteğe göre birden fazla elek kullanılarak çalışmaların gerçekleştirildiği gözlemlenmiştir.

Çevresel örneklerde mikroplastiklerin analizi için belirlenmiş standart bir yöntem olmamakla beraber mikroplastiklerin küçük boyutları ve çevreye heterojen olarak dağılması su ve sedimentte bu küçük partiküllerin analizini zorlaştıran etmenler olarak görülmektedir. Numune alınan çevreden bağımsız olan numune matrisi içerisinde görsel olarak analizi zorlaştıran birçok doğal organik maddeyi içerebilir. Bu nedenle mikroplastiklerin ekstrakte edilip bu maddelerin giderimini sağlayarak doğru sonuçlar elde edilebilecek analizler için uygun numune hazırlama işlemlerinin seçilmesi gerekmektedir (Klein ve diğ., 2018).

Su örneklerinde mikroplastiklerin analizinde numunenin hazırlanması için işlemler sırasıyla elekten geçirme, ıslak peroksit oksidasyonu, yoğunluk ayrımı ve filtrelemedir. Bu işlemlerden sonra numune analizi gerçekleştirilmektedir. Elde edilen belirli miktarlardaki su numuneleri içerisinde mikroplastiklerin analizi için ilk aşama elekten geçirme işlemidir. Su numunesi içerisinde bulunan ve mikroplastik sınıfına girmeyen maddeleri ayırmak için 5 mm'den daha büyük parçacıklar paslanmaz çelik eleklerde

tutulur. Bu işlem için farklı boyutlarda elekler mevcuttur. Elekler arasında bütün küçük parçacıkları transfer etmek ve numune içerisindeki tuzları gidermek için distile su ile yıkama işlemi gerçekleştirilir. Bu işlemden sonra elde edilen katılar etüvde kurutulur.

Etüvde kurutma işlemi yapıldıktan sonra numune içerisindeki organik kalıntıları gidermek için uygulanan en yaygın yöntem hidrojen peroksit (H_2O_2) ile kimyasal parçalama işlemidir. Bu işlem için eleklerle ayrılan mikroplastikler bir behere alınarak içerisine Fe(II) solüsyonu ve H_2O_2 ilave edilir. Bu karışım bir süre bekletildikten sonra $75^\circ C$ 'de 30 dk boyunca bir ısıtıcı üzerinde karıştırılır. Eğer bu işlem yeterli gelmez ve organik materyal görülmeye devam ederse belirlenen miktarlarda H_2O_2 ilave edilerek tüm organik materyal giderilene kadar işleme devam edilir. Örnek matriksi içindeki mikroplastikleri diğer kirleticilerden ayırma için yoğunluk ayırımı işlemi uygulanmaktadır. Mikroplastikleri bu kirleticilerden ayırmak için kullanılacak olan solüsyonun yoğunluğu $1.2-1.4 \text{ g/cm}^3$ 'den büyük olarak kabul edilir. Çünkü plastiklerin yoğunluğu polimer tipine, katkı maddelerine, adsorplanmış maddelere ve organizmalara bağlı olarak değişmektedir. Sodyum klorür ($NaCl$) yoğunluğu ayırmak için en çok kullanılan tuzlardan biridir, çünkü yüksek oranda bulunabilir, ucuz ve çevre dostudur. Bunun yanında Sodyum iyodür (NaI) ve çinko bromür ($ZnBr_2$) yoğunluk ayırımı işlemi için kullanılabilir (Prata ve diğ., 2019).

Elekten geçirme ve oksidasyon işlemlerinden sonra yoğunluk ayırımı işlemini gerçekleştirmek için doygun bir çözelti elde edilene kadar belirlenen tuzlardan biri eklenir ve numune seperatörde bekletilerek mikroplastiklerin ayırımı gerçekleştirilir. Plastik parçacıklar, plastik parçacıkları ihtiva eden çözeltinin, genellikle vakum ile desteklenen bir filtre üzerine geçirilmesiyle yoğunluk ayrılmasından elde edilen süpernatanttan ayrılır (Hidalgo-Ruz ve diğ., 2012). Farklı çaplarda elekler olduğu gibi farklı çarplarda filtreler de mevcuttur. Kullanılacak filtrenin çapı en küçük mikroplastik boyutu göz önüne alınarak belirlenir (Prata ve diğ., 2019). Filtreleme işlemi için farklı tür ve boyutta filtreler kullanılabilir. Bunlardan bazıları; kuvars, cam fiber, politetrafloroetilen ve naylondur (Li vd., 2018). Numune filtreden geçirildikten sonra distile su ile yıkanır. Filtre etüvde kurutulularak mikroskopla analize hazır bir hale gelir.

Literatürde sularda bulunan mikroplastiklerin tanımlanması ve gideriminin sağlanması için çeşitli çalışmalar yapılmış ve alternatif yöntemler denenmiştir. Çizelge 2.4'te farklı bölgelerde yapılmış çalışmalar incelenmiş ve örnekleme yöntemleri gösterilmiştir. Yapılan bu çalışmaların bazılarını incelediğimizde örnekleme metodu olarak genellikle çeşitli ağlar ve kepçeler kullanılmıştır. Bu ağların boyutu ise çoğunlukla

333 µm boyutlu ağlar olarak tercih edilmiştir. Örnekleme işlemi için çalışmaların çoğunda birden fazla nokta belirlenmiş ve genellikle yaz ayları tercih edilmiştir. Numuneler alınmadan önce çevresel koşullar, nüfus dağılımı, akış hızı ve yönü dikkate alınmış ve çıkacak sonuçlara olan etkisi ve bağlantısı değerlendirilmiştir.

Çizelge 2.4: Suların örneklenmesi

Örnekleme yeri	Örnekleme metodu	Numune hacmi (L)	Referans
Nakdong Nehri, Güney Kore	Metal elek, 150-400 µm	Yaklaşık 30	Song ve diğ., 2015
Laurentian Büyük Gölü, ABD	Manta trawl, 333 µm		Eriksen ve diğ.,2013
Hovsgol Gölü, Kuzey Moğolistan	Manta trawl, 333 µm (16 cm y* 61cm g)		Free ve diğ., 2014
San Francisco Körfezi, California	Manta trawl, 333 µm (16 cm y* 61cm g)		Sutton ve diğ., 2016
Tibet Platosu Nehirleri	Paslanmaz çelik elek, 45 µm	30	Jiang ve diğ., 2019
Tamsui Nehri ve Kuzey Tayvan'daki Kolları	Manta ağı 300 µm		Wong ve diğ., 2020
Lübnan Sahili, Doğu Akdeniz Havzası	Manta trawl net, Neuston net, Plankton net, Standart net 52-333 µm		Kazour ve diğ., 2019
Baltık Denizi, Bothnia Körfezi, İsveç	Manta trawl, 333 µm Yerde pompa filtreleme (50, 300, 500 µm)		Schönlau ve diğ., 2020
Nansha Adaları, Güney Çin Denizi	Paslanmaz çelik elek, 48 µm	20	Nie ve diğ., 2019
Qin Nehri, Çin	Paslanmaz çelik elek, 25 µm	30	Zhang ve diğ., 2020
Wei Nehri, Çin	Paslanmaz çelik elek, 75 µm	30	Ding ve diğ., 2019
Jiaozhou Körfezi, Çin	Paslanmaz çelik elek, 20 µm	50	Zheng ve diğ., 2019
Bintan küçük adaları, Endonezya	Neuston ağı (1 mm- 300 µm)		Syakti ve diğ., 2018

Ülkemizde ve uluslararası literatürde sularda mikroplastik analizi için yapılmış farklı çalışmalar Çizelge 2.5'de gösterilmiştir. Örnekleme işleminden sonra uygun koşullarda muhafaza edilen numuneler laboratuvarında analiz edilmiştir. Bu analizin ilk aşaması numunedeki organik maddelerin giderimidir. Bu işlem için çalışmaların çoğunda farklı derişikliğe sahip H₂O₂ solüsyonu tercih edilmiştir. Organik madde giderimi sağlanana kadar bu işlem tekrarlanmış ve bu aşamadan sonra sırasıyla yoğunluk ayırımı, filtreleme ve tanımlama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Yoğunluk ayırımı için NaCl, ZnCl₂ gibi tuzlar tercih edilmiş bazı çalışmalarda ise gerek duyulmamıştır. Filtreleme işlemi için ise farklı boyutlarda filtre ve elekler kullanılmış, çalışmalarda tercih edilen en küçük boyutlu filtrenin 20 µm olduğu görülmüştür. Son olarak tanımlama için görsel analize ek

olarak Fourier Transform Infrared Spektroskopisi (FTIR) ve mikroskop kullanılmış ve çıkan sonuçlar bu sayede görüntülenebilmiştir.

Çizelge 2.5: Sulara bulunan mikroplastiklerin analizi

Örnekleme metodu	Numune Türü	Temizleme	Yoğunluk Ayrımı	Filtreleme	Tanımlama	Kaynak
Manta trol ağı, 333 µm	Deniz suyu	%32 H ₂ O ₂	-	-	Mikroskop + FTIR	Tunçer ve diğ., 2018
Manta net ağı, 333 µm	Deniz suyu	%35 H ₂ O ₂	1.2 g/cm ³ NaCl	26 µm	Stereomikroskop	Gökdağ, 2017
Grab numune	Atıksu	H ₂ O ₂	2,91 g/cm ³ ZnCl ₂	20 – 5000 µm	Mikroskop ve ATR-FTIR	Berber, 2016
Nansen tipi plankton kepçe 335 µm	Deniz suyu	-	-	26 µm	Mikroskop	Gürbüz, 2017
Manta net 333 µm ve plankton kepçe 200 µm	Deniz suyu	%35 H ₂ O ₂	-	26 µm	Mikroskop	Konya, 2019
Zooplankton örnekleme ağı, 26 µm	Atıksu	% 35 H ₂ O ₂	-	-	FTIR + mikroskop	Akarsu ve diğ., 2020
Manta ağı, 330 µm	Deniz suyu	0.05 M Fe (II)+ %30 H ₂ O ₂	-	Cam fiber filtre (GF/F), 0,7 mm gözenek boyutu	FTIR + stereomikroskop	Zhang ve diğ., 2017
Neuston ağı, 1 mm-300 µm	Deniz suyu	%1 H ₂ O ₂	3 M ZnCl ₂	Nitroselüloz filtre, 0,2 µm	FTIR + mikroskop	Syakti ve diğ., 2018
Paslanmaz çelik elek, 50 µm	Deniz suyu	%30 H ₂ O ₂	-	0,45 mm'lik membran	Stereomikroskop + mikro Raman spektrometresi + SEM	Huang ve diğ., 2019
Paslanmaz çelik elek, 5 mm + Plankton ağı 0.05-5 mm	Deniz suyu	% 30 H ₂ O ₂	ZnCl ₂	0.45 µm'lik filtre	Stereomikroskop + FTIR + SEM + EDS	Jiang ve diğ., 2020
Mobil pompalama cihazı + 500 µm gözenek çaplı ağ	Atıksu	Enzim + % 35 H ₂ O ₂	-	10 µm'lik elekler + 0.2 µm alüminyum oksit filtre	Stereomikroskop + ATR-FTIR + micro FTIR	Mintenig ve diğ., 2017
Paslanmaz çelik elek, 150 µm, 74 µm ve 25 µm	Atıksu	% 30 H ₂ O ₂	-	Naylon membran filtre, 5 µm	Mikroskop + FTIR	Xu ve diğ., 2019

Bu işlemlerden sonra su örneklerinde bulunan mikroplastiklerin analizi gerçekleştirilir. Numune analizi için kullanılan analitik yöntemleri 3 başlık altında toplamak mümkündür. Bunlar; görsel yöntem, spektroskopik yöntem ve kromatografik yöntemdir. Numune matriksinden ayrılan mikroplastikler ilk aşamada gözle veya

mikroskop ile sayılır ve incelenir (Li ve diğ., 2018). Mikroplastik konsantrasyonu yüksek olan numunelerin sayımı bu yöntemde kolaydır. Bu yöntemin maliyeti düşük ve teknik bilgi gereksinimi daha azdır. Mikroplastiklerin bu yöntemde nitel analizi yapılmaz, bunun için sayım ile beraber diğer yöntemlerin uygulanması gerekmektedir.

Mikroplastiklerin nicel ve nitel araştırmaları için mevcut teknikler arasında kütle spektrometrisine bağlı piroliz gaz kromatografisi, raman spektroskopisi, FT-IR, sıvı kromatografisi gibi yöntemler bulunmaktadır. Yaygın olarak kullanılan teknikler arasında, fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopisi ve raman spektroskopisi mikroplastikleri tanımlamak için kullanılır (Li ve diğ., 2018). FTIR hızlı, güvenilir ve numuneye daha az tahribat vermektedir. Buna karşı şeffaf olmayan numunelerin analizi zordur, maliyeti yüksektir, deneyimli personel gereksinimi vardır, numuneye ön işlem uygulamak gerekir. Raman spektroskopisinin avantajı şeffaf olmayan ve koyu renge sahip partiküllerin analizi yapılabilir. Dezavantajları arasında ise zaman alıcı olması, çekim parametrelerinin dikkat gerektirmesi, analizden önce numunenin saflaştırılma gerekliliği sayılabilir. Taramalı elektron spektroskopisinde ise yüksek çözünürlüklü görüntüler elde edilir ama ayrıntılı tanımlama yapılamaz ve numunelerin yüksek vakumda kaplanması gerekir (Li ve diğ., 2018). Mikroplastiklerin analizinde kromatografik yöntem olarak GC/MS, TGA-MS gibi yöntemlerde kullanılabilir (Li ve diğ., 2018). GC/MS'de numune organik plastik katkı maddeleri ile tek seferde analiz edilebilir, çözücü kullanmaya gerek yoktur, hassas ve güvenilirdir ve veri kütüphanesi mevcuttur. Fakat her çalışmada sadece belirli bir ağırlığa sahip bir parçacık değerlendirilebilir, veri tabanı sadece PE ve polipropilen gibi seçilmiş polimer türleri için mevcuttur. Sıvı kromatografide ise seçilen polimerlerin geri kazanım oranları yüksektir. Olumsuz yönü ise her çalışma için sadece belli miktarda numune değerlendirilebilir ve sadece polistiren (PS) ve polietilen tereftalat (PET) gibi belirli polimerler analiz edilebilir (Li ve diğ., 2018).

2.3.2. Mikroplastiklere Bağlı Pestisitlerin Analiz Yöntemleri

Sularda mikroplastiklere bağlı pestisitlerin analizi için uygulanacak ilk adım ekstraksiyondur. Bu işlem için öncelikle mikroplastik ayırma metodu olan elekten geçirme, yoğunluk ayırma ve filtreleme aşamaları uygulanır. Filtre üzerinde kalan mikroplastikler kuruması için desikatörde bekletildikten sonra belirlenen surrogate standartlar kullanılarak spike edilir. Filtreler ultrasonik banyoda uygun kimyasal ile

ekstrakte edilir ve ekstrakte edilen tüm ekstraktlar birleştirilerek temizleme aşamasına geçilir.

Ekstraksiyon işlemi sonunda elde edilen ekstraktların temizlenmesi için standart kolon kromatografisi tekniği kullanılabilir. Bu yöntemde kolon gerekli miktarda belirlenen adsorban ile doldurulur ve ekstrakt kolona verilir. Analitlerin elusyonu kolon üzerinde girişim gerçekleştiren analitlerin ayrılması uygun solvent ya da solventlerle gerçekleştirilir. Daha sonra eluat konsantre edilerek analiz gerçekleştirilir. Pestisitlerin kalitatif ve kantitatif analizi için GC-MS kullanılabilir. Gaz kromatografisi, örneği buharlaştırır ve içerisinde bulunan çeşitli organik kimyasalları ayıran kolona verilir. Daha sonra kolonun sonunda bulunan dedektör numunede bulunan kimyasalın miktarına göre sinyalleri oluşturur.

Çizelge 2.6'de incelenen çalışmaların aşamaları ve kullanılan kimyasallar gösterilmiştir. Mikroplastiklerle ilintili pestisitlerin analizi için yapılan çalışmalar incelendiğinde ilk olarak pestisitlerin mikroplastiklerden ekstraksiyonu işlemi gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon işlemi istenilen sonuç elde edilinceye kadar tekrar edilmiştir. Çalışmaların çoğunda ekstraksiyon için n-hekzan kullanılmış olsa da son yıllarda buna ek olarak aseton, diklorometan (DCM) gibi kimyasallarda kullanılmıştır. Ekstraksiyon işlemi sonunda elde edilen ekstraktların temizlenmesi gerekmektedir. Temizleme işlemi için silika jel/alümina içeren kolon kullanılmış ve bileşiklerin elusyonu ise n-hekzan, DCM, metilen klorit gibi solventler ile gerçekleştirilmiştir. Son olarak pestisitlerin tanımlanması için enstrümental analiz gerçekleştirilmiş, çoğunlukla çalışmalarda GC-MS tercih edilmiştir.

Çizelge 2.6: Mikroplastikler ile ilintili pestisitlerin analizi için yapılmış çalışmalar

Ekstraksiyon (süre/solvent)	Temizleme	Adsorban	Tanımlama	Kaynak
12 saat 150 ml DCM	-	-	GC-MS	Rios ve diğ., 2007
72 sa 2×15 ml hekzan	30 ml hekzan + heksan:DCM (3:1)	Aktif silika jel	GC-MS	Ogata ve diğ., 2009
17 sa 2×n-hekzan	H ₂ SO ₄	Silika:alümina (1:1)	GC-MS	Frias ve diğ., 2010
18 saat 150 ml DCM	-	Aktif silika jel	GC-ITMS	Hirai ve diğ., 2011
2×hekzan:aseton (1:1)	Hekzan + diklorometan:heksan (4:1)	Silika	GC-MS	Van ve diğ., 2012
2×15 ml hekzan	-	Aktif silika jel	GC-MS/MS	Heskett ve diğ., 2012
5 dk hekzan:aseton (1:1)	n-hekzan + H ₂ SO ₄	Silika ve alümina	GC-ECD	Antunes ve diğ., 2013
2×15 ml hekzan	-	Aktif silika jel	GC-MS	Mizukawa ve diğ., 2013
30 dk 2×10 ml hekzan	40 ml hekzan + 80 ml hekzan/metilen klorit (1:1)	4 g aktif silika jel + 1 g susuz Na ₂ SO ₄ + 6 g florasil	GC-ECD	Zhang ve diğ., 2015
2×15 ml hekzan	30 ml hekzan	Aktif silika jel	GC-ECD	Le ve diğ., 2016
DCM:hekzan	-	Alümina	GC-ECD	Taniguchi ve diğ., 2016
3×15 ml hekzan:DCM (9:1)	Hekzan:DCM (9:1) + hekzan:DCM (1:2)	Alüminyum oksit	GC-MS	Lozoya ve diğ., 2016
24 saat hekzan ve aseton/DCM (1:1)	30 ml DCM + 30 ml hekzan	10 g aktif silika jel + 1 g susuz Na ₂ SO ₄	GC-MS	Lo ve diğ., 2019
3×5 ml Siklohekzan:etil asetat (1:1)	-	-	GC-MS/MS	Camacho ve diğ., 2019
30 dk 3×5 ml MeOH	-	-	GC-MS	Leon ve diğ., 2019
15 dk 3×15 ml hekzan:DCM (9:1)	Heksan:DCM (9:1) + hekzan:DCM (1:2)	Alüminyum oksit	GC-MS	Rodriguez ve diğ., 2020
30 dk 2×10 ml hekzan	DCM, heksan + hekzan:DCM (1:1)	Alümina + silika jel + susuz sodyum sülfat	GC-MS	Shi ve diğ., 2020
Hekzan:aseton (1:1)	Na ₂ SO ₄	Aktif silika jel	GC-MS	Steinman ve diğ., 2020
15 dk 3×15 ml hekzan	6 ml DCM + 40 ml DCM/hekzan (1:1)	Aktif silika jel + Na ₂ SO ₄	GC-MS	Pozo ve diğ., 2020
30 dk 2×10 ml hekzan	30 ml DCM + 30 ml hekzan + 50 ml hekzan/DCM (1:1)	8 g aktif silika jel + 1 g susuz Na ₂ SO ₄ + 5 g alümina	GC-MS	Shi ve diğ., 2020
30 dk 3×4 ml DCM	-	-	GC-MS	Capriotti ve diğ., 2021
2×5 ml sikloheksan ve etil asetat (1:1)	-	-	GC-MS	Fred-Ahmadu, 2022

2.4. Konuyla İlgili Yapılmış Çalışmalar

2.4.1. Ülkemizde Yapılmış Çalışmalar

Tunçer ve diğ. (2018) Marmara Denizi'nde yaptığı çalışmada on dört farklı noktadan numune alınmış ve mikroplastik analizi gerçekleştirilmiştir. Çıkan sonuçlara göre yüzeydeki mikroplastik varlığı 1263 adet/m³'tür. Toplanan mikroplastik parçacıklarının boyutu minimum 0.8 mm maksimum 65 mm olarak ölçülmüştür. Numune içerisindeki mikroplastikler boyut, tip ve renk olarakta karakterize edilmiştir. 14 noktadan alınan numunelerde film, fragment, granül, filament ve foam türleri 16 farklı renk ve 4 farklı boyut olarak sınıflandırılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar diğer komşu bölgelerle kıyaslanmış ve bu sorunun Marmara Denizi'nde artan bir problem olduğunu gözlemlenmiştir.

Gökdağ (2017) Kuzeydoğu Akdeniz'den 2015 ve 2016 yıllarında su yüzeyi ve su kolonunda araştırmalar yapmıştır. Çalışmadan elde ettiği sonuçlarda 2015 yılında deniz yüzeyinde mikroplastik miktarı 16339 ve 520213 adet/km², su kolonunda ise 0.58 ve 26.37 adet/m³ olarak gözlemlenmiştir. 2016 yılında ise sonuçlar deniz yüzeyi için 39559 ve 1043675 adet/km², su kolonu için ise 0.14 ve 13.83 adet/m³ olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre bulunan mikroplastiklerin boyutları 0.1 ile 2.5 mm arasında değişiklik göstermektedir. 2015 yılında yapılan analizlerde mikroplastik türleri sırasıyla en fazla sert plastik, fiber ve naylon partiküller olarak belirlenmiştir. 2016 yılında ise ilk sırada yine sert plastik olmasına rağmen daha sonra fiber ve naylon partiküller gelmiştir. Renk olarak sınıflandırmada ise 2015 yılında en çok mavi, siyah ve kırmızı renkli mikroplastikler görülmüştür. 2016 yılında ise siyah, mavi, kahverengi ve kırmızı mikroplastik parçacıkları görülmüştür.

Sakarya Karaman Atıksu Arıtma Tesisi'nde 4 farklı bölümden alınan numunelerde yapılan mikroplastik analizinde bulunan mikroplastik türlerini en çok polietilen, polyester, poliamid ve polipropilen türevi mikroplastik olduğunu gözlemlenmiştir. Renk olarak en çok beyaz, şeffaf, siyah, bordo, sarı olduklarını ve şekil olarak en fazla liflerin olduğunu görmüştür. Ayrıca parçacık ve film olarak da mikroplastikler tespit edilmiştir (Berber, 2016).

Gürbüz (2017) Marmara Denizi'nde bulunan mikroplastiklerin karakterizasyonu için yaptığı çalışmaların sonucunda mikroplastik varlığının en çok deniz yüzeyinde, en az sedimentte olduğunu gözlemlenmiştir. Toplam bulunan mikroplastik sayısı 2852 adet olarak belirlenmiştir. Ortalama boy aralığı ise 0,02 mm ve 4,98 mm arasında değişiklik göstermiştir. Kirliliğin en fazla olduğu yerlerin nehir bağlantı noktaları olduğunu bunu

körfezde bulunan noktaların takip ettiğini saptamıştır. Renk olarak su ve sedimentte şeffaf ve siyah renk görülmüş bunlara ek olarak mavi, yeşil, beyaz, sarı, kırmızı, gri, kahverengi ve mor gibi renklerde gözlemlenmiştir. Numune noktalarında elde edilen sonuçlar oldukça farklılık göstermiştir. Tüm numunelerde sert plastik, fiber, pellet, naylon, kauçuk gibi türlere rastlanmıştır.

Marmara Denizinde İstanbul İli Büyükçekmece ve Tuzla ilçeleri Atıksu Arıtma tesislerinde 2018 yılında mikroplastik miktarı ve karakterizasyonu için çalışmalaa yapılmış ve elde edilen sonuçlar 2016 yılında TÜBİTAK tarafından gerçekleştirilen “Marmara Denizinde ve Haliç’de Su/Sediment Kalitesi ve Haliç’te Biyoçeşitliliğin İzlenmesi” projesi sonuçları ile kıyaslanmıştır. 2018 yılında yürütülen çalışmada 2 farklı noktadan numuneler alınmıştır. Her iki istasyonda da yüzey suyunda en çok karşılaşılan plastik türünün fiber ve sert plastik olduğu görülmüştür. Az miktarda da olsa naylon ve strafor parçaları gözlemlenmiştir. Su kolonundan alınan numunelerde ise en fazla belirlenen tür yine fiber olmuştur. Renk olarak ise siyah ve mavi renklerinin ağırlıkta olduğu gözlemlenmiştir. Sedimentte ise yoğunluk olarak sert plastik ve fiber tespit edilmiştir. 2016 yılında yapılan proje ile 2018 yılında yürütülen çalışmanın sonuçları kıyaslandığında su yüzeyinde elde edilen mikroplastik parçacıkları sayısında büyük oranda farklılıklar gözlemlenmiştir. Su kolonunda çok büyük farklılıklar olmamasına karşın sedimentte de su yüzeyinde olduğu gibi ortaya çıkan sonuçlar oldukça farklı çıkmıştır (Konya, 2019).

Akarsu ve diğ. (2020) Mersin Körfezi’ndeki 3 farklı atıksu arıtma tesisinden bir yıl boyunca alınan numunelerde mikroplastik analizi için çalışmalar yürütmüştür. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde arıtma tesislerinde en baskın mikroplastik türünün %69,7 ile fiber olduğunu bunun yanı sıra sert ve yumuşak plastik gözlemlenmiştir. Giriş ve çıkış noktalarından aldıkları numunelere bakıldığında ise giriş sularının çıkış sularından 205 kat daha fazla mikroplastik içerdiğini belirlemiştir. Alınan tüm numuneler incelendiğinde mikroplastiklerin rengi ağırlıklı olarak şeffaf, siyah veya kahverengi olarak gözlemlenmiştir. Bunlara ek olarak sert plastiklerin ağırlıklı olarak mor ve turuncu olduğu görülmüştür.

Şener (2019) Mayıs 2017-Şubat 2018 yılları arasında İstanbul Anadolu yakasında Karadeniz kıyılarında mikroplastik miktarı ve dağılımını belirlemek için çalışmalar yapmıştır. Çalışmada mevsimlere göre kıyaslama yapılmıştır. Sonuçlara göre toplam bulunan plastik miktarı 841 adet olarak belirlenmiştir. Mevsimlere göre kıyaslamada en fazla miktarın sonbahar aylarında olduğu görülmüştür. Boyut olarak incelendiğinde ise

en fazla görülen boyutun 5 mm'den büyük olan plastikler olduğu belirlenmiştir. Bunu sırasıyla 3-4 mm, 4-5 mm, 2-3 mm ve 1-2 mm aralığındaki boyutlar takip etmiştir. Elde edilen numunelerde toplamda 15 farklı renk tespit edilmiştir. En fazla görülen renk mavi olup bunu beyaz yeşil, sarı, kırmızı, gri gibi renkler takip etmiştir. En az görülen renk ise mor olmuştur. Şekil açısından inceleme yapıldığında 5 farklı tip gözlemlenmiş bunlardan en çok belirlenen fragment olmuştur. Belirlenen diğer mikroplastik tipleri ise pellet, fiber, film ve köpük olarak belirtilmiştir.

İstanbul Boğazı yüzey sedimentinde mikroplastik kirliliğini araştırmak için yapılan çalışmada Ekim 2020 tarihinde 15 farklı istasyondan numuneler alınmış ve en yüksek mikroplastik kirliliği 4195,8 MP/kg, en düşük kirlilik ise 865,8 MP/kg olarak bulunmuştur. Baskın olan mikroplastik türünün fiber olduğu, en çok görülen boyutun ise %51,80 ile 0-1 mm arasında olduğu gözlemlenmiştir. Renk olarak en fazla siyah görülmüş, ek olarak şeffaf, mavi ve kırmızı renklere de rastlanılmıştır. En çok karşılaşılan polimer tipi ise polifenilen sülfid olmuştur (Olguner, 2021).

Doğruyol (2019), haliç sedimanlarında mikroplastik kirliliğini araştırmak için Mayıs 2017-Şubat 2018 tarihleri arasında numuneler almış ve analizler gerçekleştirmiştir. Çalışmada elde edilen veriler incelendiğinde 1 µm-1 mm boyut aralığındaki mikroplastik miktarı 365 adet olarak bulunmuştur. Mevsim olarak en fazla mikroplastik kış sonra sırasıyla ilkbahar, yaz, sonbahar aylarında görülmüştür. En fazla görülen mikroplastik türü film olmuştur ve bunu fiber, fragment, pellet takip etmiştir. Renk olarak ise en çok sarı görülmüş olup buna ek olarak gri, şeffaf, siyah, krem, mavi, kırmızı, yeşil renkler takip etmiştir.

Çullu ve diğ. (2021) Marmara Denizi ve Küçükçekmece Gölü ile bağlantılı olan Küçükçekmece lagününde mikroplastiklerin miktar ve dağılımını belirlemek için analizler gerçekleştirmişlerdir. Yapılan analizlerin sonucunda lagünde ortalama mikroplastik miktarı 33 parça/L olarak belirlenmiş ve en baskın mikroplastik türünün fragment olduğu gözlemlenmiştir. Mikroplastiklerde en baskın renk ise mavi olmuştur. Sonuçlarda mevsimsel olarak farklılıklar gözlenmiş ve en yüksek içerik 48,03 MP/L ile sonbahar mevsiminde olmuştur.

Ülkemizde 2015 ve 2016 yıllarında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yürütülen "Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı" kapsamında mikroplastik analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizler yaz aylarında birden fazla noktada ve deniz yüzeyi, su kolonu ve sediman olmak üzere 3 farklı seviyede yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar incelenmiş ve Çizelge 2.7'de sunulmuştur.

Karadeniz’de yapılan çalışmalar incelendiğinde iki noktada da mikroplastik seviyeleri farklı düzeylerde çıkmıştır. Deniz yüzeyinde bir noktada artış olurken diğer örnekleme noktasında azalma olmuştur. Su kolonu için sonuçlar kıyaslandığında 2015 yılında mikroplastik varlığının 2016’ya göre çok yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Sedimanda ise ilk noktada mikroplastik düzeyinde azalma görülürken ikinci noktada artış görülmüştür. Elde edilen tüm mikroplastikler incelendiğinde karşılaşılan türlerden en yüksek miktara sahip olanın siyah fiber olduğu ve daha sonra sırasıyla bunu mavi fiber, beyaz polistren ve kırmızı fiberin takip ettiği görülmüştür.

Çizelge 2.7: Ülkemizde denizlerde mikroplastik varlığı (Tübitak Mam-ÇŞB, 2017)

Denizler	İzleme istasyonu	Replik	Deniz yüzeyi (MP/m ³)		Su kolonu (MP/m ³)		Sediman (MP/L)	
			2015	2016	2015	2016	2015	2016
Karadeniz	TRK46	R1	4,71	20,04	91,88	19,86	2000	920
		R2	-	4,22	-	10,69	-	1580
		R3	-	-	-	7,81	-	1300
	TRK53	R1	12,23	6,89	-	9,631	1780	2780
		R2	-	2,41	-	9,723	-	3940
		R3	-	3,00	-	4,722	-	1240
Marmara	İZ30	-	1,78	0,94	44,84	17,05	500	243
	İZ17	-	-	0,92	-	8,62	-	187
	MD24	-	2,17	0,90	-	5,88	940	94
Ege Denizi	ALİSW1	R1	3,41	5,01	67,26	19,02	1900	360
		R2	-	8,19	-	9,85	-	380
		R3	-	2,29	-	16,30	-	740
	İZMSW3	R1	2,55	3,00	33,12	18,34	3060	1360
Akdeniz	MERSWR	-	0,54	2,39	4,15	2,58	500	313
	TASSW1	-	0,27	0,01	4,03	3,23	80	440
	SEYSW3	-	2,60	0,01	11,75	13,08	260	133

Marmara Denizi’nde yapılan çalışmaların sonucunda 3 istasyonda da mikroplastik düzeyi birbirine yakın seviyelerde çıkmış ve azalma eğiliminde olduğu görülmüştür. Yüzey sularından alınan mikroplastikler incelendiğinde 3 istasyonda da ortalama olarak en çok çıkan mikroplastik türünün siyah fiber olduğu görülmüştür. Bu grubu siyah ve beyaz renkte sert plastiğin takip ettiği ve son olarak az miktarda naylonun olduğu belirlenmiştir. Su kolonunda incelenen mikroplastiklerin en çok siyah renkte fiber olduğu bunu mavi ve kırmızı fiberin takip ettiği az miktarda ise mavi renkte sert plastik olduğu görülmüştür. Sedimanda 2015 ve 2016 yılları kıyaslanıp 2015 yılında miktarların daha yüksek çıktığı görülmüştür. Sedimanlardan alınan mikroplastikler incelendiğinde ise türlerden yine en yüksek fiber olduğu az miktarda ise sert plastiğin olduğu belirlenmiştir.

Ege Denizi'nde iki istasyonda elde edilen veriler karşılaştırıldığında sonuçlar birbirine yakın çıkmıştır. Çalışmalar sonucunda en fazla mikroplastik türü çeşitliliği yüzey suyunda çıkmıştır. En yüksek farklılık sadece sedimanda görülmüş ve iki noktada da azalma eğilimi göstermiştir. Sedimanda çıkan mikroplastik türleri incelendiğinde en fazla miktar fiber olup bunlar mavi ve siyah fiber olarak gözlemlenmiştir.

Akdeniz'de deniz yüzeyinden alınan numunelerden çıkan sonuçlar incelendiğinde seviyelerin çok yüksek olmadığı ve 2016 yılında düşüş yaşandığı görülmüştür. Su kolonundan alınan numuneler incelendiğinde 2015 ve 2016 yıllarında çok büyük farklılıklar gözlenmemiştir. Sedimanda ise diğer iki konuma göre daha yüksek miktarlar ve değişimler görülmüştür. Her üç bölge içinde mikroplastik türleri incelendiğinde en yüksek miktar yine fiber olarak görülmüştür. 3 farklı konum kıyaslandığında ise en az deniz yüzeyinde olduğu daha sonra sırasıyla su kolonu ve en yüksek olarak sedimanda görüldüğü belirlenmiştir. Ülkemizin etrafını çevreleyen denizlerimizi incelediğimizde ve kıyaslama yaptığımızda ortalama olarak mikroplastik bolluğunun görüldüğü yer Karadeniz'dir. Karadeniz'i sırasıyla Ege, Marmara ve Akdeniz takip etmektedir. Deniz yüzeyi, su kolonu ve sediment için bu durum aynıdır. Mikroplastik türü olarak bu kıyaslamayı yaptığımızda ise hepsinde en çok görülen tür fiberdir. Bu durum denizlerimize yapılan atıksu deşarjlarının bir sonucu olarak yorumlanabilir.

Ülkemizde ve dünya genelinde sular ve sedimanlarda olduğu gibi yiyeceklerde de mikroplastik analizleri yapılmıştır. Bunlara örnek olarak Balcı (2020), yaptığı çalışmada marketlerden alınan farklı markalara ait çay, şeker ve tuz numunelerinde mikroplastik varlığını araştırmıştır. Araştırma sonuçlarına göre üç gıda türünde de en çok fiber türünde mikroplastiklere rastlanılmıştır. Tuz numunelerinde siyah renk, şekerde pembe-mor, çay numunelerinde ise kahverengi en çok görülen renkler olmuştur. Analizlere göre bir poşet çaydan insan vücuduna geçmesi beklenen mikroplastik miktarı 36,5 MP, 200 gram şekerden 104,27 MP olarak belirlenmiştir. Tuzlarda yapılan incelemede ise deniz tuzunda 137 MP, göl tuzunda 80,3 MP ve kaya tuzunda ise 66 MP mikroplastığe rastlanılmıştır. Başka bir çalışmada ise kaya, deniz ve gölden elde edilen sofrta tuzunda mikroplastik varlığı araştırılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde mikroplastik varlığı ortalama olarak kaya tuzunda 28 MP/200 gr, deniz tuzunda 56 MP/200 gr ve göl tuzunda 63 MP/200 gr olarak bulunmuştur. En fazla görülen mikroplastik türü fiber olup en çok görülen renk ise mavi olarak belirlenmiştir. Micro-ATR-FTIR analizleri sonucunda ise en çok görülen polimer türü poliamid olmuştur (Yurtsever, 2018).

Sular, sedimanlar ve yiyeceklerde olduğu gibi tatlı ve tuzlu suda yaşayan canlılarda da mikroplastik analizleri yapılmış ve insanlar tarafından tüketilen bu canlıların yapısında bulunan mikroplastik düzeyleri belirlenmiştir. Gedik ve Eryaşar (2020) yaptıkları çalışmada Ege, Marmara ve Karadeniz kıyılarından 23 farklı noktadan toplanan midye örneklerinde mikroplastik analizi gerçekleştirmişlerdir. Analizleri sonucunda toplanan örneklerin %48'inde mikroplastiklere rastlanmıştır. Ortalama mikroplastik miktarı ise 0,69 MP/midye olarak belirlenmiştir. En çok görülen mikroplastik türleri %67,6 ile fragment, %28,4 ile fiber ve %4,05 ile film olmuştur. Analiz edilen mikroplastiklerin baskın boyutu 0,5 mm'den daha küçük çıkmıştır. En fazla rastlanan polimer tipleri ise PET, PP ve PE olmuştur. Bu analizler sonucunda midye tüketilerek insan vücuduna giren mikroplastik miktarı 1918 MP/yıl olarak tahmin edilmiştir.

2.4.2 Uluslararası Literatürde Yapılmış Çalışmalar

Xu ve diğ. (2020), Çin'in kuzeyinde bulunan Liaohe Halicine bağlı 2 ana nehirden sediment örnekleri toplamış ve mikroplastik dağılımını ve bolluğunu analiz etmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde iki ana nehirden gelen mikroplastik miktarı toplamının haliçte bulunan ortalama mikroplastik miktarından fazla olduğu görülmüştür. Toplanan tortu örneklerinde 19 farklı polimer türü bulunmuş bunlarda 3 tanesi (PE, PET, PP) çok yaygın olarak gözlemlenmiştir. Numunelerde 4 farklı mikroplastik şekli görülmüştür ve bunlar film, fragment, fiber ve pellet olarak tanımlanmıştır.

Thames Nehri'nde farklı bölgeden alınan numunelerde mikroplastik analizleri yapılmıştır. Alınan numunelerdeki mikroplastik boyutu 1-4 mm olarak belirlenmiştir. Bir bölgenin diğerlerinden miktar olarak daha fazla mikroplastik içerdiği ve baskın türünün fragment olduğu gözlemlenmiştir. Diğer 3 bölgeden alınan numunelerde baskın tür fiber olarak belirlenmiştir. Tüm noktalarda tanımlanan polimer türleri yaygın olarak PP, polyester ve poliarilsülfon olmuştur (Horton ve diğ., 2017).

Moore ve diğ. (2011) Los Angeles ve San Gabriel nehirlerinden aldıkları numunelerde mikroplastiklerin tanımlanması ve analizleri için çalışmalar yapmıştır. Plastikleri ilk olarak boyutlarına göre sınıflandırmışlar, sonuç olarak 1 mm-4.75 mm arasında ve 4.75 mm'den büyük olmak üzere 2 boyut sınıfı elde etmişlerdir. Toplam plastik parça sayısını 2,3 milyar olarak bulmuşlardır. Parçaların %71'i foam, %14'ü fragment, %10'u üretim öncesi reçine topaklar olarak belirlenmiştir. Los Angeles'tan alınan örneklerde mikroplastik sayısı 12.932 MP/m³ olarak bulunmuştur. San Gabriel'de ise bu miktar 411 MP/m³ olarak belirlenmiştir.

Avrupa'nın en büyük nehirlerinden biri olan Ren nehrinde mikroplastik varlığını belirlemek için yapılan çalışmalarda 11 noktadan numuneler alınmıştır. Alınan numunelerde yapılan analizler sonucunda toplam mikroplastik sayısı 25.956 olarak bulunmuştur. İncelenen mikroplastiklerin türleri %45,2 opak foam, %37,5 fragment, %13,2 şeffaf foam, %2,5 fiber ve %1,1 diğerleri olarak belirlenmiştir. FT-IR analizi yapılan numunelerde en çok görülen polimer tipinin polistiren olduğu bunun yanı sıra polipropilen, akrilat, polyester, polivinil klorür gibi türlerinde olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak bu mikroplastik yükünün endüstriyel deşarjlardan ve şehirden gelen atıklardan kaynaklandığı belirtilmiştir (Mani ve diğ., 2015).

Bujaczek ve diğ. (2021) yaptığı çalışmada Kanada'da bulunan Kuzey Saskatchewan Nehri'ndeki mikroplastik varlığını tanımlamak için 7 farklı noktadan numuneler toplamışlardır. Elde edilen tüm numunelerde mikroplastik konsantrasyonunun 4,6-88,3 MP/m³ arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir. En baskın mikroplastik türünün fiber olduğu ve çoğunun antropojenik olduğu belirlenmiştir. Raman spektroskopisinde yapılan analizler sonucunda fiberlerde en çok görülen polimer türünün polyester olduğu gözlemlenmiştir. Yine fiberlerde en çok görülen renkler ise mavi, şeffaf ve siyah olmuştur.

ABD'de bulunan Snake Nehri ve Columbia Nehri ile Pasifik okyanusunun birleştiği noktada çalışmalar yapan Kapp ve Yeatman (2018) mikroplastik bolluğunu ve dağılımını belirlemek için farklı noktalardan numuneler almışlardır. Numuneler grab numune ve plankton net ile alınmak üzere iki farklı yöntem kullanılmıştır. Grab numune ile alınan örneklerde mikroplastik düzeyi 0-5.405 MP/L ve plankton net ile alınan numunelerde 0-0.014 MP/L olarak belirlenmiştir. Elde edilen fragment, film ve pelletlerin boyut aralığı 100-333 µm arasında değişiklik göstermiştir. Numunelerin polimer türleri ise PP, PE, PET ve polyester olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak akışın düşük olduğu, nüfusun veya tarımsal faaliyetin yüksek olduğu noktalarda mikroplastik bolluğunun söz konusu olduğu belirtilmiştir.

Çin'de bulunan ve buranın en büyük rezervuarı olduğu bilinen Three Gorges Rezervuarı'ndan alınan yüzey suyu örneklerinde mikroplastik varlığı ve tanımlanması için numuneler alınmış ve analizler yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda buradaki mikroplastik miktarı 1597-12.611 MP/m³ olarak bulunmuştur. Bu parçalar arasında en çok görülen mikroplastik türü fiberler olarak belirlenmiştir. Mikroplastiklerin analizi sonucunda küçük parçaların çoğunlukta olduğu ve en baskın rengin şeffaf renk olduğu

gözlemlenmiştir. Tanımlanan polimer türleri arasında ise en çok PS görülmüş olup bunu PP ve PE takip etmiştir (Di ve Wang, 2018).

Barrows ve diğ. (2018) yaptıkları çalışmada ABD’de bulunan Gallatin Nehri Havzası’nda mikroplastiklerin tanımlanması için çalışma yapmışlardır. Çalışmalar için numuneler 72 farklı noktada 2 yıl boyunca 4 farklı mevsimde toplanmıştır. Elde edilen numunelerin %57’sinde mikroplastiklere rastlanmış ve ortalama olarak bu miktar 1,2 parça/L olarak hesaplanmıştır. Parçacıkların çoğu fiber olarak belirlenmiş ve boyutları 0,1-1,5 µm aralığında olarak ölçülmüştür. Elde edilen partiküllerin %93’ünün sentetik veya yarı sentetik malzeme olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar zamana göre farklılık göstermiş fakat bu durumun deşarjlarla bi ilişkisi olmadığını göstermiştir. Bu durum yağmur suyunun mikroplastik konsantrasyonunu seyrelttiğinin bir göstergesi olmuştur.

Yapılan bir başka çalışmadan Çin’de bulunan Feilaixia Rezervuarı’ndan alınan yüzey suyu örneklerinde mikroplastiklerin tanımlanması için çalışmalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre yüzey suyundaki ortalama mikroplastik bolluğu $0,56 \pm 0,45$ MP/m² olarak belirlenmiştir. Numunelerde tanımlanan türleri polietilen, polipropilen, polistiren, genişletilmiş PS, PVC ve PET olarak belirlenmiştir. Parçacıklar 4 farklı türde bulunmuştur ve bunların fiber, fragment, film ve foam olduğu gözlemlenmiştir. Boyut aralığı 0,6-2 mm arasında değişmiştir (Tan ve diğ., 2019).

2016 yılı Ağustos ayında Bohai Denizi’nde mikroplastiklerin varlığının tespiti için yapılmış olan çalışmada 11 istasyondan numuneler alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Bohai Denizi’nde ortalama olarak mikroplastik miktarı $0,33 \pm 0,34$ MP/m³ bulunmuştur. Numunelerden elde edilen mikroplastiklerin türleri polietilen, polipropilen ve polistiren olarak belirlenmiştir. Şekil olarak en fazla fragment, fiber ve film gözlemlenmiştir. Numunelerden elde edilen bütün plastikler arasında mikroplastik boyut aralığının 0,3-5 mm olduğu ve bunun toplam plastiklerin %55’ini oluşturduğu belirtilmiştir. Renk olarak en fazla beyaz gözlemlenmiş olup buna ek olarak şeffaf, yeşil, sarı mikroplastiklerde gözlemlenmiştir (Zhang ve diğ., 2017).

Syakti ve diğ. (2018) Bintan adası çevresindeki 11 noktadan numune olarak mikroplastik bolluğu ve karakterizasyonunun belirlenmesi için çalışmalar yapmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde ortalama mikroplastik varlığı $0,45$ MP/m³ bulunmuştur. Mikroplastik türlerine bakıldığında ise en çok PE, düşük yoğunluklu PE, PP görülmüştür. Mikroplastik şekillerinden fragment, fiber, granül, film gözlemlenmiştir. Renk olarak incelendiğinde ise baskın rengin mavi olduğu buna ek olarak kırmızı, yeşil, siyah, kahverengi, beyaz, sarı ve mor renklerinde görüldüğü belirtilmiştir.

Güney Çin Denizi'nde bulunan Zhubi Resifi'nde mikroplastiklerin bolluğu ve dağılımını belirlemek için yapılan çalışmada Huang ve diğ. (2019) yüzey suyunda mikroplastik miktarının 1400 ile 8100 MP/m³ arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Belirlenen bu mikroplastiklerin boyutunun %80'inin 0,5 mm'den küçük olduğu gözlemlenmiştir. Mikroplastik türü olarak en fazla fiber ve pellet, polimer türü olarak ise %25 PP, %18 ise poliamid görülmüştür. Alınan numunelerden elde edilen mikroplastiklerde en çok görülen renkler ise şeffaf ve mavi renkler olmuştur. Sonuç olarak belirlenen bu mikroplastiklerin kaynağının bölgedeki yoğun balıkçılıktan ve kıydan kaynaklanan kirlilikten olduğu belirtilmiştir.

Jiang ve diğ. (2020) Kuzey denizlerindeki mikroplastik bolluğunu ve dağılımını belirlemek için çalışmalar yapmışlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda Doğu Grönland denizi akıntısından etkilenen bölgede mikroplastik miktarı $1,19 \pm 0,28$ MP/L'dir. Burada elde edilen en baskın mikroplastik türü fiber (%76,1) olup en çok görünen renk ise şeffaftır (%76,2). Belirlenen boyut aralığı ise %48,1 ile 0,1-0,5 mm arasında bulunmuştur. Grönland deniz döngüsünden etkilenen havzada yapılan çalışmalar sonucunda ise buradaki mikroplastik miktarı $2,43 \pm 0,84$ MP/L olarak bulunmuştur. Bu mikroplastiklerde en yaygın tür %87,2 ile fiber, en baskın renk ise %87,6 ile yine şeffaf renk olmuştur. Boyut aralığı ise %63,9 oranında 0,1-0,5 mm arasında olarak belirlenmiştir. FTIR analizi sonrasında genel olarak polimer türü polyester ve PE olarak belirlenmiştir.

Almanya, Aşağı Saksonya'da 12 atıksu arıtma tesisindeki atıksularda mikroplastikler araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre ortalama olarak boyutu 500 µm'den büyük olan plastik miktarı 0-50 MP/m³ arasında bulunurken 500 µm'den küçük olan mikroplastik miktarı 1-9000 MP/m³ olarak bulunmuştur. 12 tesiste ortalama olarak en baskın polimer türü polyester, en çok karşılaşılan mikroplastik türü ise sentetik fiber olarak belirlenmiştir (Mintemig ve diğ., 2017).

Changzhou'da bulunan 11 atıksu arıtma tesisinin giriş ve çıkış suyundan numuneler alınarak mikroplastik bolluğu, boyutu, rengi, şeklini belirlemek için çalışmalar yapılmıştır. 11 tesisin giriş suyundaki mikroplastik miktarı ortalama olarak $196,00 \pm 11,89$ MP/L, çıkış suyunda ise $9,04 \pm 1,12$ MP/L olarak belirlenmiştir. Bu durum bu tesislerin mikroplastik giderme veriminin %90'lar düzeyinde olduğunu göstermiştir. Boyut olarak 11 tesiste ortalama 0,1-0,5 mm'lik mikroplastik fazla bulunmuştur. En fazla görülen mikroplastik türü fiberler olup bunu fragmentler, pullar, küreler ve filmler takip etmiştir. Renk olarak genel olarak koyu mavi, koyu kırmızı, gri, siyah gibi koyu renkler

fazla görülmüştür. Az miktarda orta tonlu renkler (kırmızı, mavi, kahverengi) görülmüştür (Xu ve diğ., 2019).

Nanjing'de 3 farklı atıksu arıtma tesisinden alınan arıtma çamurlarında yapılan mikroplastik analizlerinde mikroplastik miktarı 5553-13460 MP/kg olarak bulunmuştur. Boyut aralığı 0,02-0,05 mm, baskın mikroplastik türü olarak fiber belirlenmiştir. Alınan örneklerde görülen renkler beyaz, siyah, kırmızı, mavi, sarı, yeşil gibi ana renkler gözlemlenmiştir. Çamur örneklerinde karşılaşılan polimer türleri ise PET ve poliakrilonitril olmuştur (Li ve diğ., 2019).

Çin'in 11 eyaletinde 28 farklı atıksu arıtma tesisinden alınan arıtma çamurlarında yapılan mikroplastik analizlerinde ortalama olarak doğal çevreye giren çamur bazlı mikroplastiklerin yıllık miktarı $1,56 \times 10^{14}$ olarak bulunmuştur. Doğu Çin'den alınan numunelerdeki mikroplastik miktarı Batı Çin'den alınan numunelerdeki mikroplastiklerden daha fazla çıkmıştır. Elde edilen sonuçlara göre mikroplastiklerde en çok görülen renk %59,6 ile beyaz en çok karşılaşılan tip ise %63 ile fiber olmuştur. Karşılaşılan polimer türleri ise poliolefin, akrilik fiberler, PE ve poliamid olmuştur (Li ve diğ., 2018).

Zobkov ve Esiukova (2017), Baltık Denizinin Rus kısmında sedimentte mikroplastik bolluğunu analiz etmek için araştırmalar yapmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre farklı noktalardan alınan numunelerde ortalama 34 ± 10 MP/kg konsantrasyonunda mikroplastik bulunmuştur. Sonuçlara göre her noktada bulunan fiber, fragment ve film miktarları oldukça değişiklik göstermiştir. Boyutlar ise 20 μm -180 μm arasında değişmiştir.

2.4.3. Mikroplastiklere İlişkili Pestisitler İle İlgili Yapılmış Çalışmalar

Rios ve diğ. (2007) Kuzey Pasifik Girdabı'ndan ve Kaliforniya, Hawaii'deki ve Meksika'daki Guadalupe Adası'ndaki seçilmiş yerlerden 2003 ve 2004 yıllarında üretim öncesi termoplastik reçine peletlerini ve kullanım sonrası plastik parçalarını toplayarak kalıcı organik kirletici kontaminasyonu bakımından analizler gerçekleştirmişlerdir. Yapılan analizler sonucunda elde edilen mikroplastiklerin polimer türlerinin PP ve PE olduğu görülmüştür. Farklı boyut ve türlerdeki mikroplastik parçacıkları kalıcı organik kirleticiler açısından incelenmiş ve numunelerde pestisit türü olarak sadece 4,4-DDT ve metabolitleri olan 4,4-DDD ve 4,4-DDE bulunmuştur. DDT ve metabolitlerinin toplam konsantrasyonu 22-7100 ng/g olarak bulunmuştur. Tüm analiz edilen numunelerde DDE

içermekte olup en yüksek konsantrasyonu 5600 ng/g olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar DDT'nin muhtemelen o bölgelerde yasaklanmadan önce kullanıldığını göstermiştir.

17 ülkede 30 farklı kumsaldan toplanan polietilen pellet örneklerinde organoklorlu bileşikler için analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde DDT ve metabolitleri ile HCH yüksek konsantrasyonlarda tespit edilmiştir. ABD'nin batı kıyısından alınan numunelere bakıldığında DDT, DDD ve DDE konsantrasyonları toplam olarak 100-300 ng/g arasında bulunmuş bunun dışında diğer kumsallarda genel olarak 20 ng/g'dan daha küçük ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar DDT ve metabolitleri olan pestisitlerin 1960'lı yıllarda tarımsal üretim için kullanılmasının bir sonucu olarak bu kıyılarda tespit edildiğini göstermiştir. HCH Avrupa, Asya, ABD dahil bir çok noktada az miktarlarda görülmüştür. Bunun sebebi olarak ise dünya genelinde kullanımının yasak olması ve diğer organik kirleticilere göre daha düşük hidrofobiklik ile yüksek buhar basıncının HCH kaynaklarına yakın yerlerde daha az miktarda görülmesi olduğu belirtilmiştir. Güney Afrika ve Mozambik'te ise nispeten daha yüksek konsantrasyonlarda HCH tespit edilmiştir (Ogata ve diğ., 2009).

Frias ve diğ. (2010) Portekiz sahilinden topladığı örneklerde araştırmalar yapmış ve buradaki mikroplastiklere adsorplanmış kalıcı organik kirleticileri tayin etmiştir. Toplanan mikroplastiklerin polimer türleri genelde polietilen ve polipropilen olarak belirlenmiş, toplanan numunelerin çoğunun boyu 200 µm olarak hesap edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 4 farklı pelet sınıfı gözlemlenmiş bunlar arasında en yüksek kalıcı organik kirletici konsantrasyonuna siyah peletlerin sahip olduğu belirlenmiştir. Çalışmalarda peletlerden elde edilen DDT konsantrasyonu 0,16-4,05 ng/g arasında değişmiştir. Yapılan bu çalışma için 4 farklı pelet sınıfı kıyaslandığında daha yaşlı peletlerin yüksek adsorpsiyon kapasitesine sahip olması beklenirken polistren yapılı siyah peletlerin daha yüksek kapasiteye sahip olduğu belirlenmiştir.

2015 yılı Temmuz ve Ağustos aylarında Hirai ve diğ. (2011) tarafından farklı noktalardan alınan mikroplastik parçalardaki kalıcı organik kirleticileri tanımlamak için çalışmalar yapılmıştır. Elde edilen parçalarda yapılan analizler farklı bölgelerde DDT konsantrasyonlarının 0,2 ile 124 ng/g arasında değiştiğini göstermiştir. Bu durum muhtemelen daha önceden zirai amaçla kullanılan DDT ve türevlerinin kalıcılıklarının devam etmesiyle açıklanmıştır. Tropikal bölgelerden alınan numunelerde DDT ve türevlerinin 100 ng/g gibi yüksek düzeylerde çıkması ise hala bu bölgelerde sıtma ile mücadele için kullanılmasının sonucu olarak belirtilmiştir. DDT'nin türevlerine göre daha yüksek çıktığı noktalarda kullanımın daha yeni olduğu sonucu belirtilmiştir.

Türevlerin yüksek çıktığı yerlerde ise DDT daha eski zamanlarda kullanılmış, bozunma başlayarak türevler ortaya çıkmıştır.

Van ve diğ. (2012) Kaliforniya, San Diego bölgesindeki 8 plajdan örnekler toplayarak araştırmalar yapmış ve mikroplastiklere adsorplanmış kalıcı organik kirletici miktarlarını tayin etmiştir. Boyutları 5 mm'den küçük ya da 5 mm ile 50 mm arasında değişen toplam 2453 plastik parçası toplamışlardır. Analizler sonucunda DDT konsantrasyonlarının farklı bölgelerde 0-76 ng/g arasında değiştiğini belirlemişlerdir. İncelenen numunelerin sararmış ve yıpranmış peletler olması organik kirleticilerin uzun süre kalıcı olması ile ilişkilendirilmiştir.

1984 ve 2008 yılları arasında uzun bir dönem Güney Afrika'nın 3 sahilinden plastik parçalar toplanmış, DDT ve HCH analizi için çalışmalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre kırsal alanlardan elde edilen numunelerde elde edilen peletlerde DDT konsantrasyonları artış göstermiş bunun dışında belirli bir düzen olmaksızın azalma eğilimi göstermiştir. 1980'li yıllarda toplam DDT konsantrasyonu batı kıyısında güney kıyısına göre daha yüksek çıkmış daha sonraki 20 yılda azalmıştır. 1999'dan 2008 yılına kadar araştırma yapılan bütün sahillerde toplam DDT miktarı 8-31 ng/g arasında değiştirmiştir. HCH konsantrasyonları ise analiz edilen tüm sahillerde en belirgin düşüş eğilimini göstermiştir. 2000 yılı sonrası toplam HCH konsantrasyonu 2-5 ng/g arasında değişiklik göstermiştir (Ryan ve diğ., 2012).

Heskett ve diğ. (2012) Pasifik, Atlantik, Hint okyanusları ile Karayip Denizi'nden alınan numunelerde DDT ve HCH analizi için çalışmalar yapmışlardır. Çalışmalar sonucunda 2 nokta dışında tüm noktalarda DDT konsantrasyonu 0,7-4,1 ng/g arasında değişmiştir. Bu noktalarda DDT türevleri olan DDD ve DDE'den daha baskın olarak görülmüştür. Bu durum mevcut olarak DDT'nin hala kullanımda olduğunu göstermiştir. HCH konsantrasyonları ise örnekleme noktalarından biri olan St. Helena'da 19.3 ng/g olarak bulunmuş diğer noktalarda ise 0.6-1.7 ng/g arasında değişmiştir. St. Helena'da yapılan analizlerde HCH'nin 4 izomerinden en fazla γ izomerinin görülmüş olması bu durumun uyuz ilacı olan lindanın buradaki aktif kullanımının bir sonucu olarak belirtilmiştir.

Antunes ve diğ. (2013) Portekiz kıyı şeridi boyunca toplanan plastik parçalarda adsorplanmış kalıcı organik kirleticileri belirlemek için çalışmalar yapmışlardır. Çalışmalar sonucunda elde edilen mikroplastiklerden yaşlı ve siyah olanların daha yüksek DDT konsantrasyonu içerdiği gözlemlenmiştir. Tüm noktalarda DDT konsantrasyonu 0,42-41 ng/g arasında değişmiştir. Beyaz plastik parçalarında daha düşük değerler

kaydedilmiştir. Örnekleme noktalarından üçünde yüksek konsantrasyonlara rastlanmıştır. Bu durum DDT'nin yüksek kalıcılığı ile ilişkilendirilmiştir.

Yapılan başka bir çalışmada yine Portekiz sahilinde 9 farklı noktada mikroplastik parçacıkları ile ilintili DDT ve türevleri ile HCH'ler analiz edilmiştir. 9 noktadan 2 tanesinde yüksek DDT konsantrasyonları tespit edilmiştir. Çalışmada DDT'nin türevlerine göre bu alanlarda daha fazla miktarda olduğu görülmüştür. Bu durum DDT kirliliğinin zirai amaçlı kullanılan pestisitlerden kaynaklandığının bir göstergesi olarak belirtilmiştir. 2 noktada yüksek çıkma sebebi ise bu şehirlerin büyük nehirlerin ağzında bulunmasından dolayı taşınım sonucunda DDT kirliliğine maruz kaldığının ispatı olmuştur. 9 noktada yapılan çalışmada HCH konsantrasyonları genel olarak 1 ng/g'dan daha düşük çıkmıştır. Sadece bir bölgede 3 ng/g olarak ölçülmüştür. HCH'nin düşük konsantrasyonda görülmesinin nedeni yüksek buhar basıncı nedeniyle uçuculuğunun kolay olmasıdır (Mizukawa ve diğ., 2013).

Zhang ve diğ. (2015) Çin'de bulunan Zhengmingsi Plajı ve Dongshan Plajı'ndan plastik reçine peletleri toplayarak organoklorlu pestisitler ile HCH ve izomerlerinin konsantrasyonlarının belirlenmesi için çalışmalar yapmışlardır. Çıkan sonuçlarda iki noktada toplam organoklorlu pestisit (HCH'ler, DDT'ler, klordan, heptaklor, endosülfan, aldrin, dieldrin ve endrin) konsantrasyonu sırasıyla 9,06 ve 7,16 ng/g olarak bulunmuştur. Bu pestisit türleri arasında baskın tür olarak DDT belirlenmiş bazı noktalarda DDD ve DDE türevleride belirlenmiştir. Bu durum DDT'nin daha önceden zirai amaçla kullanımı sonucu kalmış olduğunu ve bozularak türevlerini oluşturduğunu göstermiştir. DDT'nin yüksek konsantrasyonda çıktığı yerlerde ise aktif giriş kaynakları olabileceği düşünülmüştür.

2007 ve 2014 yılları arasında Vietnam'da Minh Chau adasında ve Ba Lat halicinden toplanan plastik reçine peletleri ile ilişkili DDT ve HCH'lerin analizi için çalışmalar yürütülmüştür. Yapılan analizler sonucunda DDT ve türevlerinin konsantrasyonları 12,3-558 ng/g arasında ölçülmüştür. Ve araştırılan organoklorlu pestisitler arasında görülen en baskın tür olarak kaydedilmiştir. 2007 ve 2008 yıllarında daha yüksek konsantrasyonlarda ölçülen DDT 2014 yılında nispeten daha az ölçülmüştür. DDT'nin toplam DDT içerisinde %60-80'lik bir oranda bulunduğu bu durumun hala yeni kaynaklardan bir giriş olduğunu gösterdiği belirtilmiştir. HCH'ler analiz gerçekleştirilen noktalarda daha az miktarlarda gözlemlenmiş, konsantrasyonları 0,44-1,44 ng/g arasında değişim göstermiş, yıllar arasında kıyaslama yapıldığında bazı izomerleri hariç düşüş

eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. Bu durum son yıllarda HCH kullanımının yasaklanması ve yüksek buhar basıncına sahip olması ile ilişkilendirilmiştir (Le ve diğ., 2016).

Güneydoğu Brezilya'nın Sao Paulo eyaletinde bulunan 15 şehirden 40 farklı noktada plastiklere adsorplanmış DDT ve organoklorlu pestisitlerin analizleri için çalışmalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek DDT konsantrasyonları 0,11-840 ng/g arasında değişiklik göstermiştir. Bu sonuçlar 2009 yılında kullanımı yasaklanan DDT'nin hala yasal olmayan kullanımının ve kalıcılığının bir sonucu olarak gözlemlendiği belirtilmiştir. Başka bir sebep ise kullanımı yasal olan pestisitlerin DDT içermesi olarak görülmüştür (Taniguchi ve diğ., 2016).

Lozoya ve diğ. (2016) Uruguay sahillerinden 2013 yılında toplanan mikroplastik döküntülerde kalıcı organik kirleticilerin tanımlanması için analizler gerçekleştirmişlerdir. Yapılan çalışmalar sonucu numunelerin hiç birinde DDT ve türevlerine rastlanmamış bunun sebebi olarak ise 1977'de kullanımının yasaklanması sonucu tespit limitinin daha altında konsantrasyonlarda bulunabileceği olarak belirtilmiştir. Numunelerde her ne kadar DDT ve türevleri olmasa da HCB ve az miktarda PCB'e rastlanılmıştır. Bu durum geçmişte tarımsal uygulamalarda kullanılmış olabileceğini veya endüstriyel dumanlardan kaynaklanabileceğini düşündürmüştür.

Camacho ve diğ. (2019) yaptığı çalışmada Kanarya Adaları'nda toplanan mikroplastik parçacıklarına adsorplanmış organoklorlu pestisitlerin belirlenmesi için çalışmalar yapmıştır. Yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlara göre analiz edilen numunelerin %50'sinden fazlasında 7 tür OCP görülmüştür. Bunlar p,p'-DDD, o,p'-DDE, p,p'-DDE, HCB, heptaklor, dieldrin ve mireks olarak belirtilmiştir. Çalışmada sadece organoklorlu pestisitler arasında değil tüm bakılan kalıcı organik kirleticiler arasında en yüksek konsantrasyon 56 ng/g ile p,p'-DDE olarak belirlenmiştir. Ayrıca DDT ve türevlerinin genel anlamda yüksek seviyelerde gözlemlenmiştir. Bu durumun muhtemelen daha önceki zamanlarda yoğun olarak kullanımdan dolayı kaynaklandığı belirtilmiştir.

Batı Akdeniz kıyısındaki 3 farklı bölgeden toplanan polimerlerdeki kalıcı organik kirletici konsantrasyonlarını belirlemek için Leon ve diğ. (2019) çalışmalar yapmıştır. Elde edilen verilere göre alınan tüm numunelerde farklı düzey ve baskınlıkta organoklorlu pestisitler ve mevcut durumda hala kullanılan pestisitlere rastlanılmıştır. İnceleme yapılan alanlar incelendiğinde yüksek pestisit konsantrasyonlarının tarım alanlarına yakın yerlerde çıktığı görülmüştür.

Rodriguez ve diğ. (2020) Uruguay okyanus sahilindeki mikroplastikleri belirleyip bunlarla ilişkili hidrofobik organik kirleticileri analiz etmişlerdir. Sonuçlar incelendiğinde organoklorlu bileşiklerin sarı peletlerde daha çok görüldüğünü ve 1035-2041 ng/g gibi yüksek konsantrasyona sahip olduğunu göstermiştir. Organoklorlu pestisitler arasında en çok görülen türler heptaklor, endosulfan ve 4,4'-DDT olarak belirlenmiş ve bu bileşiklerin tarımda yaygın olarak kullanıldığı belirtilmiştir. Bu durum bu pestisitlerin kullanımının yasaklanmış olmasına rağmen tarımsal alanların fazlalığı ve burada kullanılmış olan pestisitlerin etkisinin devam etmesiyle açıklanmıştır.

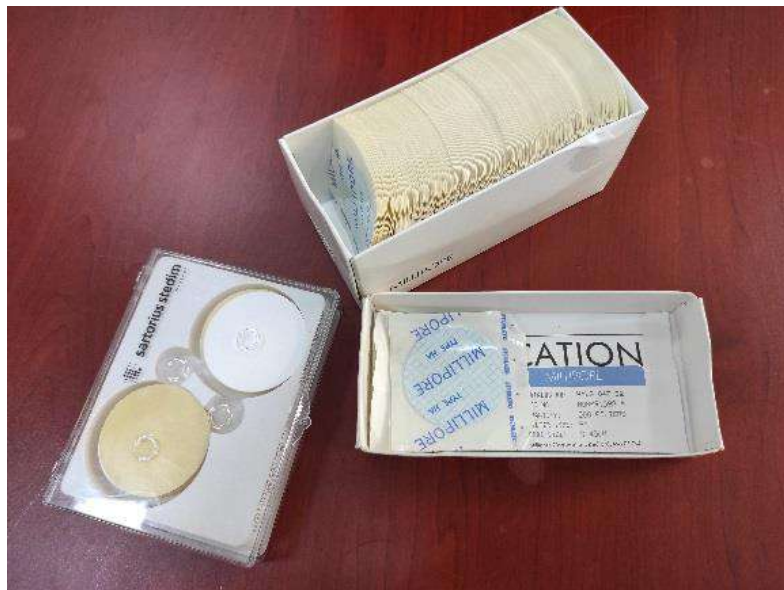
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Kullanılan Kimyasallar ve Cihazlar

Analizler sırasında n-hekzan, petrol eteri, silika jel gibi kullanılan tüm kimyasallar Merck markadır. Kullanılan eleklerin çapları 5 mm ve 20 μm 'dir. Kullanılan filtrelerin gözenek çapları ise 0,45 μm olarak tercih edilmiştir. Deneylerde kullanılan ultrasonik su banyosu KUDOS marka, evaporatör ise BUCHI markadır. Kullanılan GC-MS ise Agilent Technologies markanın 6890 N modelidir. Ultra saf su cihazı olarak ise Millipore Direct Q tercih edilmiştir. Yapılan tüm analizler boyunca kullanılan cihazlar ve kimyasalların görselleri şekillerde gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Paslanmaz çelik elek



Şekil 3.2: Millipore ve naylon membran filtre



Şekil 3.3: Su banyosu



Şekil 3.4: Ultrasonik su banyosu



Şekil 3.5: Çeker ocak



Şekil: 3.6: Çalkalamalı inkübatör



Şekil 3.7: Saf su cihazı



Şekil 3.8: Hassas terazi



Şekil 3.9: Evaporatör



Şekil 3.10: Desikatör



Şekil 3.11: Biyolojik ışık mikroskoku



Şekil 3.12: Stereo ışık mikroskoku



Şekil 3.13: n-hekzan, etil asetat, petrol eteri



Şekil 3.14: Çinko klorür, sodyum sülfat, silika jel



Şekil 3.15: Azot gazı



Şekil 3.16: GC-MS



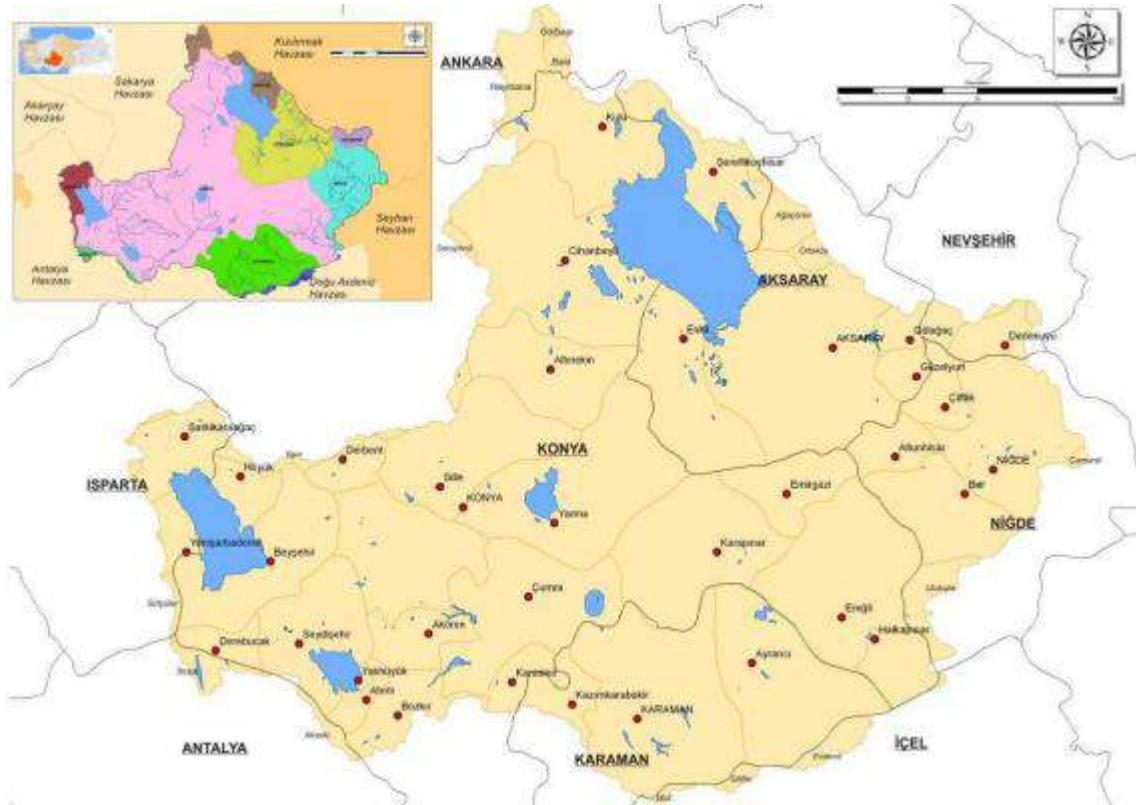
Şekil 3.17: Etüv



Şekil 3.18: Filtre düzeneği

3.2 Örneklem Alanı ve Numune Alma Teknikleri

Konya kapalı havzası Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan ve içerisinde Konya, Aksaray, Niğde, Isparta, Karaman, Nevşehir ve Ankara illerini barındıran havzadır. Ayrıca Antalya ve İçel illerinin yerleşim olmayan bir kısmı da bu havza içerisinde yer almaktadır (Diri, 2018). Toplam yüzölçümü 4.980.534 ha'dır (Tübitak Mam-ÇŞB, 2010). Şekil 3.19'da Konya kapalı havzasının siyasi haritası gösterilerek sınırlar belirtilmiştir.



Şekil 3.19: Konya kapalı havzası siyasi haritası (Diri, 2018).

Kapalı havza içerisinde çok sayıda yüzeysel su kaynakları bulunmaktadır. Enerji kaynağı ve sulama amacıyla yapılmış Altınapa, Mamasın, İbrala barajları yine sulama amacıyla yapılmış Başhüyük, Cihanbeyli, Sefaköy gibi göletler suları depolamak için yapılmış Hotamış ve Suğla depoları su kaynakları arasında sayılabilmektedir (Tübitak Mam-ÇŞB, 2010). Bu kaynaklardan başka birçok sayıda göl, nehir ve dereyi de barındıran Konya kapalı havzasında bulunan su kaynakları Şekil 3.20’de gösterilmiştir.

Sınırlar içerisinde bulunan bu kaynaklardan Nisan 2022 tarihinde Devlet Su İşleri (DSİ) 4. Bölge Müdürlüğü tarafından belirlenmiş noktalardan numuneler temin edilmiştir. Bu noktalar seçilirken tüm havzayı temsil edecek konumların belirlenmesi önemsenmiştir. Konya Havzası içerisinde Nisan 2022 tarihinde 15 ayrı noktadan alınan numunelerin konumları ve toplanan numune miktarı Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

numuneler uygun koşullarda laboratuvara analizler yapmak üzere getirildi. Şekillerde numune alma noktaları ve analizler sırasında kullanılan elik elekler gösterilmiştir.



Şekil 3.21: 1 nolu örnekleme noktası (Dinamo Deresi)



Şekil 3.22: 2 nolu örnekleme noktası (Suğla Memba)



Şekil 3.23: 3 nolu örnekleme noktası (Ağzıkarahan Deresi)



Şekil 3.24: 4 nolu örnekleme noktası (İlisu Nehri)



Şekil 3.25: 5 nolu örnekleme noktası (Özdere)



Şekil 3.26: 6 nolu örnekleme noktası (Yanarkaç Deresi)



Şekil 3.27: 7 nolu örnekleme noktası (Uludere)



Şekil 3.28: 8 nolu örnekleme noktası (Yeşildere)



Şekil 3.29: 9 nolu örnekleme noktası (Salur Deresi)



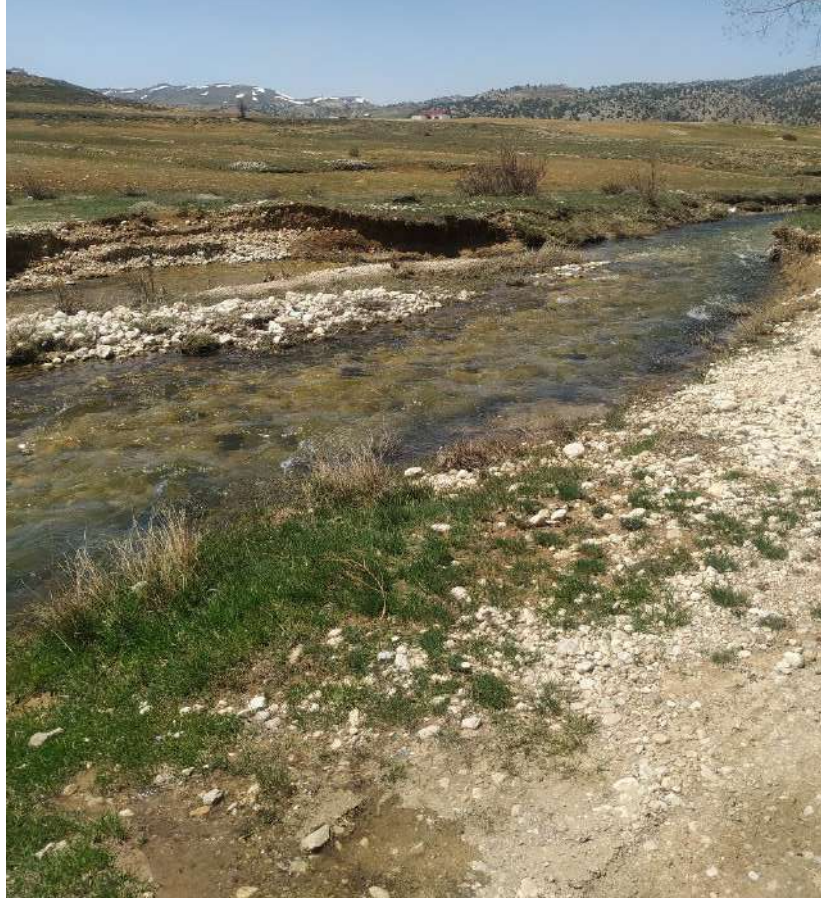
Şekil 3.30: 10 nolu örnekleme noktası (Yenişarbademli Deresi)



Şekil 3.31: 11 nolu örnekleme noktası (Kuşla Deresi)



Şekil 3.32: 12 nolu örnekleme noktası (Kırgeçit Deresi)



Şekil 3.33: 13 nolu örnekleme noktası (Akkaya Deresi)



Şekil 3.34: 14 nolu örnekleme noktası (Ecemiş Kaynağı)



Şekil 3.35: 15 nolu örnekleme noktası (Atlantı Sulama Kanalı)



Şekil 3.36: Toplanan su numunelerinin eleklerden geçirilmesi



Şekil 3.37: Numune alma işlemi sırasında kullanılan 5 mm ve 20 µm'lik çelik elekler

3.3 Mikroplastiklerin Analizi

Uygun koşullarda laboratuvara getirilen numuneler öncelikle 5 mm ve 20 µm'lik eleklerden tekrar süzülerek saf su yardımıyla beherlere boşaltıldı. Her numunenin üzerine organik madde giderimini sağlayabilmek için 20 ml %30 H₂O₂ ve 20 mL 0.05 M Fe(II) çözeltilinde ilave edildi. Reaksiyonun daha hızlı gerçekleşebilmesi için su banyosunda 70 °C'de bir süre bekletilen numuneler çeker ocakta bir gün süre ile bekletilerek reaksiyonun gerçekleşmesi sağlandı. Sonra tekrar 20 µm elekten süzülen numune mikroplastikleri diğer bileşenlerden ayırmak için 100 ml doymuş ZnCl₂ çözeltilinde 1 gece bekletilmiştir. Bu işlemlerden sonra filtreleme için 0,45 µm gözenek çapına sahip filtrelerden geçirilip yıkanan numuneler sayıma hazır hale getirildi. Numunelerin sayımı ışık mikroskobu ile gerçekleştirildi.

Mikroplastiklerin analizi için yapılan işlemler şekillerde görsel olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.38: Mikroplastik varlığı araştırılacak numuneler



Şekil 3.39: Numunelerin eleklerden geçirilmesi



Şekil 3.40: H₂O₂ ilave edilmesi



Şekil 3.41: Fe(II) ilave edilmesi



Şekil 3.42: Su banyosunda bekletilen numuneler



Şekil 3.43: Yoğunluk ayırımı işlemi öncesinde süzülen numuneler



Şekil 3.44: $ZnCl_2$ ilave edilmesi



Şekil 3.45: Filtre düzeneğiyle süzülen numuneler



Şekil 3.46: Numunelerin petri kabına alınması

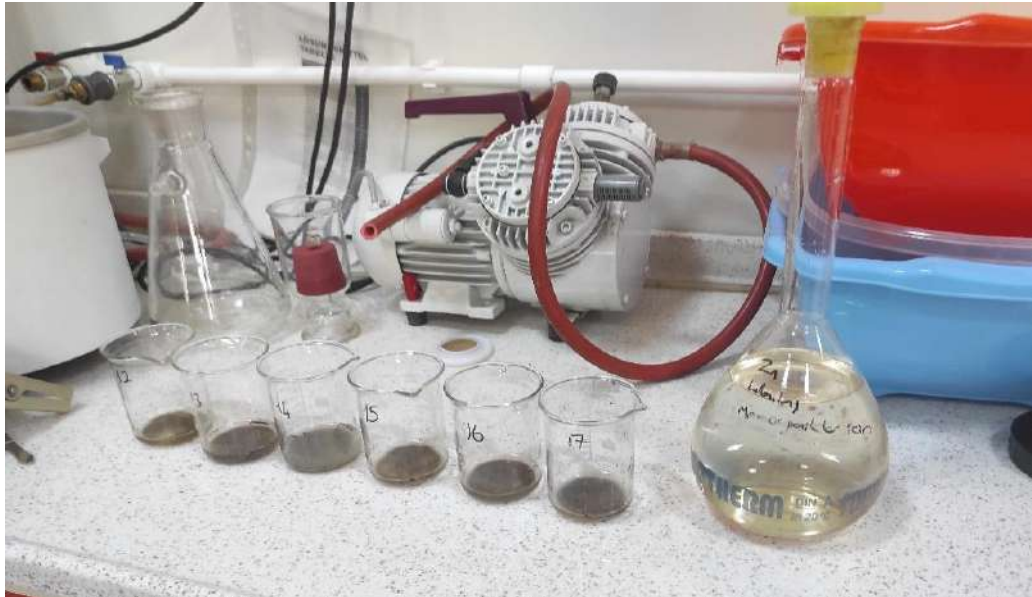
3.4 Mikroplastiklere İlişkili Pestisitlerin Analizi

Konya havzası yüzeysel sularında mikroplastiklere ilişkili pestisitlerin analizi için öncelikle DSİ 4. Bölge Müdürlüğü tarafından belirlenen noktalardan alınan numuneler laboratuvarında 5 mm ve 20 μm 'lik eleklerden süzüldü. Bu işlemden sonra üzerine 100 ml ZnCl_2 ilave edilip cam çubukla karıştırılarak alüminyum folyo ile kapatıldı ve yoğunluk ayrımının sağlanması için bir gün süreyle çeker ocakta bekletildi. Ertesi gün numuneler filtre düzeneğinden süzüldü. Süzülen numuneler bir gün desikatörde bekletilerek kuruması sağlandı. Filtre üzerinde kuruyan numuneler spatula yardımıyla kazıldı ve hassas terazide tartılarak ağırlıkları kaydedildi. Bu işlemden sonra beherlere koyulan numuneler ultrasonik su banyoda 15 dakika boyunca 3 kere 15 ml'lik n-hekzan:petrol eteri (1:1) karışımı ile ekstraksiyon edildi. Her ekstraksiyondan sonra alınan ekstraktlar birleştirilerek rotary evaporatörde hacmi azaltıldı. Elde edilen 2 ml'lik hacme sahip numuneler kolon temizleme işlemine tabi tutuldu. Bu işlem için kolonlar 10 g %2'lik deaktif silika ve 2 g sodyum sülfat ile ıslak doldurma tekniği kullanılarak dolduruldu. Kolona verilen ekstrakt önce 70 ml n-hekzan geçirilerek ilk fraksiyon elde edildi ve flaskta toplandı. Daha sonra 100 ml n-hekzan/etil asetat (1/1) geçirilerek ikinci fraksiyon

elde edildi. Elde edilen fraksiyonların hacimleri öncelikle evaporatörde 2 ml'ye kadar azaltıldı. Bu işlemden sonra numunelerin hacimleri azot gazıyla 1 ml altına düşürüldü. Tüm bu işlemlerden elde edilen numune viallere aktarılıp GC-MS'e verilerek sonuçlar elde edildi. Mikroplastiklere ilintili pestisitlerin analizi için yapılan işlemlerin görselleri şekillerde verilmiştir.



Şekil 3.47: Numunenin eleklerden süzülmesi



Şekil 3.48: ZnCl₂ ilave edilmesi



Şekil 3.49: Numunenin filtre düzeneğinden geçirilmesi



Şekil 3.50: Tartım işlemi



Şekil 3.51: Ekstraksiyon işlemi



Şekil 3.52: Kolonların hazırlanması



Şekil 3.53: Ekstraktların kolondan geçirilmesi



Şekil 3.54: Evaporatörde hacim azaltma



Şekil 3.55: Azot gazıyla hacim azaltma



Şekil 3.56: Numunenin viallere alınması



Şekil 3.57: Numunenin GC-MS ile analizi

Konya havzası yüzeysel sularında mikroplastiklere ilintili pestisitlerin analizleri sonucunda hedef OCP ve OPP'lerin kolondan çıkış süreleri ve bileşiklere ait m/z değerleri sırasıyla Çizelge 3.2 ve 3.3'te gösterilmiştir.

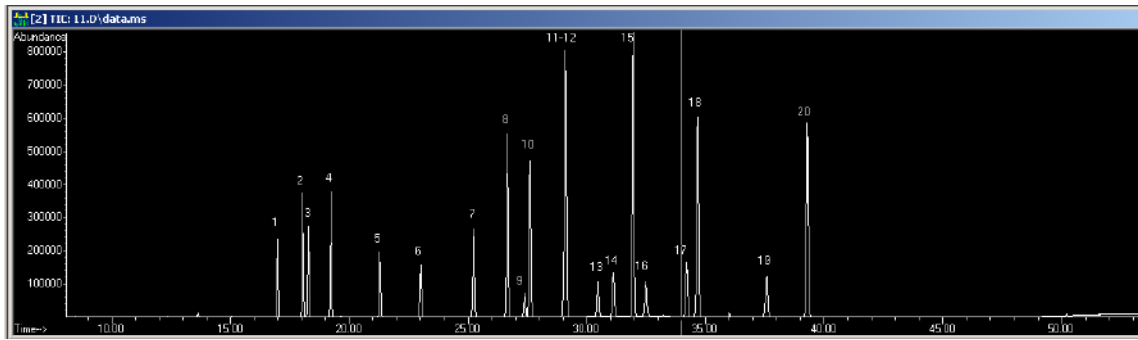
Çizelge 3.2: OCP bileşikleri için optimum GC-MS şartlarında HP-5ms kolonundan çıkış süreleri

Pik no	Bileşik adı	Kolondan çıkış süresi, dak	Ion (m/z değeri)
1	α -HCH	16,9	181, 183, 219
2	β -HCH	18,0	181, 183, 219
3	γ -HCH	18,2	181, 183, 219
4	δ -HCH	19,2	181, 183, 219
5	Heptachlor	21,2	100, 272, 274
6	Aldrin	23,0	66, 263, 265
7	Heptachlor epoxide	25,2	353, 355, 351
8	Chlordane II	26,6	375, 373, 377
9	Endosulfan I	27,3	241, 239, 237
10	Chlordane I	27,6	375, 373, 377
11-12	p,p-DDE+dieltrin	29,1	246, 263, 318, 79, 246, 248
13	Endrin	30,4	67, 263, 317
14	Endosulfan II	31,1	195, 207, 237
15	p,p-DDD	31,9	165, 235, 237
16	Endrin aldehyde	32,4	67, 345, 250
17	Endosulfan sulfate	34,2	272, 274, 237
18	p,p-DDT	34,6	235, 237, 165
19	Endrin ketone	37,5	67, 317, 315
20	Methoxychlor	39,2	227, 228, 238

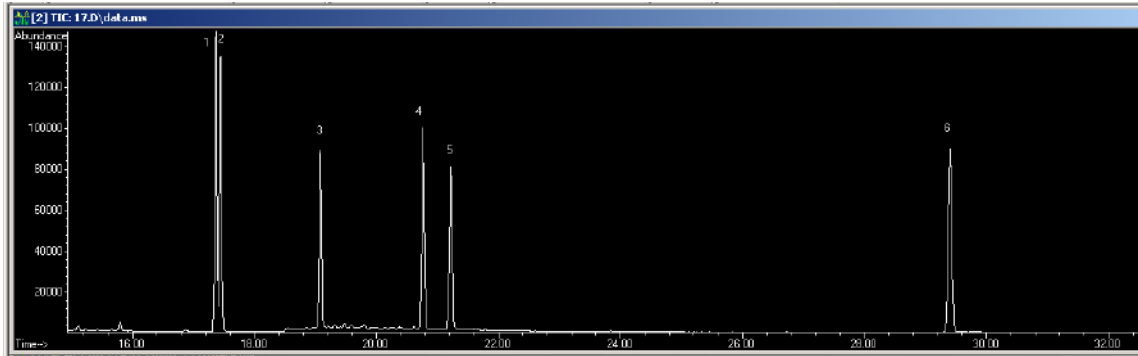
Çizelge 3.3: OPP bileşikleri için optimum GC-MS şartlarında HP-5ms kolonundan çıkış süreleri

Pik no	Bileşik adı	Kolondan çıkış süresi, dak	Ion (m/z değeri)
1	Diazinon	17,3	179, 137, 152
2	Disulfoton	17,4	88, 89, 60
3	Methyl parathion	19,0	263, 125, 109
4	Malathion	20,7	125, 173, 93
5	Ethyl parathion	21,2	291, 109, 97
6	Ethion	29,4	231, 97, 153

Şekil 3.57 ve Şekil 3.58’de ise 1 ng/µL konsantrasyonuna sahip OCP ve OPP bileşikleri için optimum çalışma şartlarında elde edilen kromatogramlar verilmiştir.



Şekil 3.58: OCP bileşikleri kromatogramı



Şekil 3.59: OPP bileşikleri kromatogramı

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1 Mikroplastik Analiz Sonuçları

4.1.1 Mikroplastiklerin Sayısı

Konya havzası yüzeysel sularında yapılan araştırmalar sonucunda elde edilen mikroplastiklerin miktarları ve sınıflandırılması yapılmıştır. Analizlerin sonucu çizelgelerle gösterilmiş olup her numunede görülen mikroplastik parçaları ayrı ayrı görsellenmiştir.

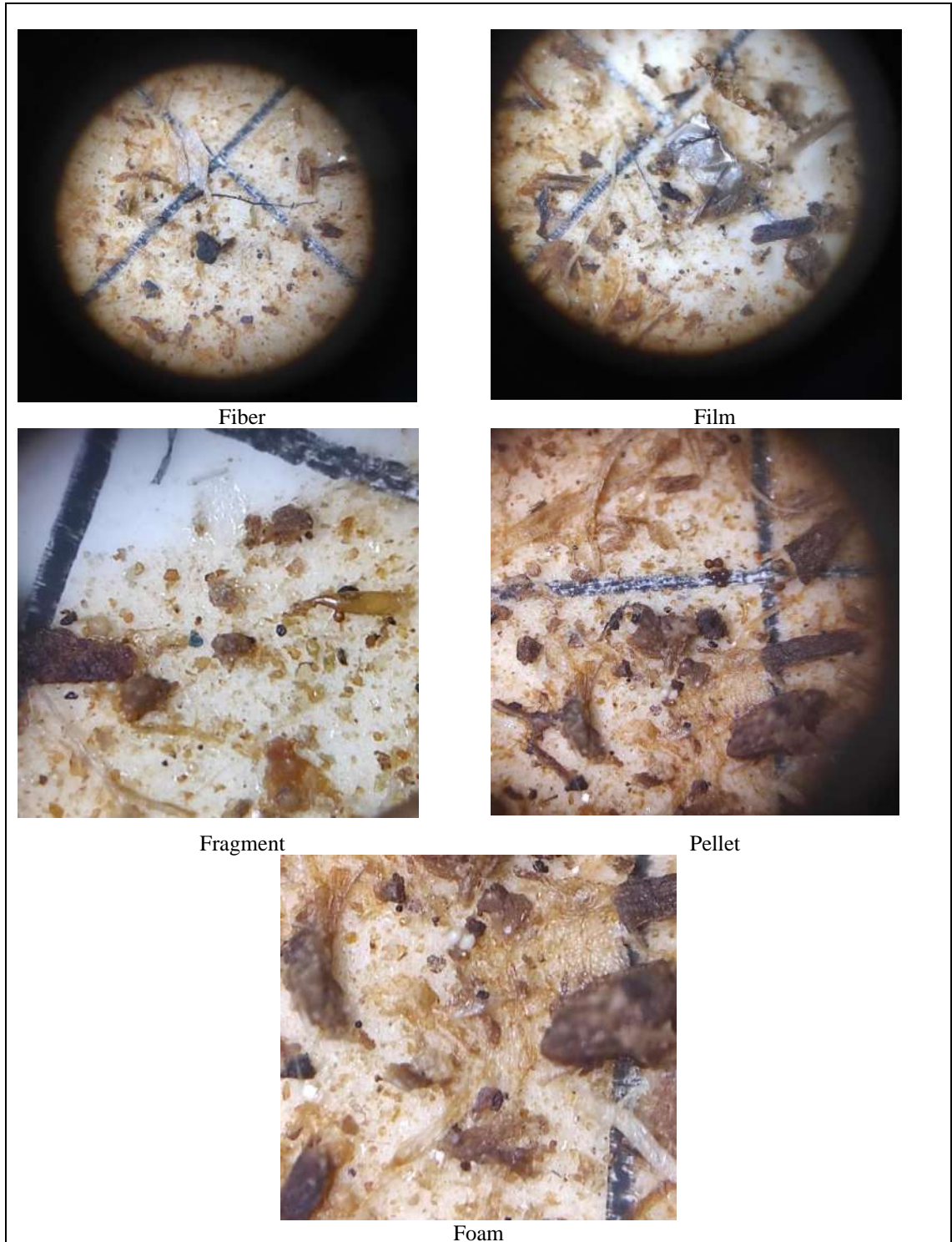
Yapılan analizler sonucunda 1. örnekleme noktasında elde edilen mikroplastik miktarı 570 adet olup bu miktar 15,8 MP/L'ye denk geldi. Bu noktada en çok görülen tür 360 adet ile fragment olup en çok şeffaf renk görüldü. 2. örnekleme noktasında ise toplam konsantrasyon 4,9 MP/L olarak bulundu. 1. Örnekleme noktasında olduğu gibi en fazla görülen tür fragment ve en çok görülen renk ise bu noktada da şeffaf oldu. 3. örnekleme noktasında toplam konsantrasyon 5,3 MP/L bulunmuş olup en çok fragment görüldü. Bu noktada en çok görülen renk yine şeffaf oldu. 4. örnekleme noktasında toplam konsantrasyon 1. örnekleme noktasındaki konsantrasyona daha yakın çıkmış olup bu miktar 15 MP/L olarak bulundu. En çok görülen tür 384 adet ile fragment olup en çok görülen renk şeffaf oldu. Örnekleme noktalarından 5. noktaya bakıldığında zaman yoplama mikroplastik miktarı 71 adet bulundu ve en az mikroplastik miktarına sahip olan bu bölgenin konsantrasyonu 1,9 MP/L olarak belirlendi. En çok görülen tür fragment olup en baskın renk ise şeffaf oldu. 6. noktada ise 177 adet mikroplastik sayıldı ve konsantrasyon 4,9 MP/L olarak hesaplandı. En yaygın tür ve renkler ise sırayla fragment ve şeffaf renk oldu. 7. noktaya baktığımızda 408 adet mikroplastik sayıldı ve konsantrasyon olarak 6,8 MP/L olarak bulundu. En fazla görülen mikroplastik türü 200 adet ile fragment olarak bulundu. En çok görülen renk ise önceki numunelerdeki gibi şeffaf oldu. Örnekleme noktalarında 8. noktada 311 adet mikroplastik sayıldı. Konsantrasyon olarak bu değer 8,6 MP/L olarak bulundu. En çok görülen tür fiber olup bu miktar 174 adet olarak bulundu. En çok görülen renk ise yine şeffaf oldu. 9. noktada yapılan analizlerde 354 adet mikroplastik sayımı yapıldı ve bu değer 9,8 MP/L olarak hesaplandı. En çok görülen tür fiber olup 147 adet olduğu gözlemlendi. Daha önceden bakılan numuneler gibi bu numunede de en çok şeffaf renk görüldü. 10. numunede toplamda 577 adet mikroplastik sayımı yapıldı. Konsantrasyon olarak bu değer 16 MP/L olarak hesaplandı. En çok görülen tür fiber oldu ve 333 adet bulundu. En çok şeffaf renk görüldü. Örnekleme noktalarından 11 için yapılan analizler sonucunda toplamda 236 adet

mikroplastik görüldü ve bu miktar 6,5 MP/L olarak hesaplandı. En çok fiber görüldü ve en baskın renk şeffaf oldu. 12. nokta analizlerinde 550 adet mikroplastik sayıldı ve bu değer 15,27 MP/L olarak hesaplandı. En çok görülen tür 189 adet ile fiber olarak belirlendi. En yaygın görülen renk ise yine şeffaf oldu. 13. noktada toplamda 71 adet mikroplastik sayıldı. Ve bu değer 1,9 MP/L olarak hesaplandı. Bu numunede fiber ve fragment sayısı eşit olup 32'şer adet sayıldı. En baskın renk yine şeffaf olarak belirlendi. 14. numunede yapılan sayım sonucunda 1475 adet mikroplastik gözlemlendi ve bu değer konsantrasyon olarak 24,5 MP/L olarak hesaplandı. Bu numunede en çok fragment görüldü ve 1345 adet sayıldı. Diğer numunelerden farklı olarak bu numunede en yaygın görülen renk gri oldu. 15. ve son numunede 269 adet mikroplastik sayımı yapıldı ve konsantrasyon 4,5 MP/L olarak hesaplandı. En baskın mikrofiber türü fragment oldu ve en yaygın görülen renk yine şeffaf oldu.

Noktaların hepsine genel olarak bakıldığı zaman numune konsantrasyonları 1,9-24,5 MP/L arasında değişiklik göstermiştir. Baskın türler genel olarak fiber ve fragment arasında değişiklik göstermiştir. 14 numaralı numune hariç kalan tüm numunelerde en yaygın renk şeffaf renk olmuştur.

Çizelge 4.1: 1 numaralı noktada görülen mikroplastik konsantrasyonu

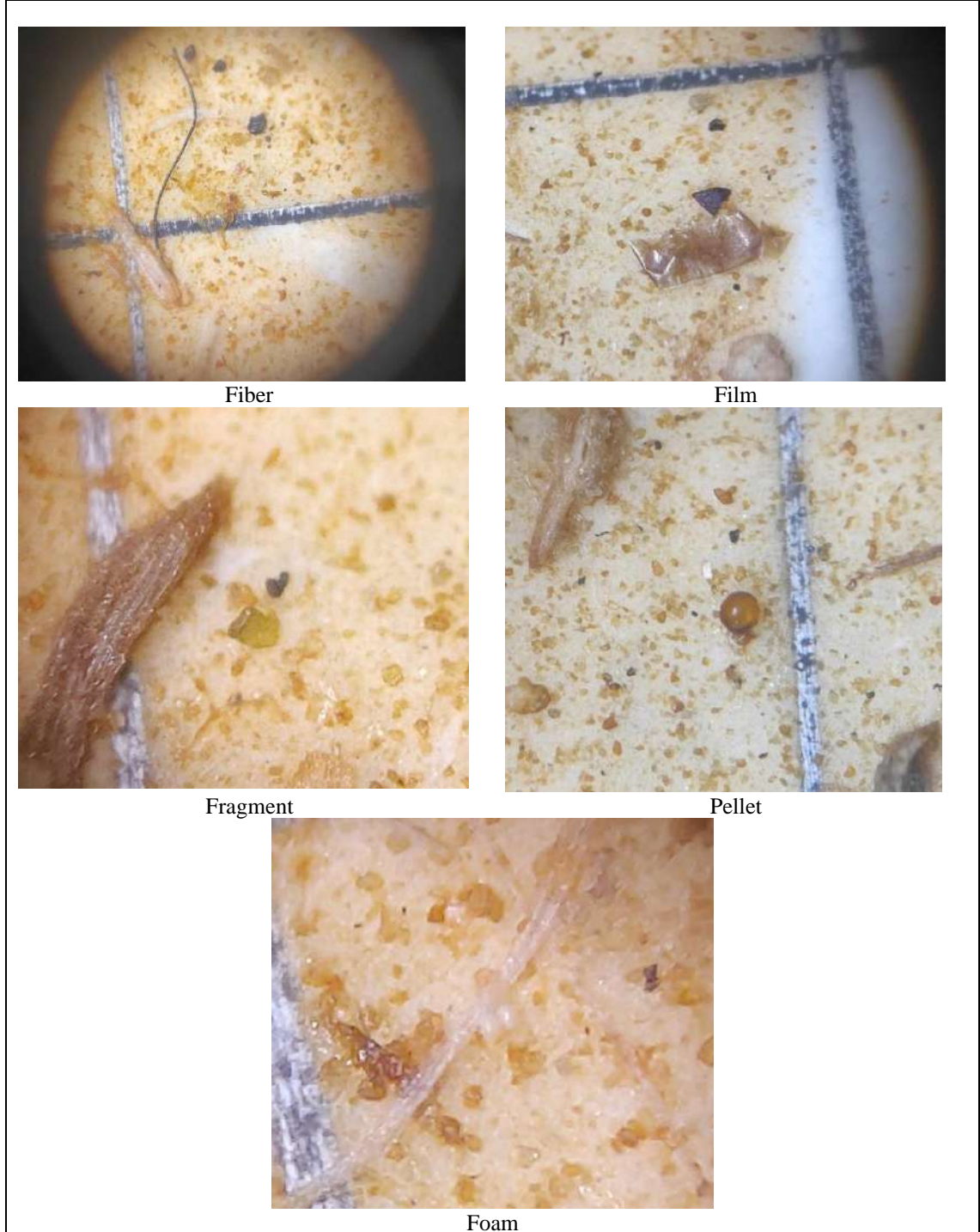
Örnekleme Noktası	Fiber	Film	Foam	Fragment	Pellet	Toplam	Toplam (MP/L)
1	141	40	4	360	25	570	15,8
Renk	Mavi, şeffaf, gri, siyah, pembe, kırmızı	Şeffaf	Beyaz, şeffaf	Şeffaf, mavi, beyaz, yeşil, sarı	Gri, yeşil, beyaz, şeffaf, kahverengi		



Şekil 4.1: 1 nolu örnekleme noktası fiber, fragment, film, foam, pellet görüntüleri

Çizelge 4.2: 2 numaralı noktada görülen mikroplastik konsantrasyonu

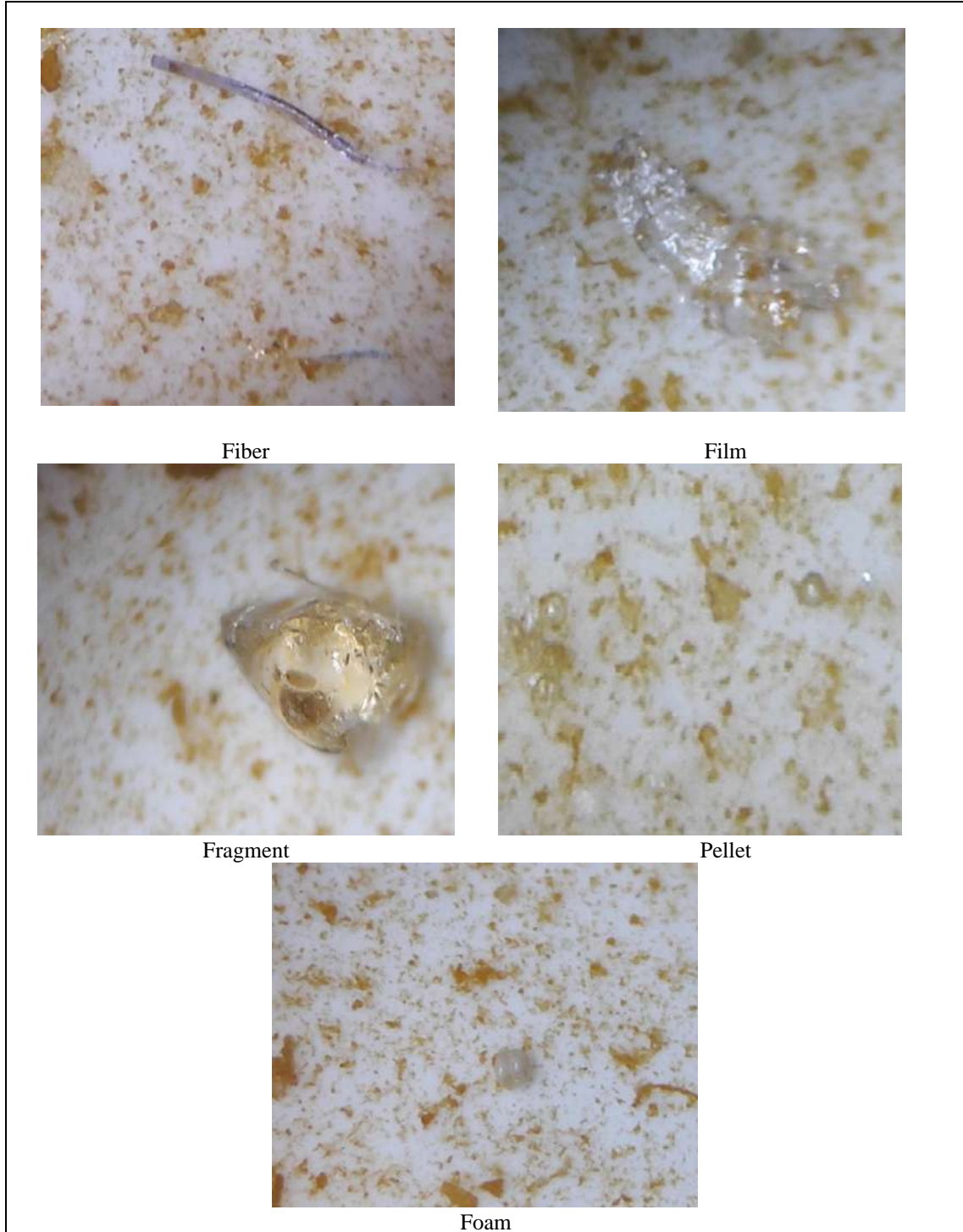
Örnekleme Noktası	Fiber	Film	Foam	Fragment	Pellet	Toplam	Toplam (MP/L)
2	63	9	5	93	9	179	4,9
Renk	Mavi, şeffaf, gri, siyah, beyaz, pembe, kahverengi	Şeffaf, pembe, gri, sarımsı	Beyaz, yeşil, şeffaf, mavi	Şeffaf, mavi, beyaz, yeşil, siyah	Şeffaf, kahverengi, beyaz		



Şekil 4.2: 2 nolu örnekleme noktası fiber, fragment, film, foam, pellet görüntüleri

Çizelge 4.3: 3 numaralı noktada görülen mikroplastik konsantrasyonu

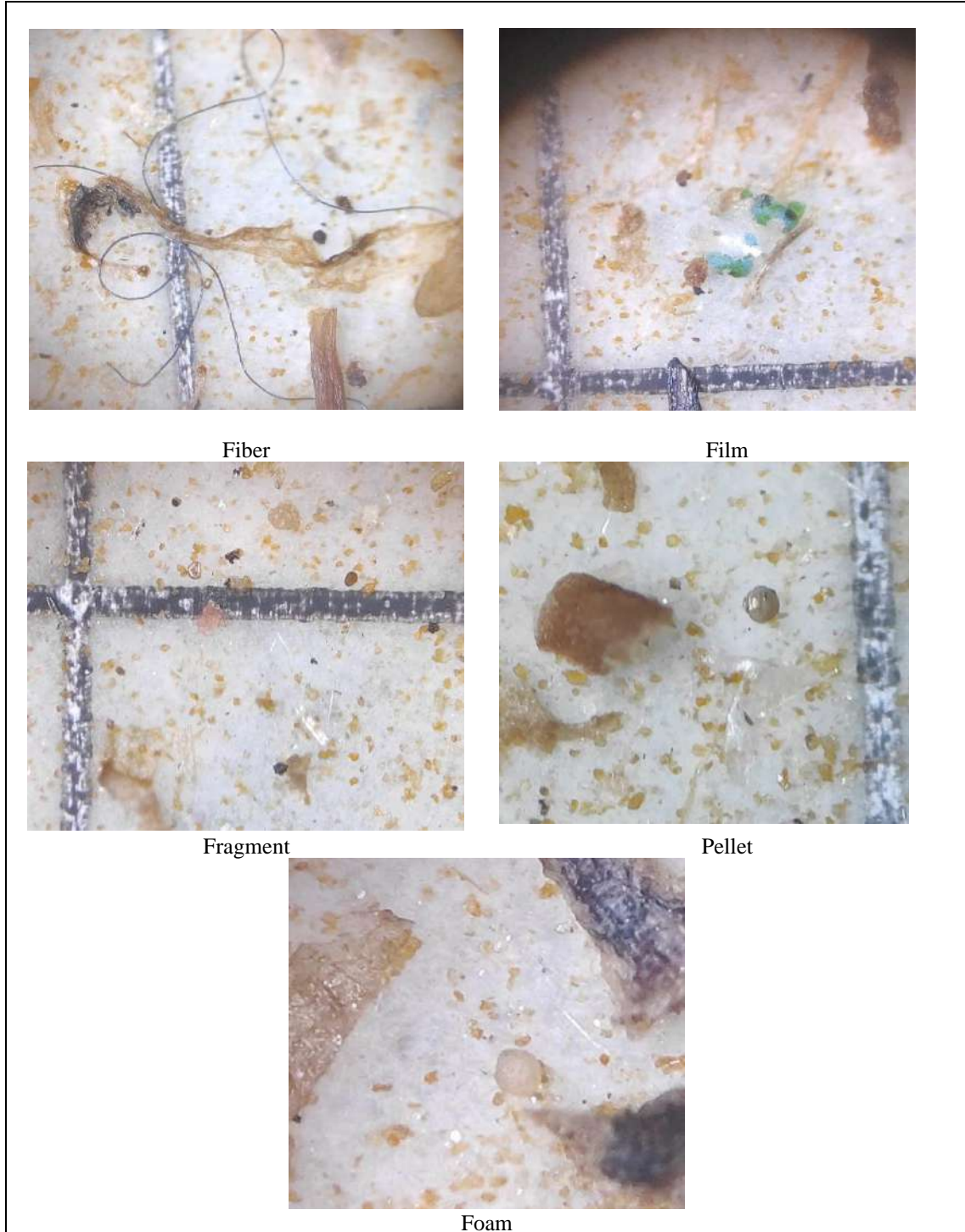
Örnekleme Noktası	Fiber	Film	Foam	Fragment	Pellet	Toplam	Toplam (MP/L)
3	69	13	15	83	11	191	5,3
Renk	Mavi, şeffaf, gri, siyah, beyaz, pembe	Şeffaf	Mavi, şeffaf	Şeffaf, gri, mavi	Şeffaf		



Şekil 4.3: 3 nolu örnekleme noktası fiber, fragment, film, foam, pellet görüntüleri

Çizelge 4.4: 4 numaralı noktada görülen mikroplastik konsantrasyonu

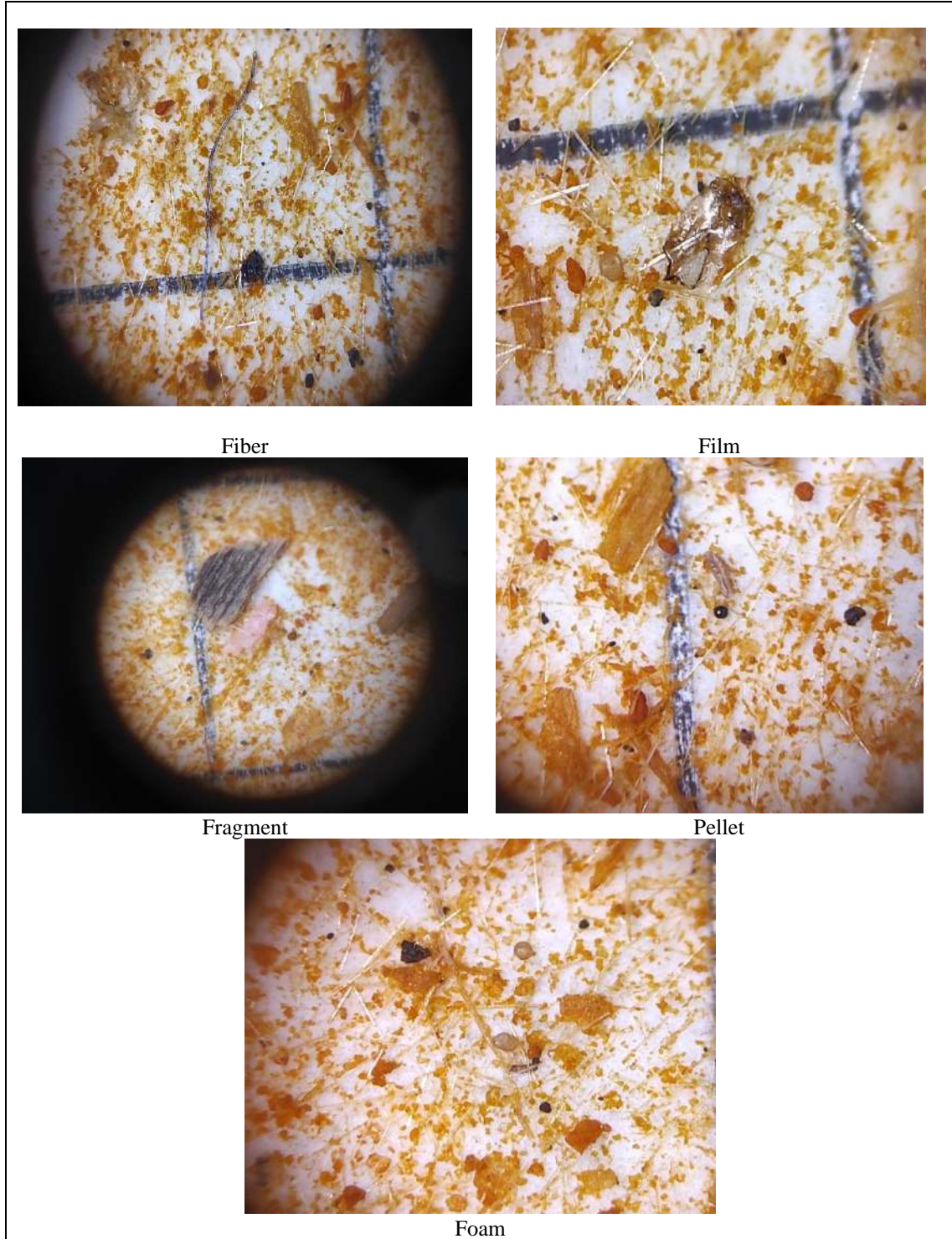
Örnekleme Noktası	Fiber	Film	Foam	Fragment	Pellet	Toplam	Toplam (MP/L)
4	117	24	10	384	18	553	15
Renk	Şeffaf, siyah, mavi, pembe	Şeffaf, mavi, gri, pembe	Şeffaf, kahve	Şeffaf, mavi, beyaz, pembe, yeşil	Kahverengi, şeffaf, beyaz, gri		



Şekil 4.4: 4 nolu örnekleme noktası fiber, fragment, film, foam, pellet görüntüleri

Çizelge 4.5: 5 numaralı noktada görülen mikroplastik konsantrasyonu

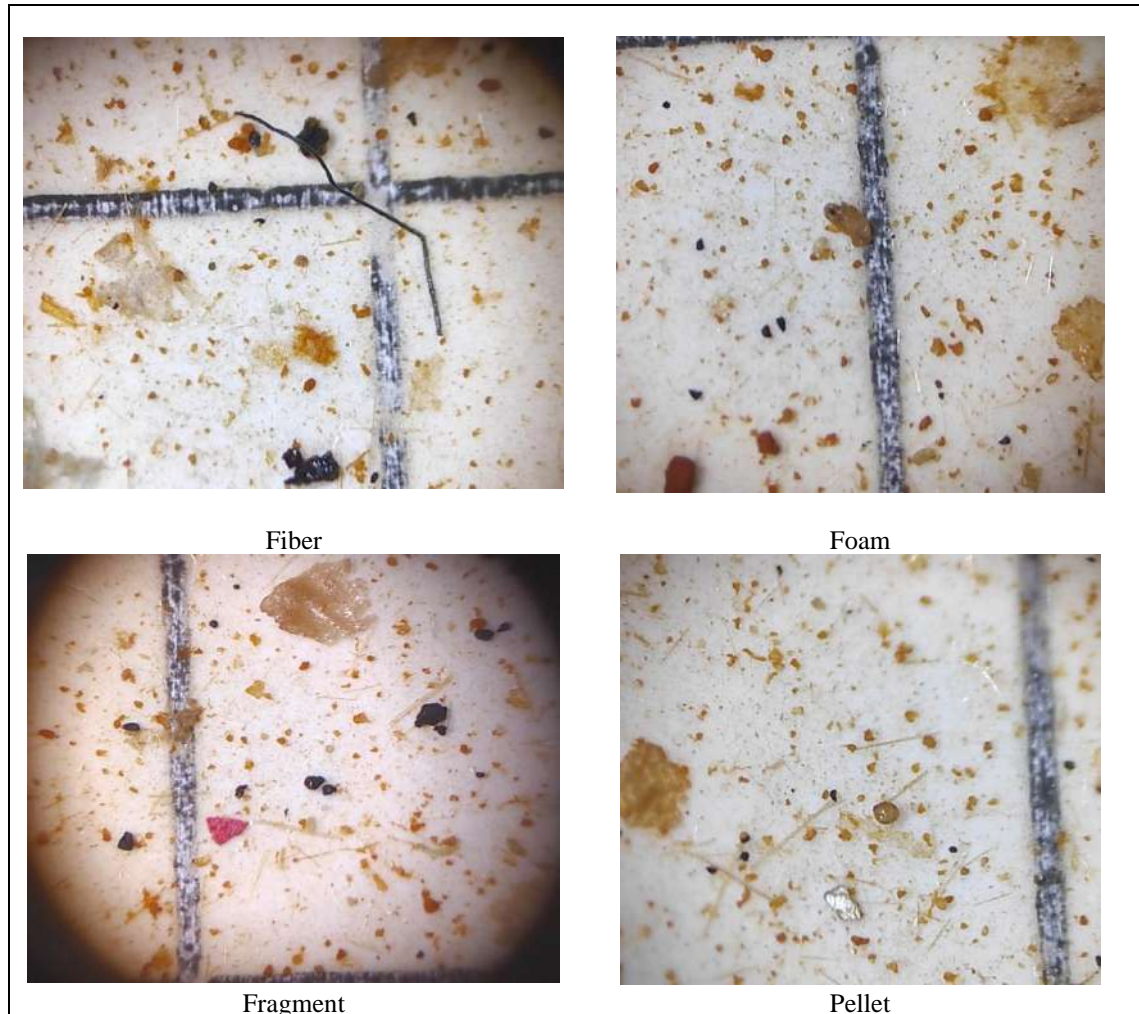
Örnekleme Noktası	Fiber	Film	Foam	Fragment	Pellet	Toplam	Toplam (MP/L)
5	70	6	1	82	17	177	4,9
Renk	Mavi, şeffaf, gri, siyah, pembe, mor, yeşil	Şeffaf	Şeffaf	Şeffaf, gri, mavi, pembe, kırmızı	Şeffaf, siyah, beyaz, gri, kahverengi		



Şekil 4.5: 5 nolu örnekleme noktası fiber, fragment, film, foam, pellet görüntüleri

Çizelge 4.6: 6 numaralı noktada görülen mikroplastik konsantrasyonu

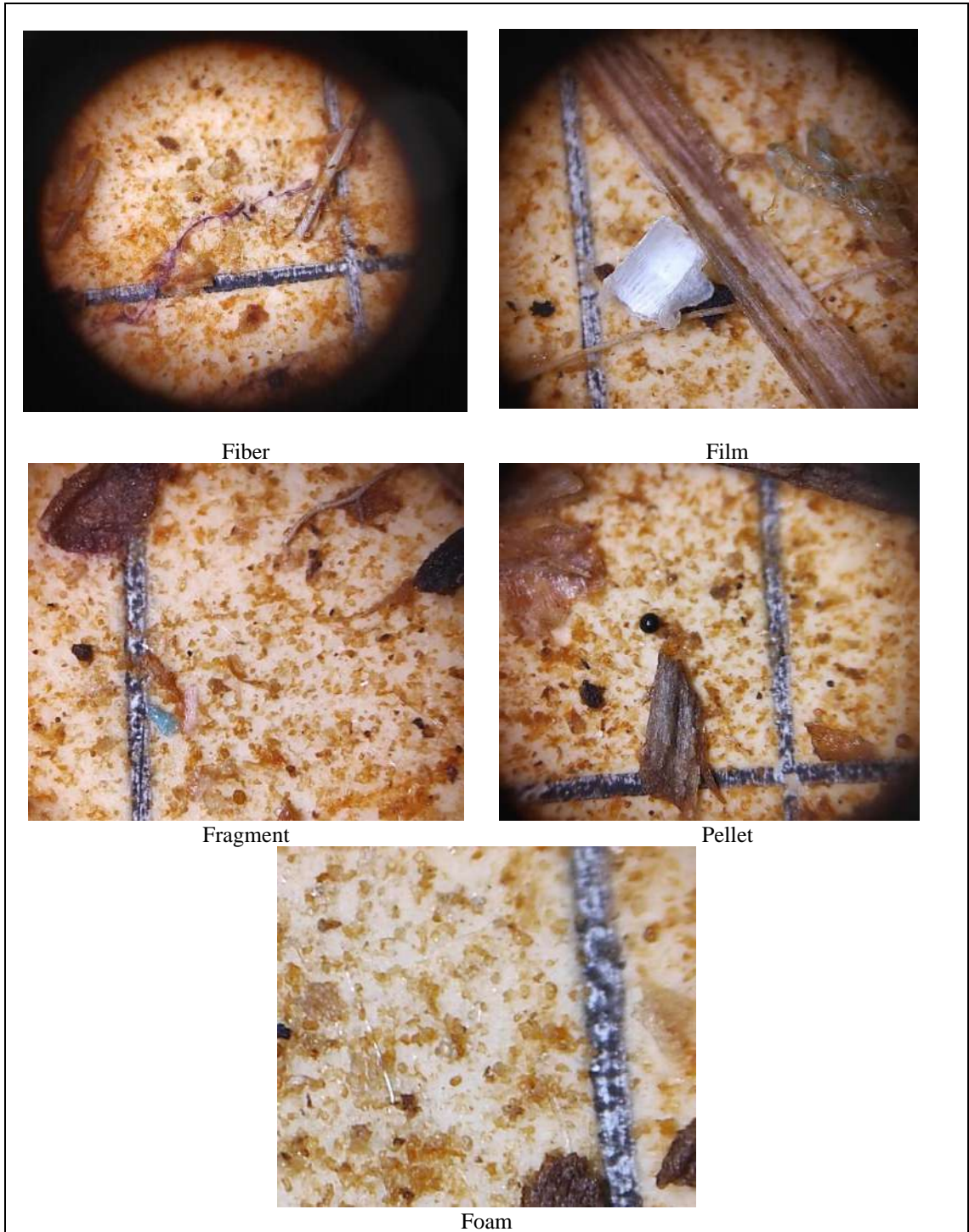
Örnekleme Noktası	Fiber	Film	Foam	Fragment	Pellet	Toplam	Toplam (MP/L)
6	22	-	5	39	5	71	1,9
Renk	Şeffaf, siyah, mavi	-	Beyaz, şeffaf	Şeffaf, mavi, gri, pembe, sarı	Şeffaf, beyaz		



Şekil 4.6: 6 nolu örnekleme noktası fiber, fragment, foam, pellet görüntüleri

Çizelge 4.7: 7 numaralı noktada görülen mikroplastik konsantrasyonu

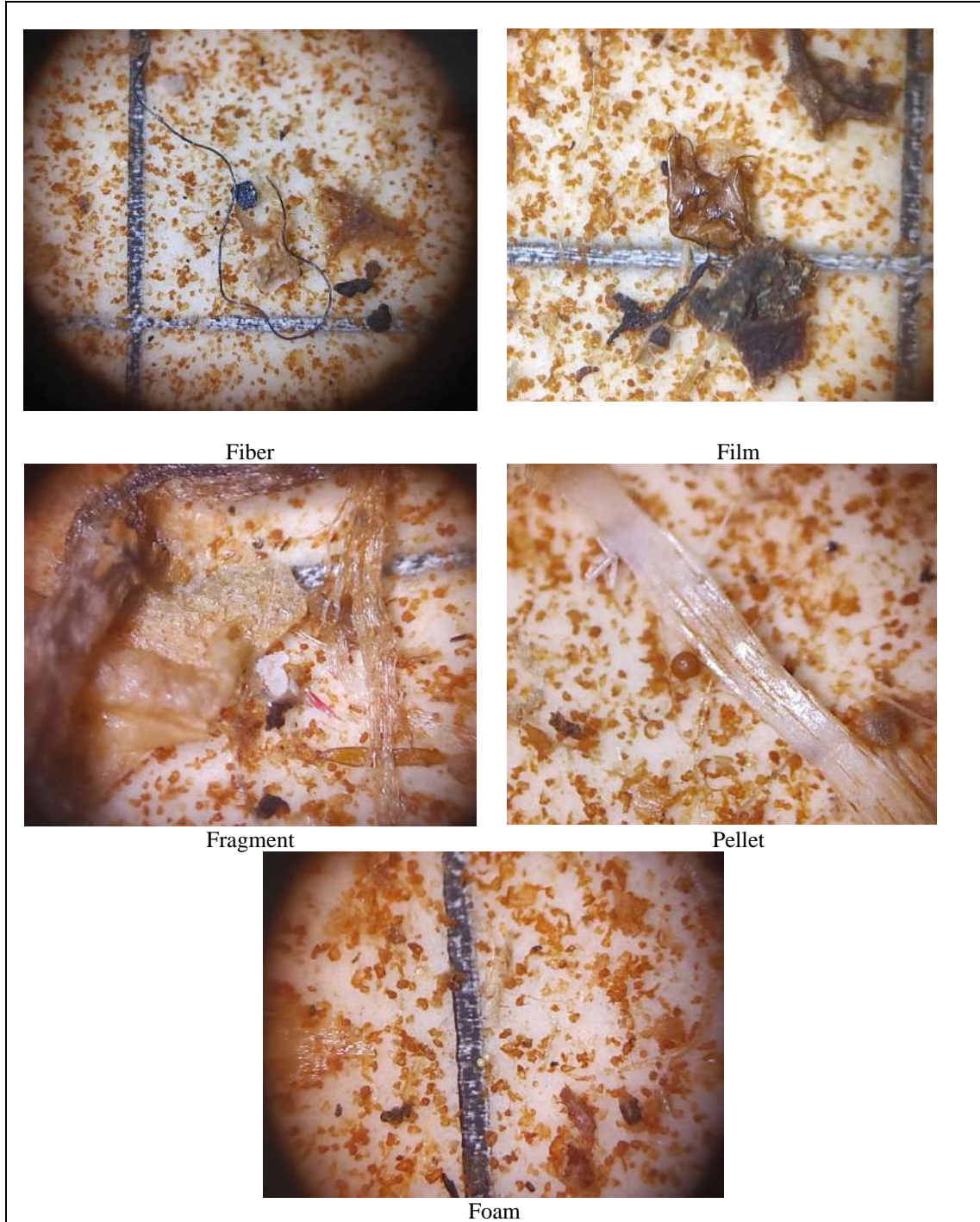
Örnekleme Noktası	Fiber	Film	Foam	Fragment	Pellet	Toplam	Toplam (MP/L)
7	174	11	4	200	19	408	6,8
Renk	Şeffaf, siyah, pembe, sarı, gri, mor	Şeffaf, beyaz	Beyaz, şeffaf	Şeffaf, mavi, gri, yeşil, kırmızı, pembe	Şeffaf, beyaz, kahverengi, siyah		



Şekil 4.7: 7 nolu örnekleme noktası fiber, fragment, film, foam, pellet görüntüleri

Çizelge 4.8: 8 numaralı noktada görülen mikroplastik konsantrasyonu

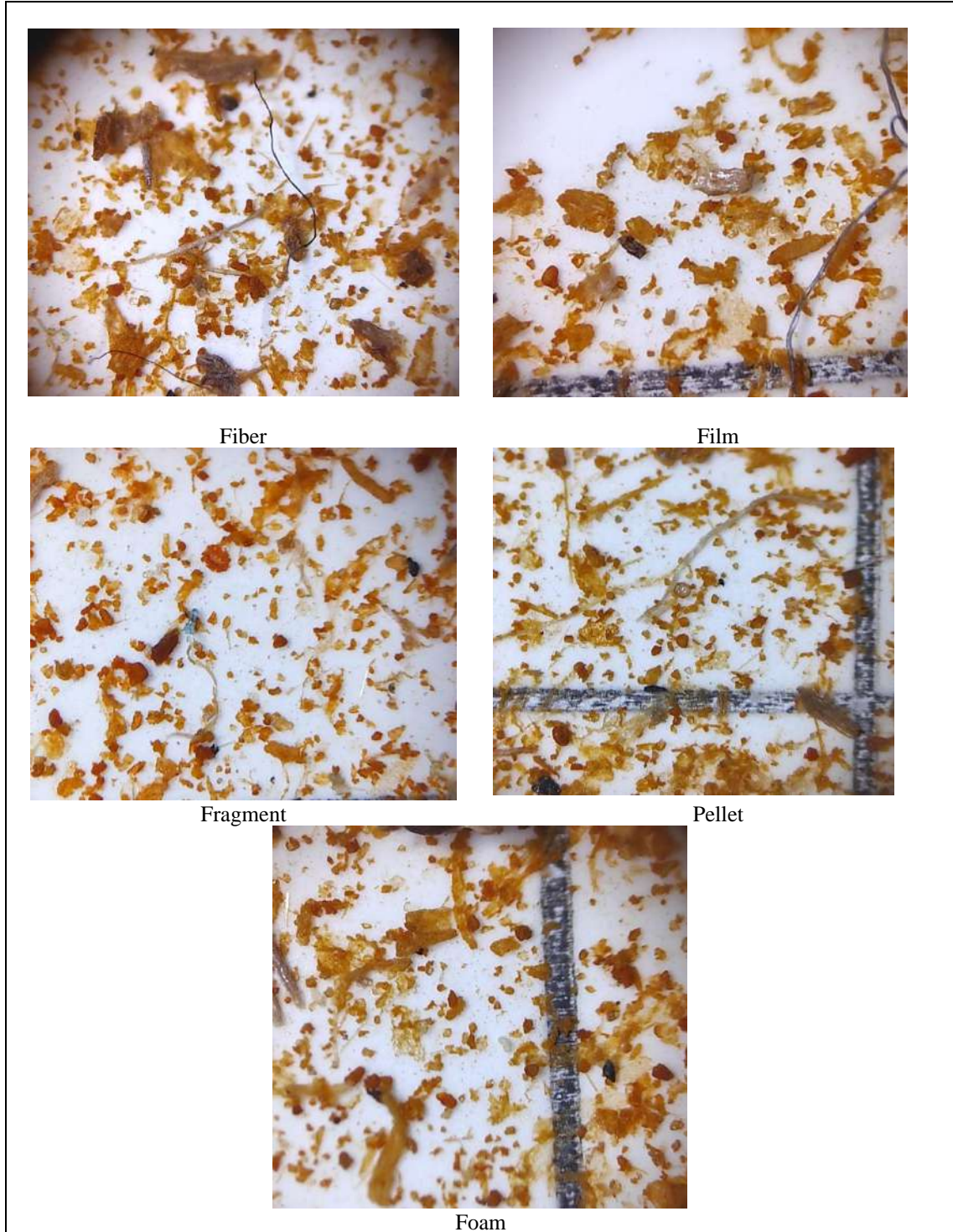
Örnekleme Noktası	Fiber	Film	Foam	Fragment	Pellet	Toplam	Toplam (MP/L)
8	174	7	4	108	18	311	8,6
Renk	Şeffaf, siyah, mavi, pembe, kırmızı	Şeffaf, mavi	Şeffaf, beyaz	Şeffaf, mavi, beyaz, pembe, siyah, sarı	Kahverengi, şeffaf, beyaz, siyah		



Şekil 4.8: 8 nolu örnekleme noktası fiber, fragment, film, foam, pellet görüntüleri

Çizelge 4.9: 9 numaralı noktada görülen mikroplastik konsantrasyonu

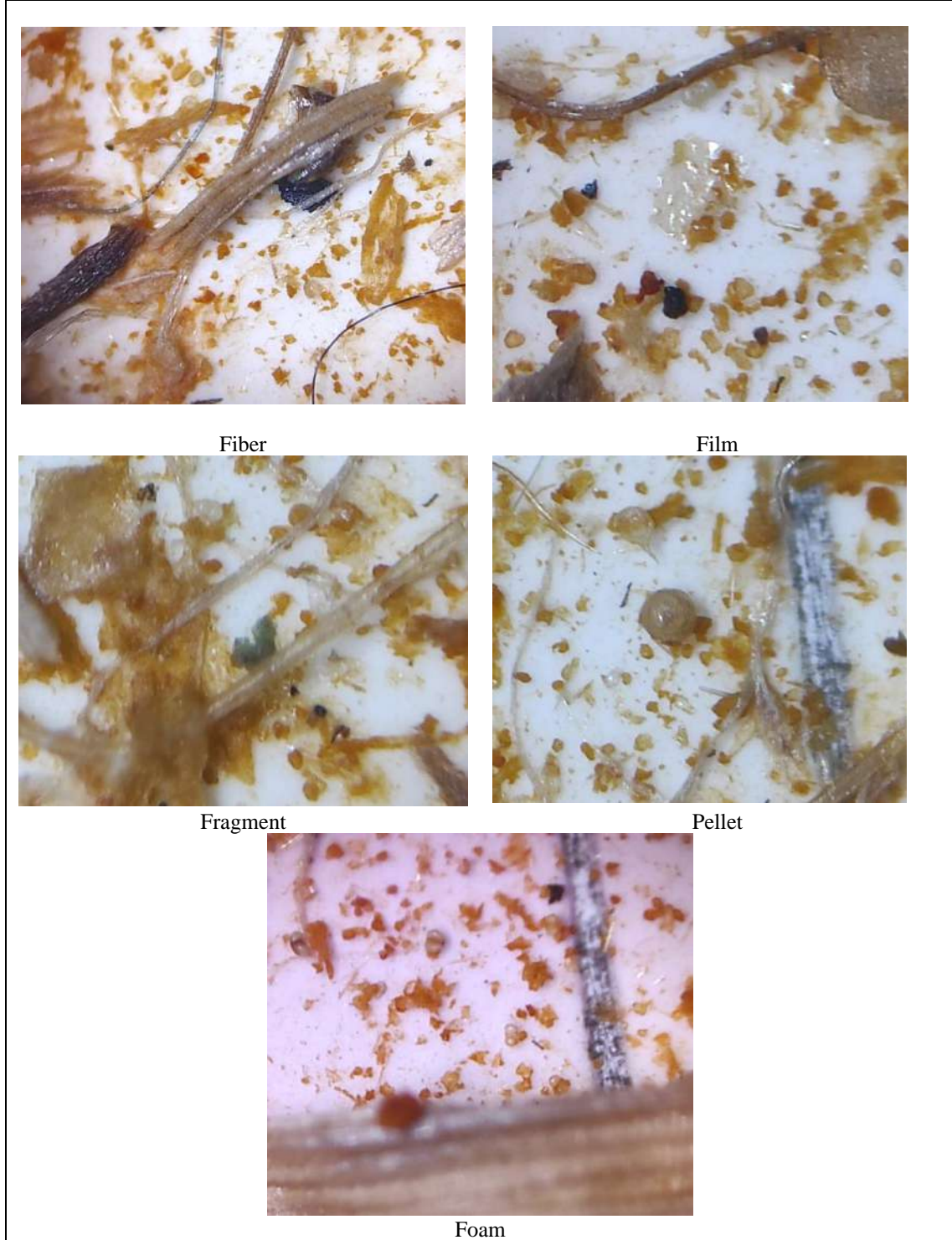
Örnekleme Noktası	Fiber	Film	Foam	Fragment	Pellet	Toplam	Toplam (MP/L)
9	147	4	75	123	5	354	9,8
Renk	Şeffaf, siyah, pembe, mavi, yeşil	Şeffaf	Beyaz, şeffaf	Şeffaf, mavi, gri, yeşil, beyaz, sarı	Şeffaf, beyaz		



Şekil 4.9: 9 nolu örnekleme noktası fiber, fragment, film, foam, pellet görüntüleri

Çizelge 4.10: 10 numaralı noktada görülen mikroplastik konsantrasyonu

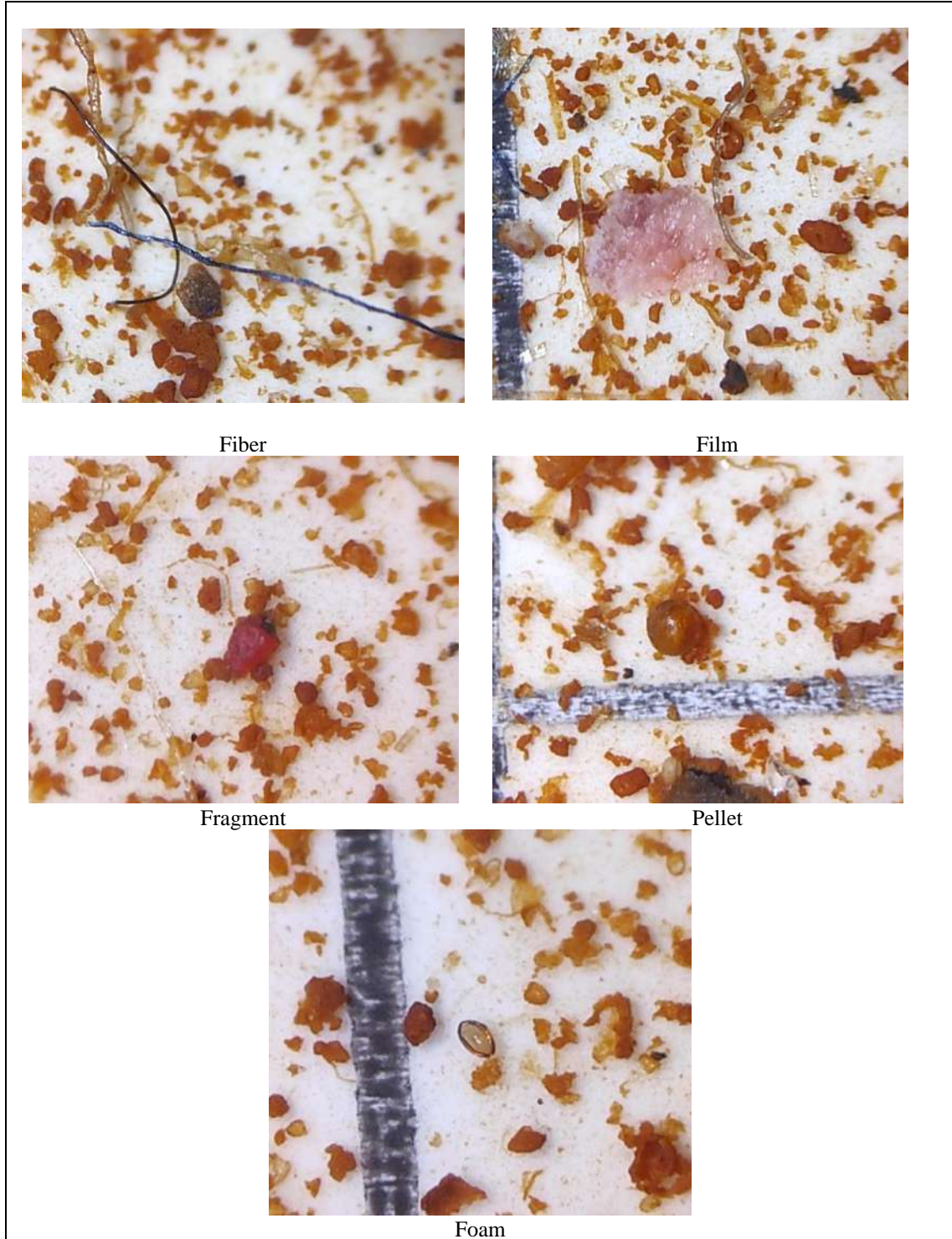
Örnekleme Noktası	Fiber	Film	Foam	Fragment	Pellet	Toplam	Toplam (MP/L)
10	333	1	13	216	14	577	16
Renk	Mavi, şeffaf, siyah,	Şeffaf	Beyaz, şeffaf	Şeffaf, mavi, gri, pembe	Şeffaf, kahverengi, beyaz, gri		



Şekil 4.10: 10 nolu örnekleme noktası fiber, fragment, film, foam, pellet görüntüleri

Çizelge 4.11: 11 numaralı noktada görülen mikroplastik konsantrasyonu

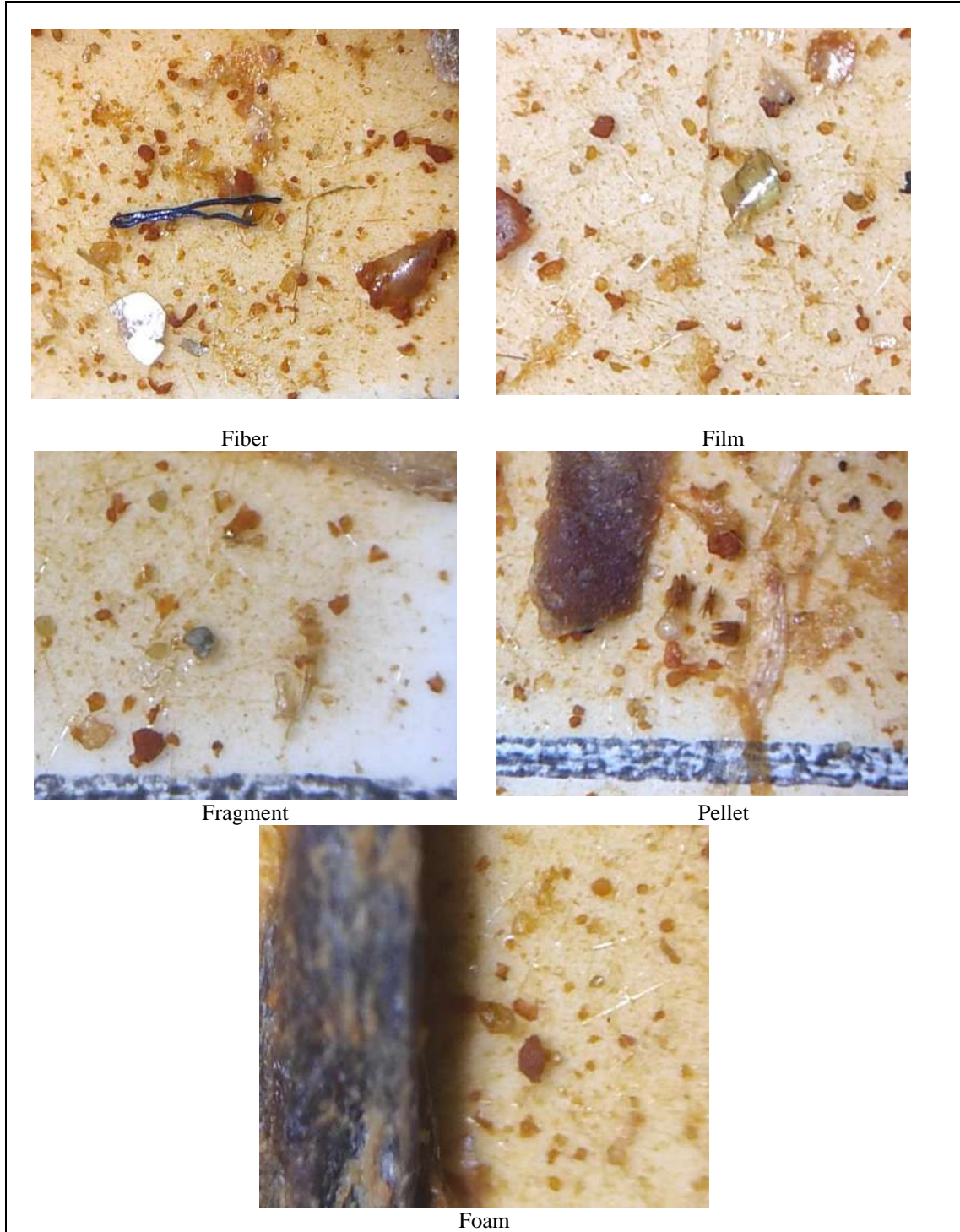
Örnekleme Noktası	Fiber	Film	Foam	Fragment	Pellet	Toplam	Toplam (MP/L)
11	132	9	3	89	3	236	6,5
Renk	Şeffaf, siyah, pembe, yeşil	Şeffaf, gri, pembe	Kahverengi, şeffaf	Şeffaf, mavi, kırmızı, yeşil, gri	Beyaz, kahverengi		



Şekil 4.11: 11 nolu örnekleme noktası fiber, fragment, film, foam, pellet görüntüleri

Çizelge 4.12: 12 numaralı noktada görülen mikroplastik konsantrasyonu

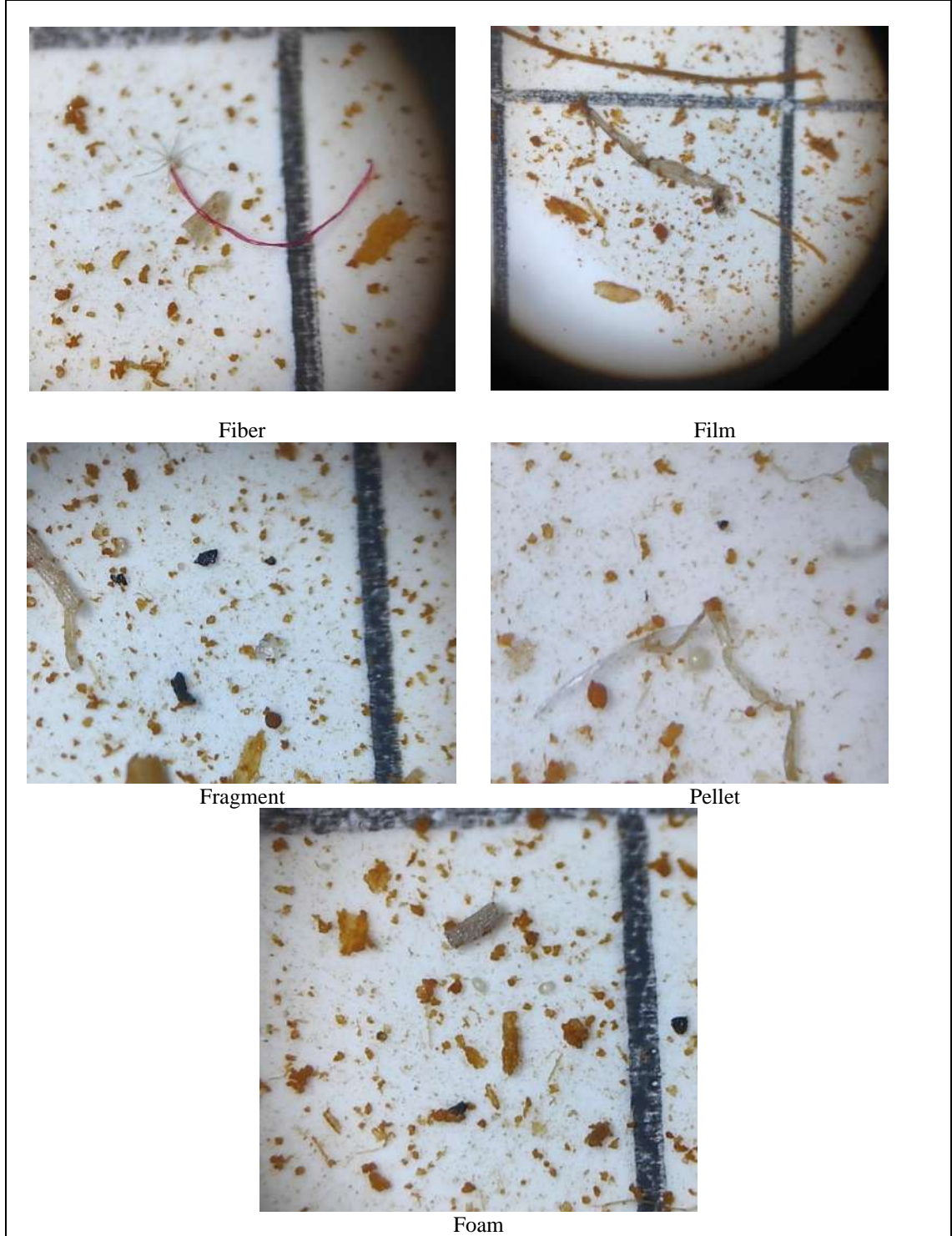
Örnekleme Noktası	Fiber	Film	Foam	Fragment	Pellet	Toplam	Toplam (MP/L)
12	184	222	3	139	2	550	15,27
Renk	Şeffaf, siyah, pembe, mavi	Şeffaf, gri	Kahverengi, şeffaf	Şeffaf, mavi, yeşil, gri	Beyaz, şeffaf		



Şekil 4.12: 12 nolu örnekleme noktası fiber, fragment, film, foam, pellet görüntüleri

Çizelge 4.13: 13 numaralı noktada görülen mikroplastik konsantrasyonu

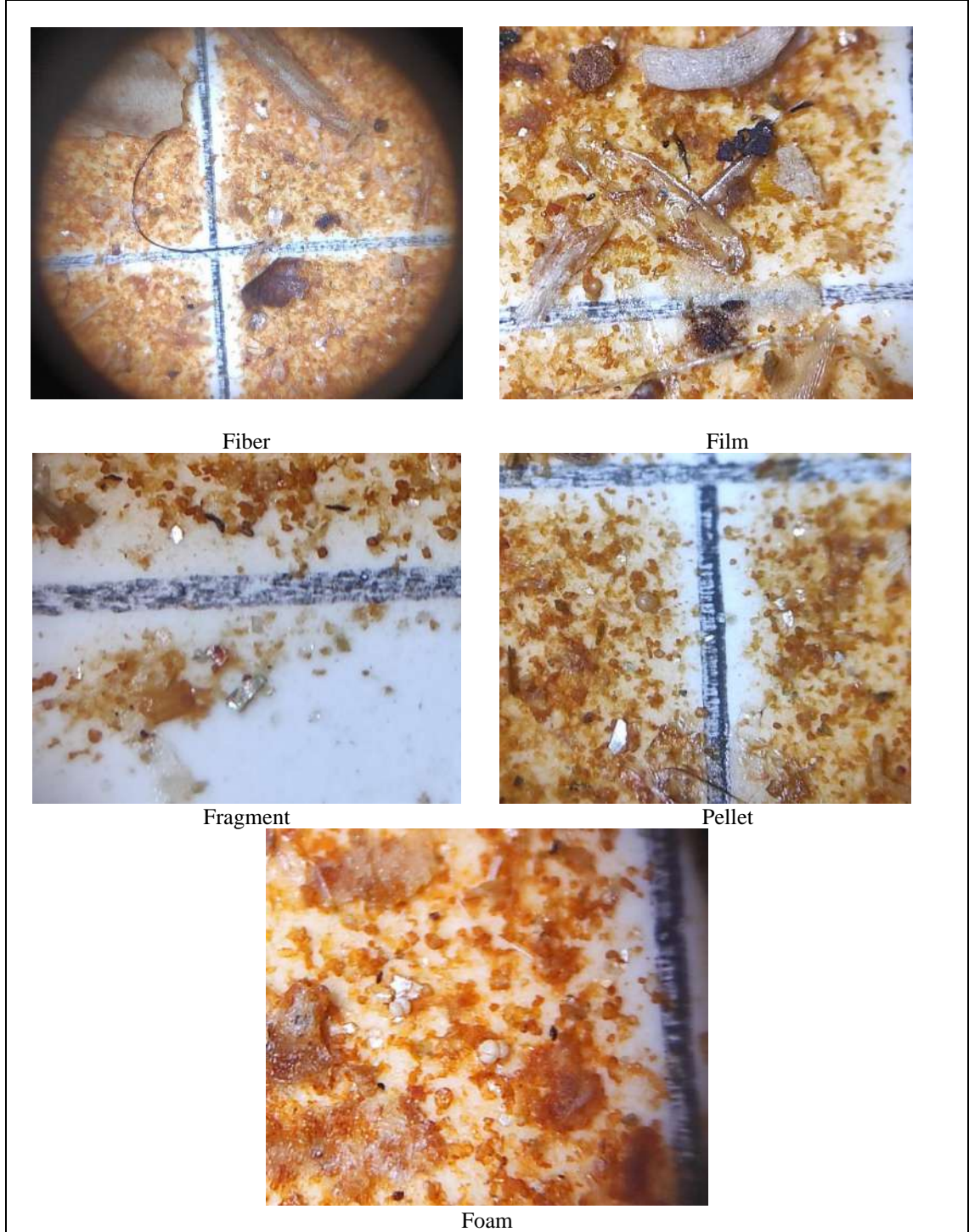
Örnekleme Noktası	Fiber	Film	Foam	Fragment	Pellet	Toplam	Toplam (MP/L)
13	32	1	5	32	1	71	1,9
Renk	Şeffaf, siyah, pembe, mavi	Şeffaf	Beyaz	Şeffaf, mavi	Beyaz		



Şekil 4.13: 13 nolu örnekleme noktası fiber, fragment, film, foam, pellet görüntüleri

Çizelge 4.14: 14 numaralı noktada görülen mikroplastik konsantrasyonu

Örnekleme Noktası	Fiber	Film	Foam	Fragment	Pellet	Toplam	Toplam (MP/L)
14	79	34	3	1345	14	1475	24,5
Renk	Şeffaf, siyah, yeşil, mavi	Şeffaf, gri	Beyaz	Şeffaf, mavi, gri, yeşil, pembe	Şeffaf, beyaz, kahverengi		



Şekil 4.14: 14 nolu örnekleme noktası fiber, fragment, film, foam, pellet görüntüleri

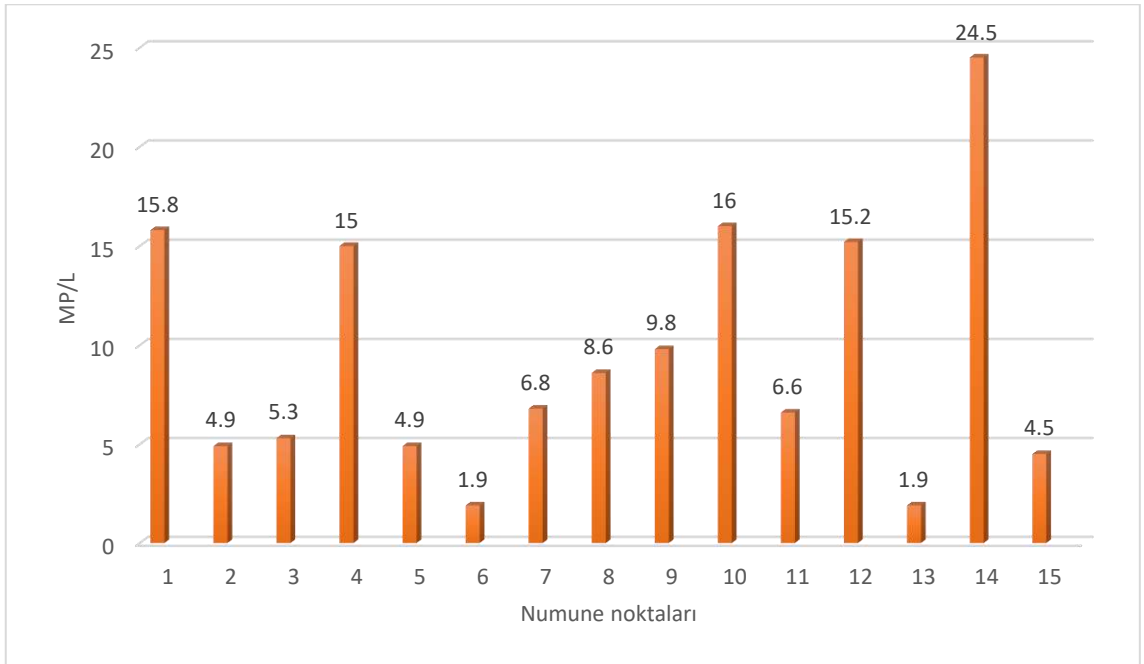
Çizelge 4.15: 15 numaralı noktada görülen mikroplastik konsantrasyonu

Örnekleme Noktası	Fiber	Film	Foam	Fragment	Pellet	Toplam	Toplam (MP/L)
15	76	1	4	179	9	269	4,5
Renk	Şeffaf, siyah, pembe, mavi	Şeffaf	Beyaz, sarı	Şeffaf, mavi, gri, yeşil, beyaz	Şeffaf, beyaz, kahverengi, siyah		



Şekil 4.15: 15 nolu örnekleme noktası fiber, fragment, film, foam, pellet görüntüleri

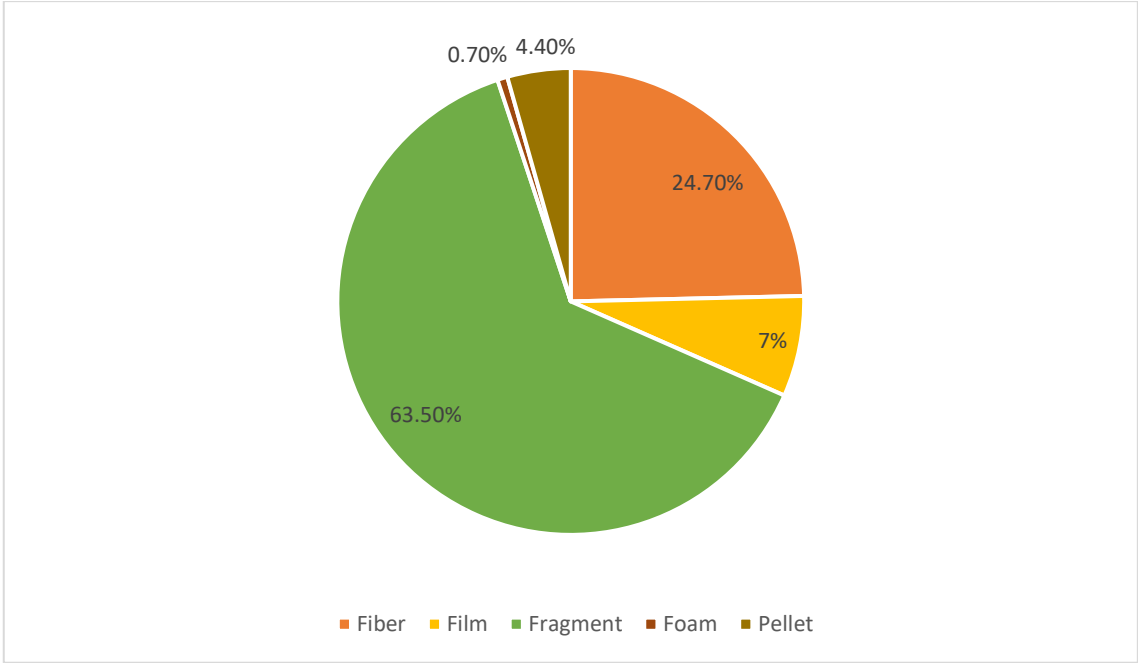
Şekil 4.1’de bütün noktalarda görülen mikroplastik miktarları grafikte gösterilmiştir. DSİ 4. Bölge Müdürlüğü tarafından belirlenen noktalardan alınan numunelerde analizler yapıp sonuçlar incelendiğinde yüzeysel sularda mikroplastik miktarı en yüksek çıkan nokta 24,5 MP/L ile Niğde Çamadır’da bulunan Ecemiş Kaynağı oldu. Bu noktada en çok görülen mikroplastik türü fragmentler olup en çok görülen renk ise gri olarak belirlendi. Noktalar incelendiğinde en az konsantrasyon ise 1,9 MP/L ile Konya Hadim Balcılar Köyü yolu üzeri köprüsünden ve yine 1,9 MP/L ile Ankara Şereflikoçhisar Berat Cömertoğlu Cad. mesire yeri yanından alınan numunelerde görüldü.



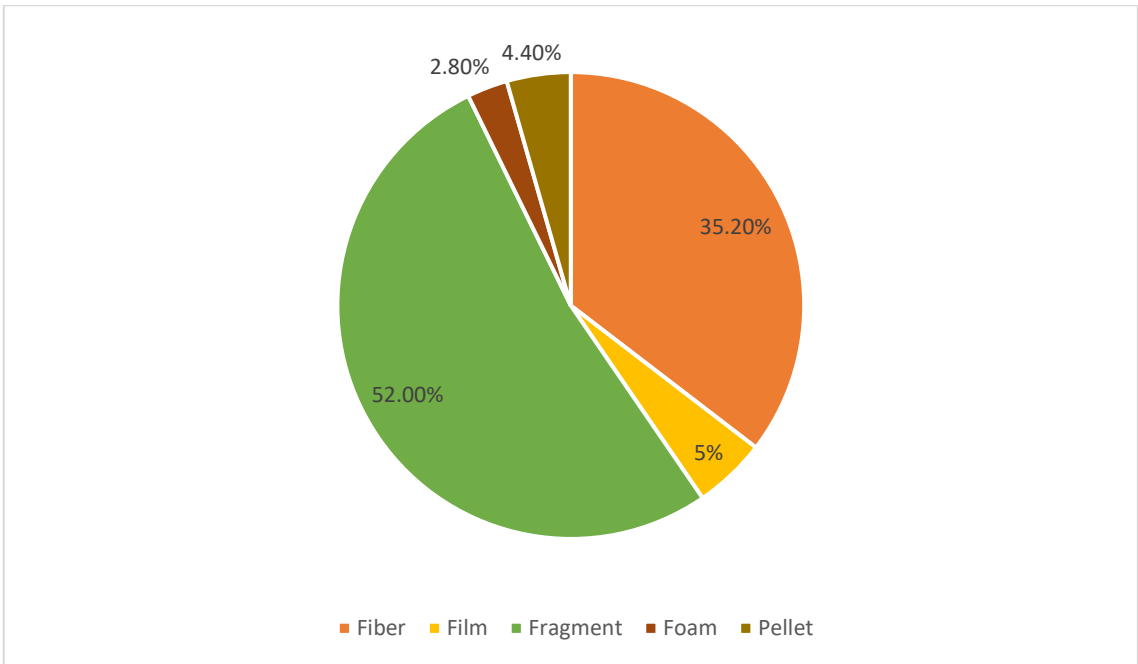
Şekil 4.16: Mikroplastik konsantrasyonları

4.1.2 Mikroplastiklerin Türü

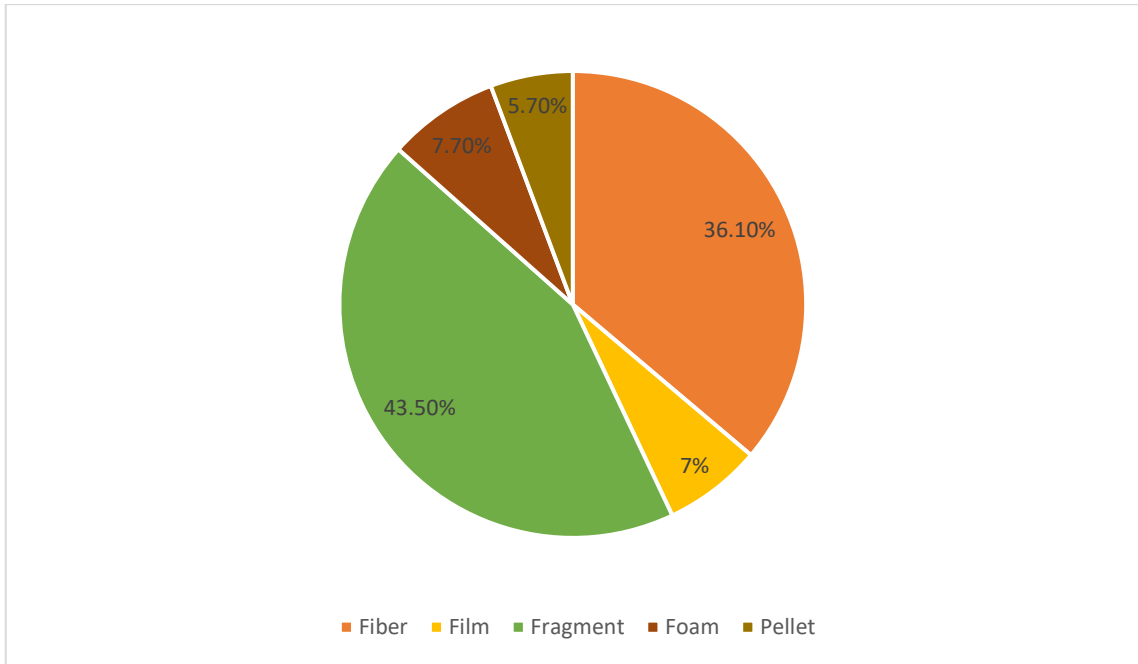
Analizler sonucunda en çok görülen mikroplastik türü fragment oldu. Fragmenti fiberler, filmler, pellet ve foamlar takip etti. Numunelerden sadece bir tanesinde baskın tür film oldu ve bir diğerinde ise fiber ve fragment sayısı eşit çıktı. Şekillerde numunelerde görülen mikroplastik türlerinin oranları her numune için grafiksel olarak gösterilmiştir.



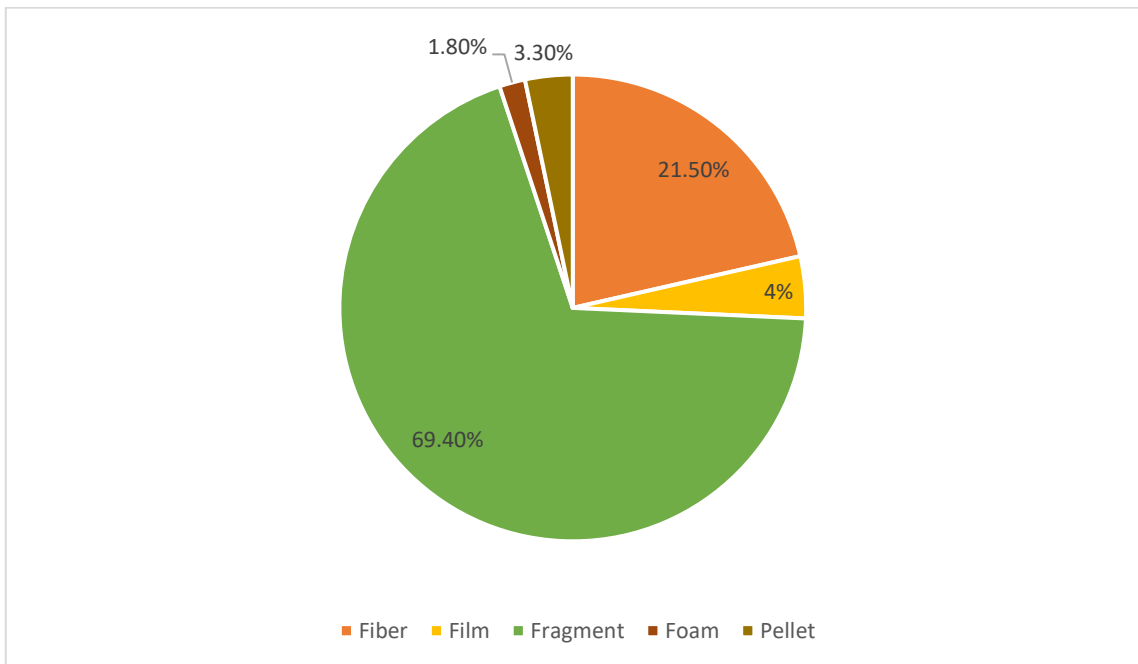
Şekil 4.17: 1. numune için plastik türleri



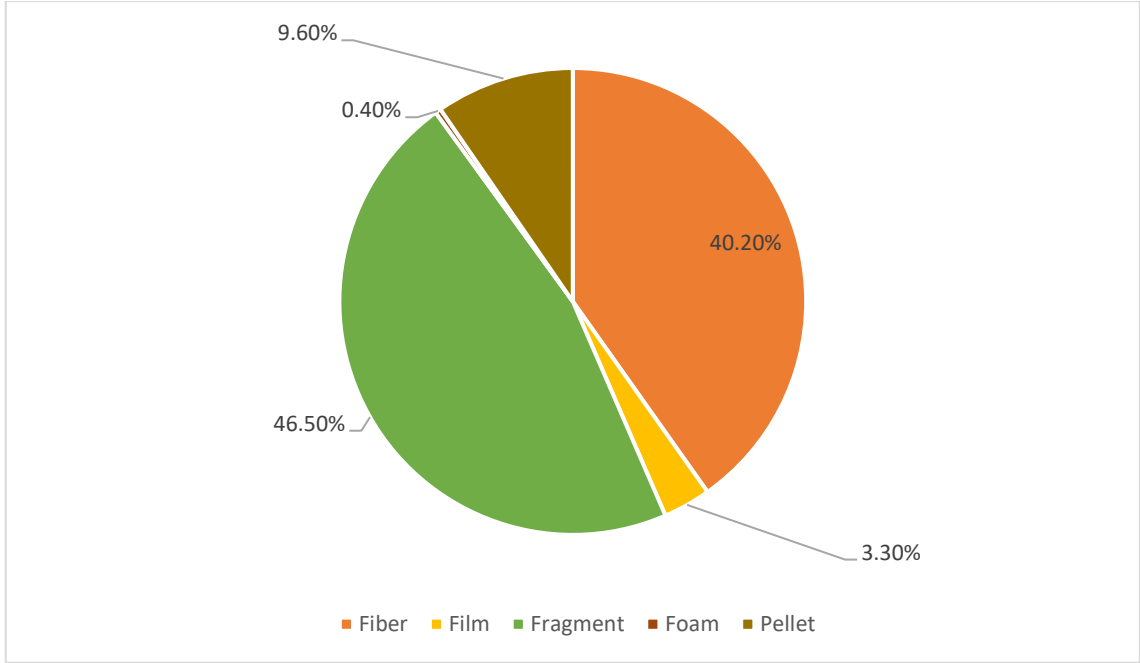
Şekil 4.18: 2. numune için plastik türleri



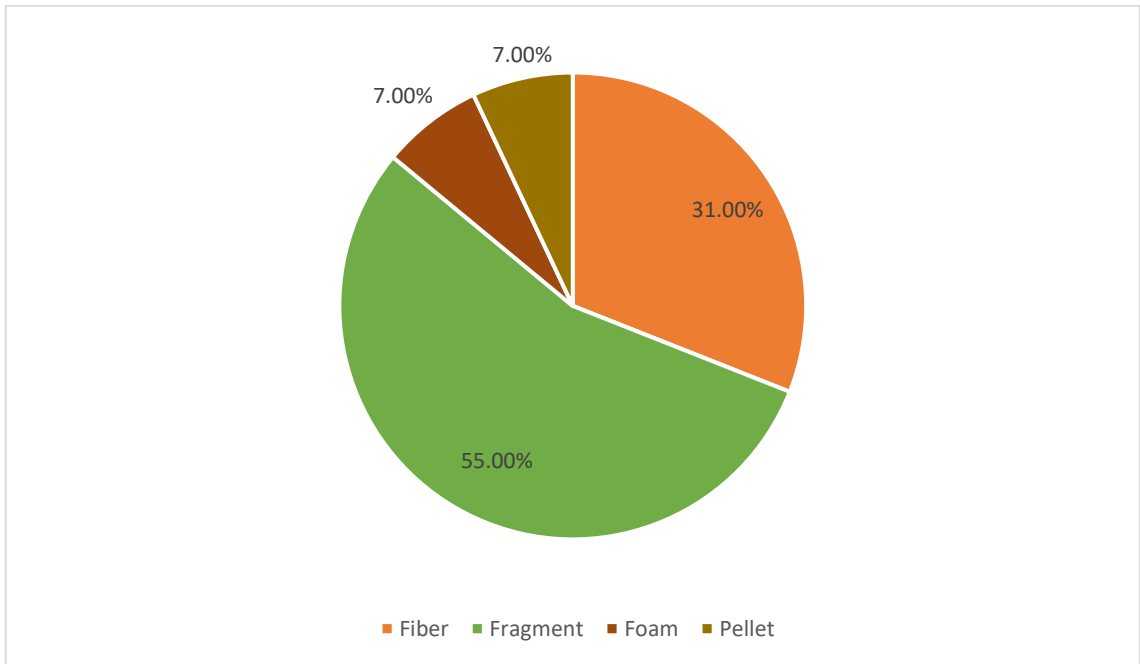
Şekil 4.19: 3. numune için plastik türleri



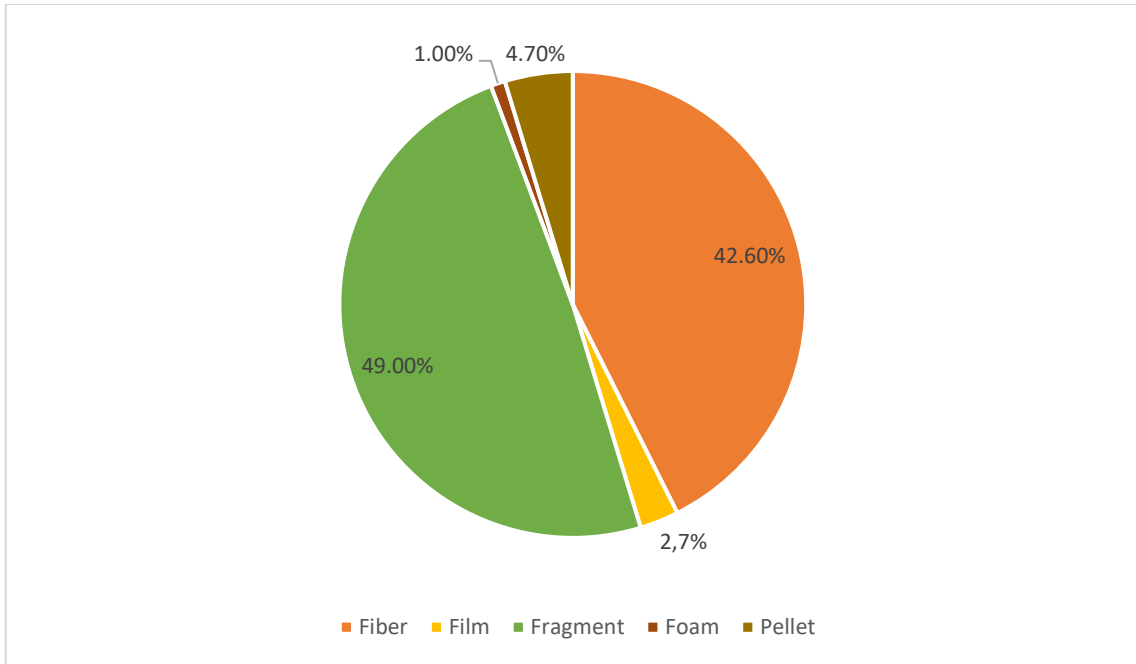
Şekil 4.20: 4. numune için plastik türleri



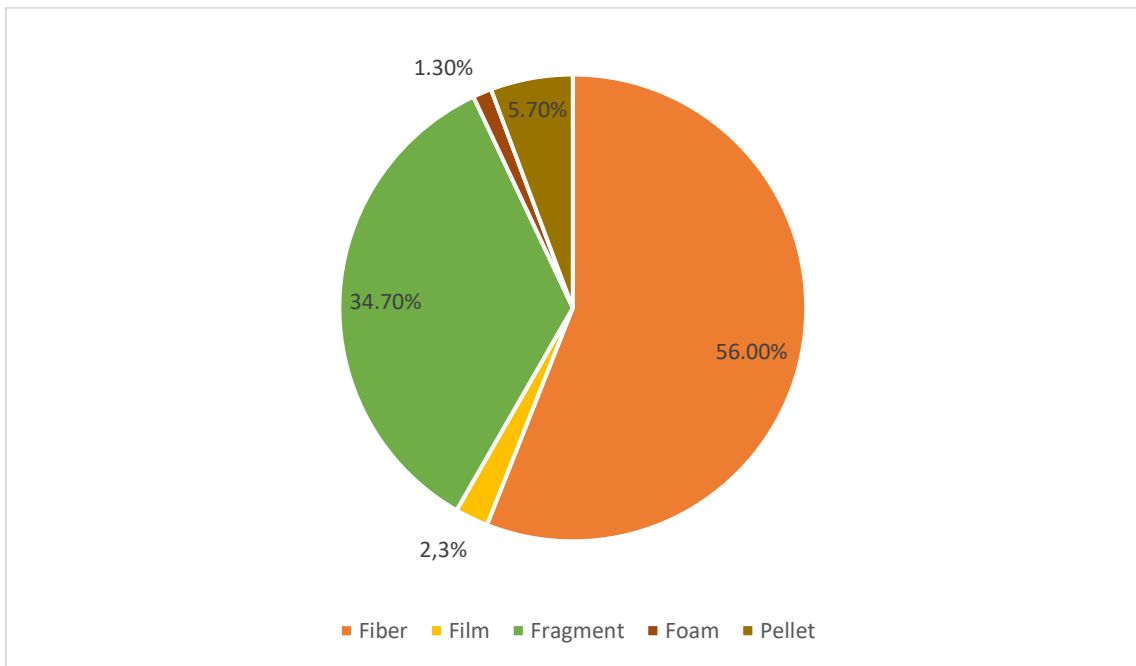
Şekil 4.21: 5. numune için plastik türleri



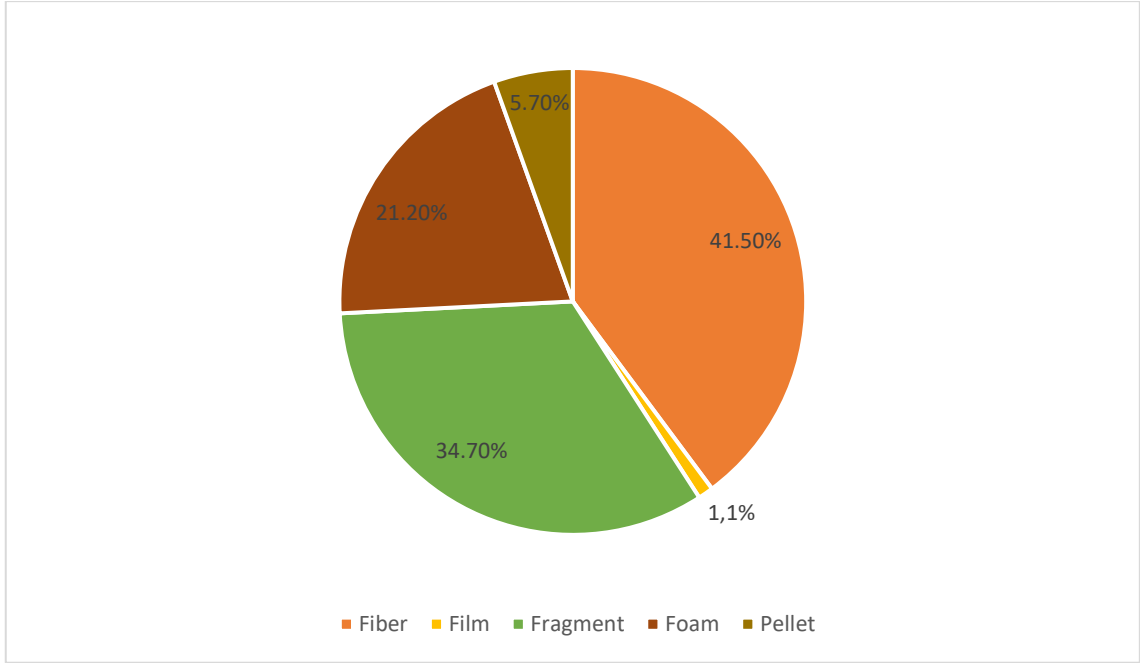
Şekil 4.22: 6. numune için plastik türleri



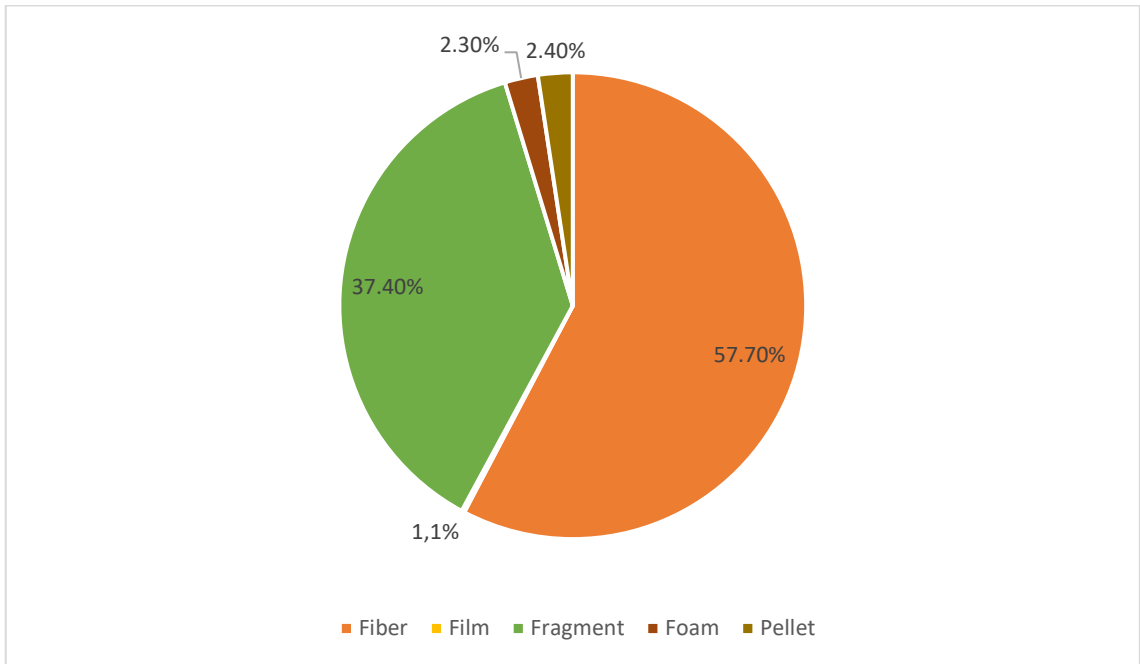
Şekil 4.23: 7. numune için plastik türleri



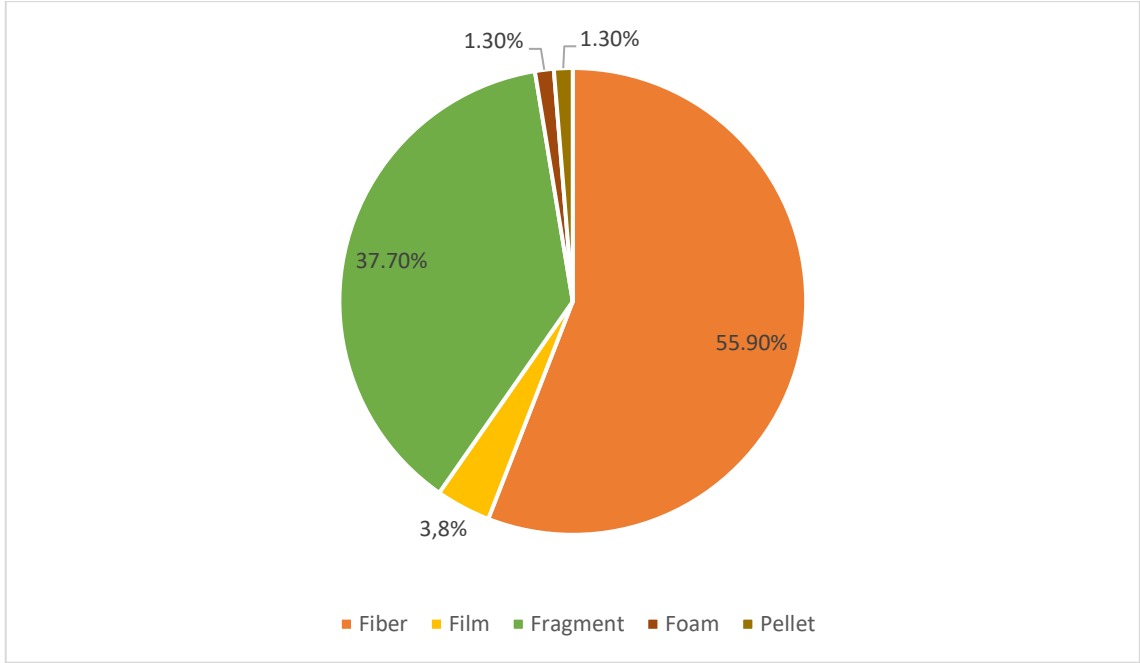
Şekil 4.24: 8. numune için plastik türleri



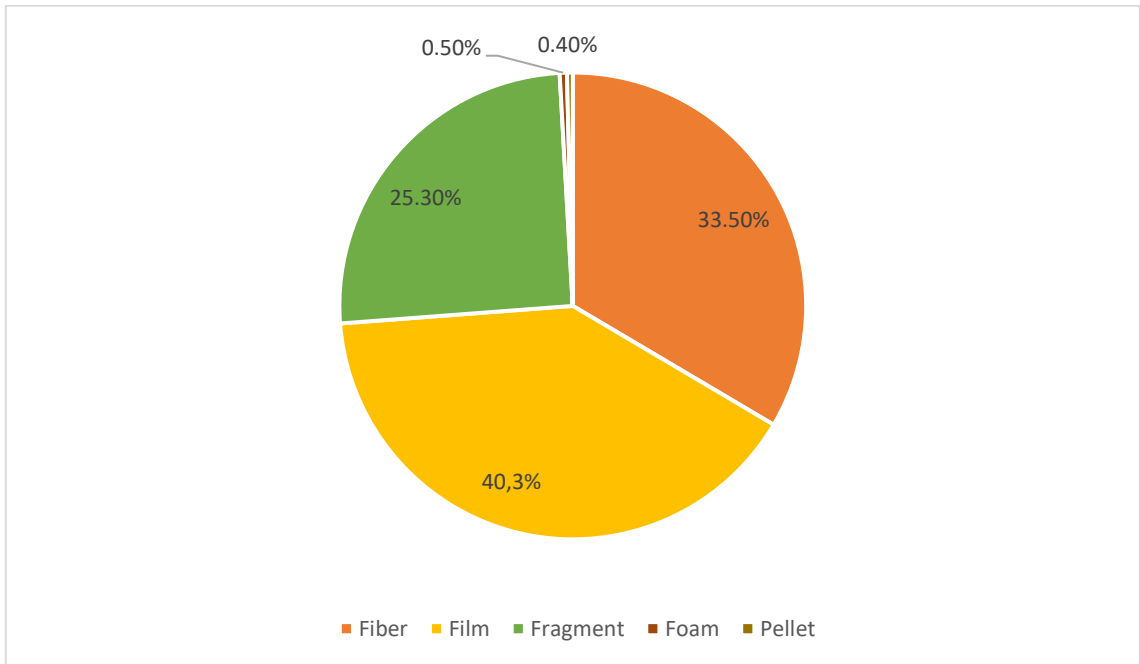
Şekil 4.25: 9. numune için plastik türleri



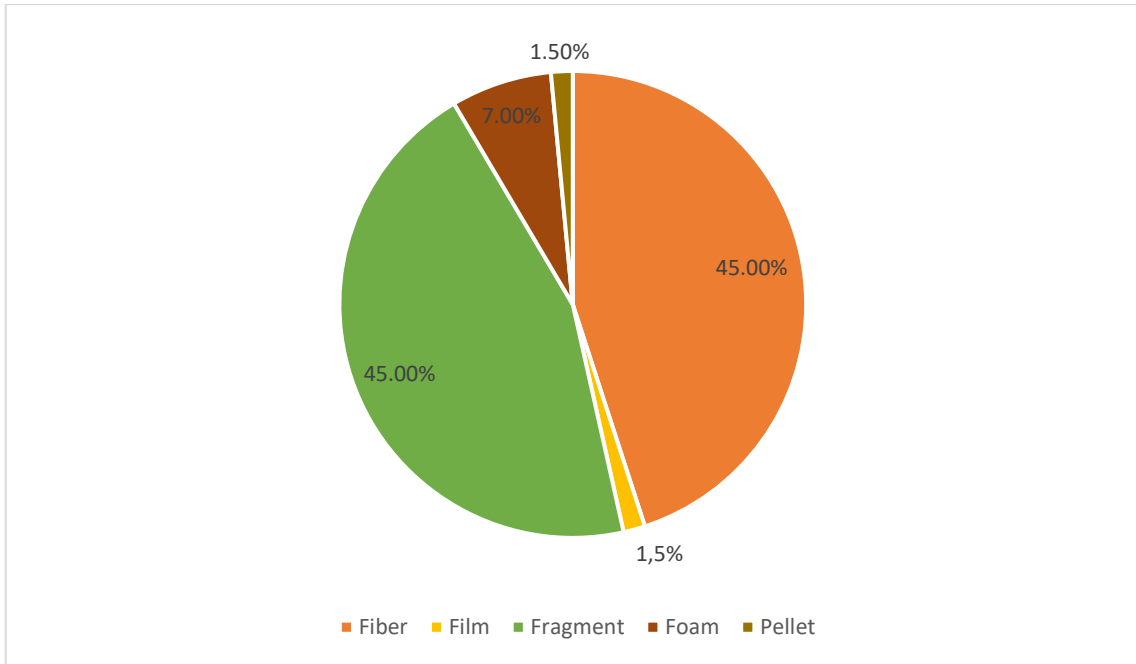
Şekil 4.26: 10. numune için plastik türleri



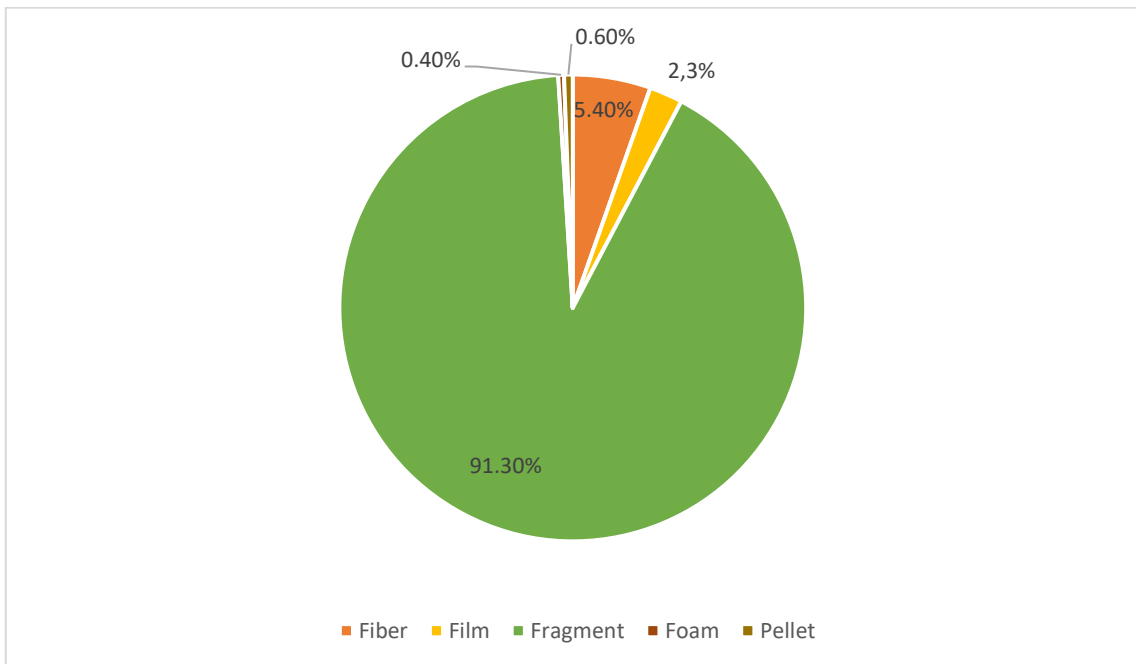
Şekil 4.27: 11. numune için plastik türleri



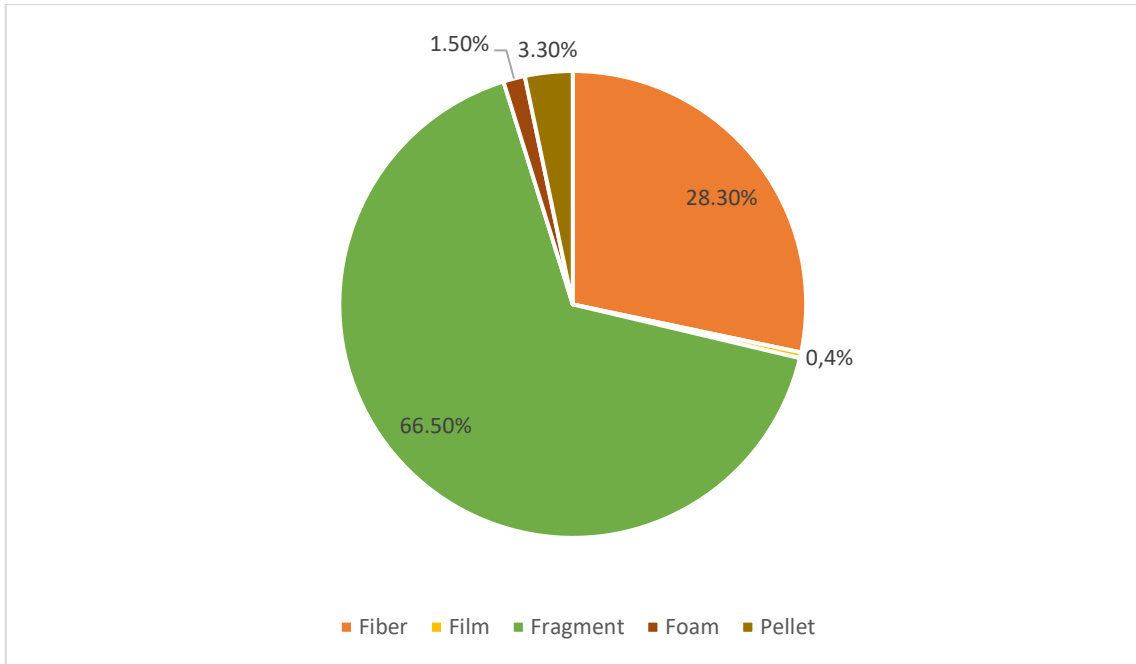
Şekil 4.28: 12. numune için plastik türleri



Şekil 4.29: 13. numune için plastik türleri



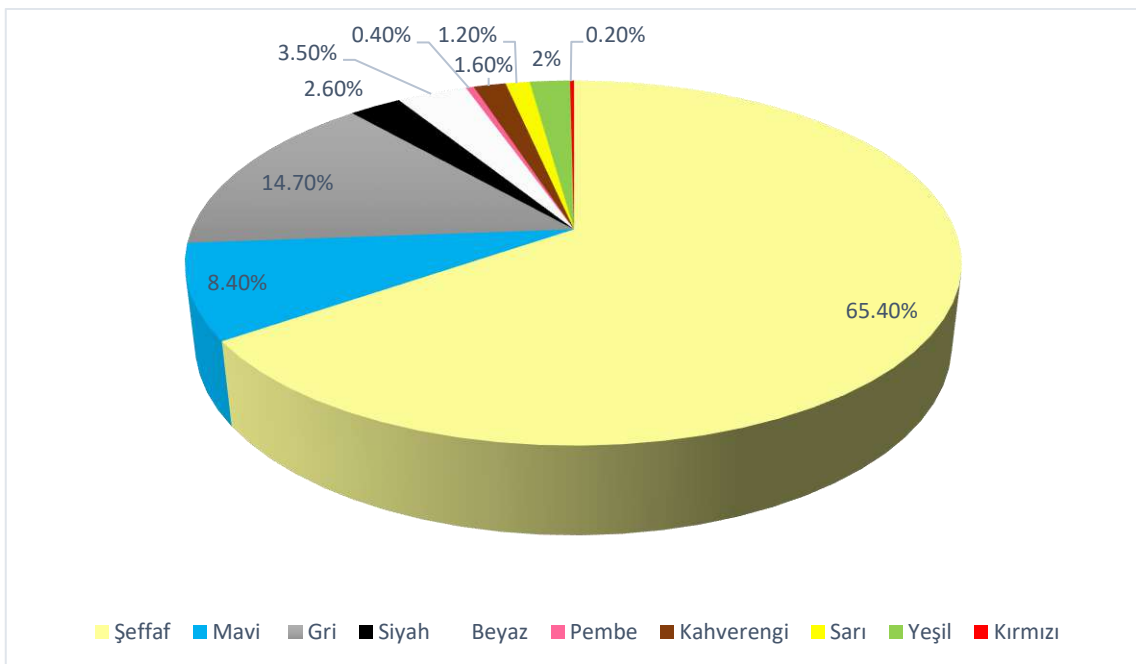
Şekil 4.30: 14. numune için plastik türleri



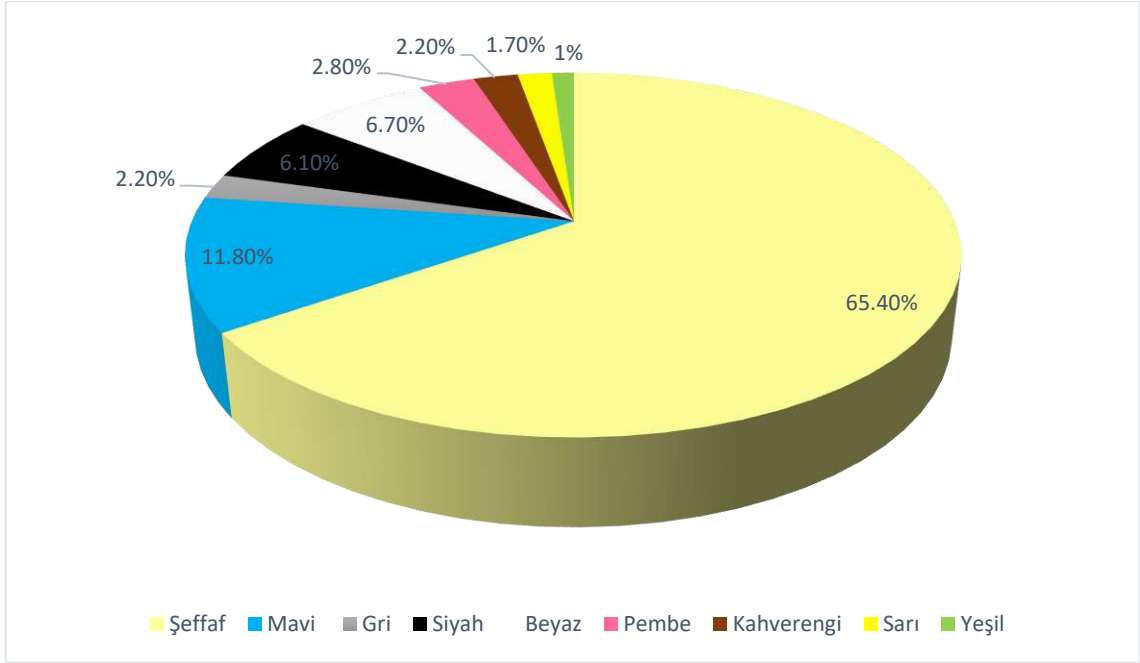
Şekil 4.31: 15. numune için plastik türleri

4.1.3 Mikroplastiklerin Rengi

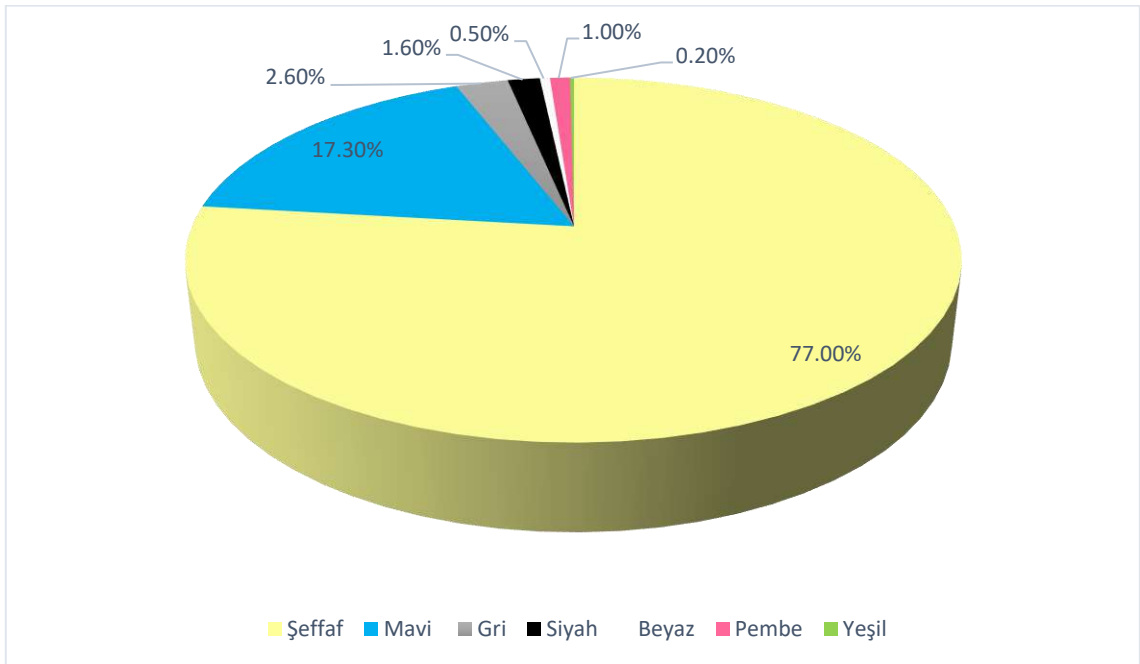
Sayılan mikroplastik türlerinin renkleri incelendiğinde en çok rastlanan renk %85’lik oran ile şeffaf, en az görülen renk ise %0,03 ile mor oldu. Şeffaf ve mordan başka gri, beyaz, siyah, mavi, kahverengi, yeşil, sarı, pembe, kırmızı renkleri görüldü. Sayım yapılan her numunedeki mikroplastiklerin renkleri grafikte gösterilmiştir.



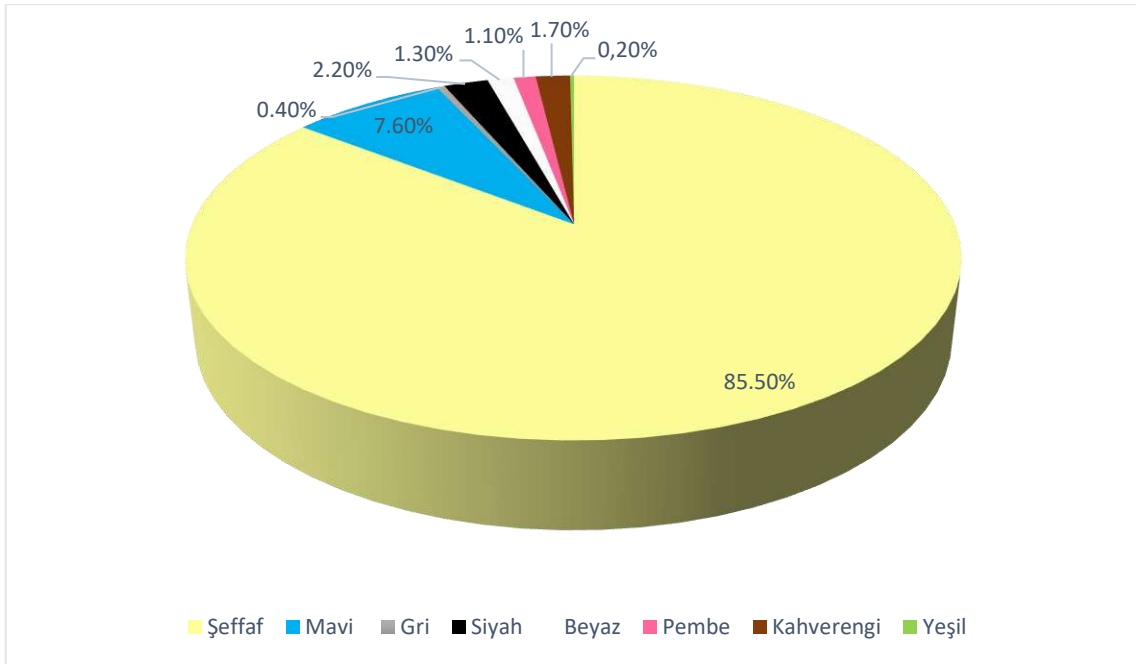
Şekil 4.32: 1. numunedeki mikroplastik renklerinin grafiksel gösterimi



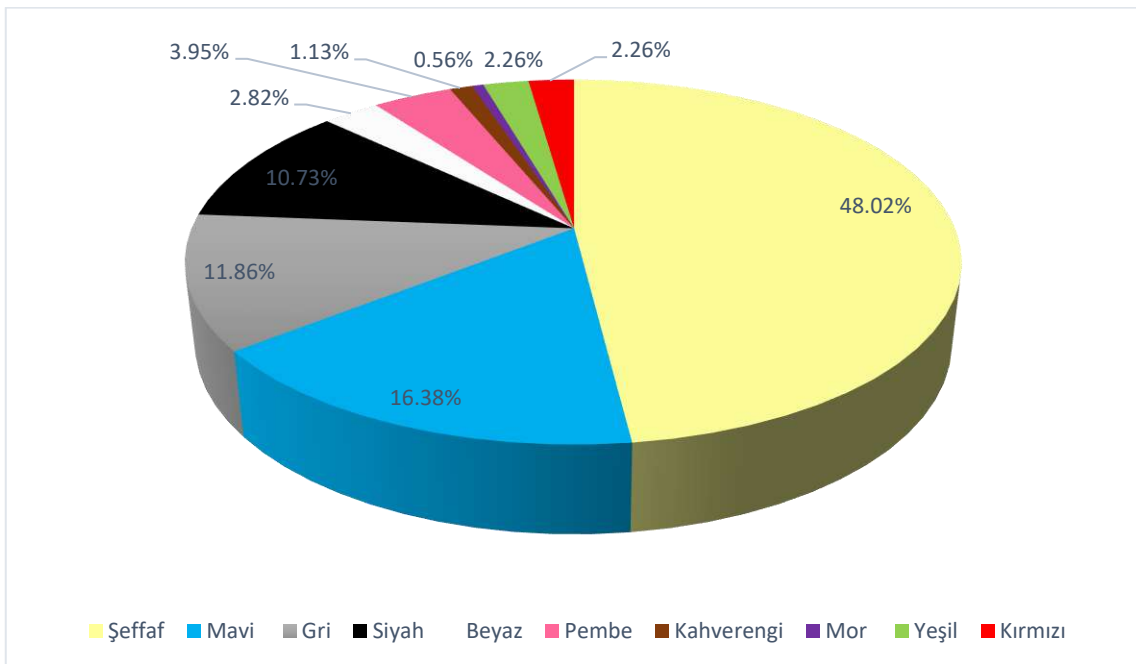
Şekil 4.33: 2. numunedeki mikroplastik renklerinin grafiksel gösterimi



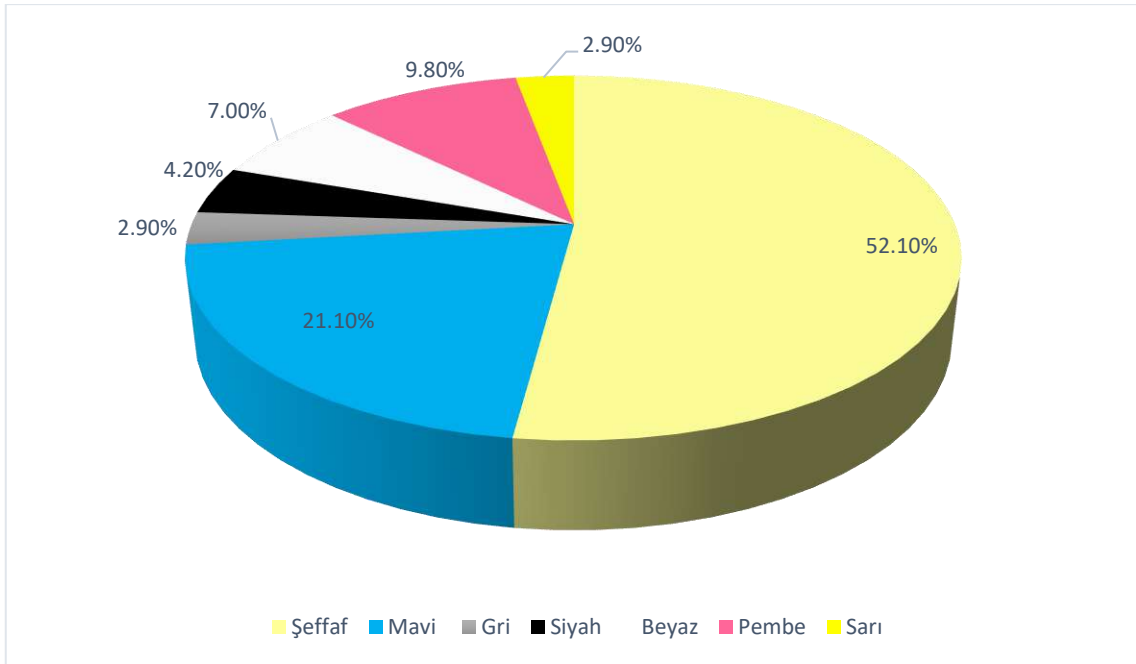
Şekil 4.34: 3. numunedeki mikroplastik renklerinin grafiksel gösterimi



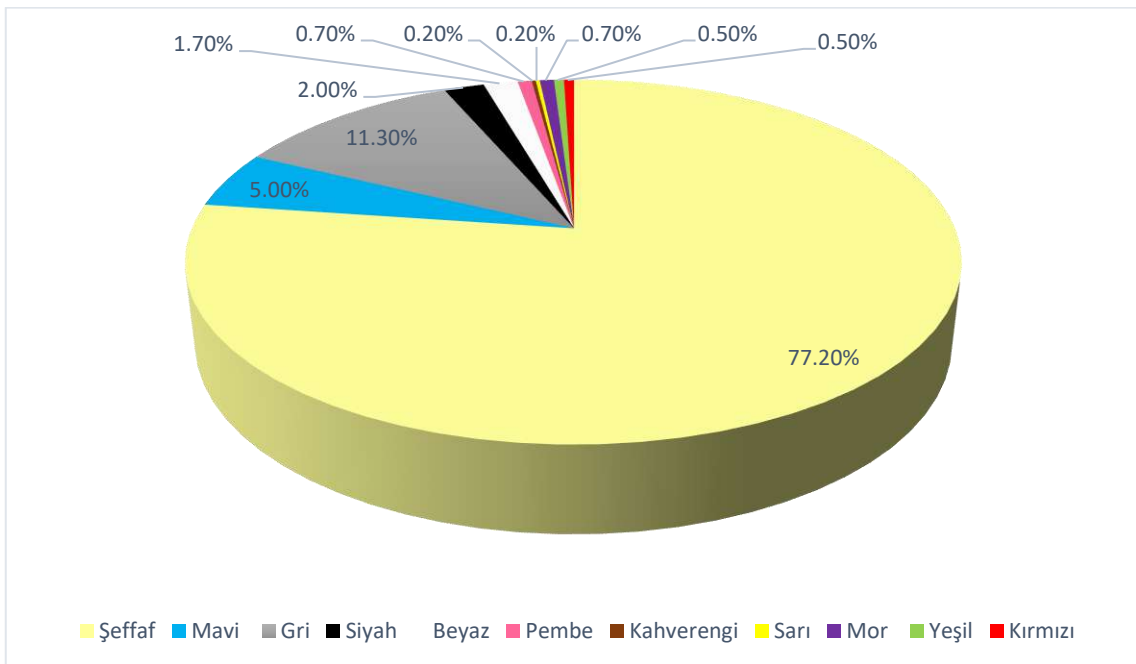
Şekil 4.35: 4. numunedeki mikroplastik renklerinin grafiksel gösterimi



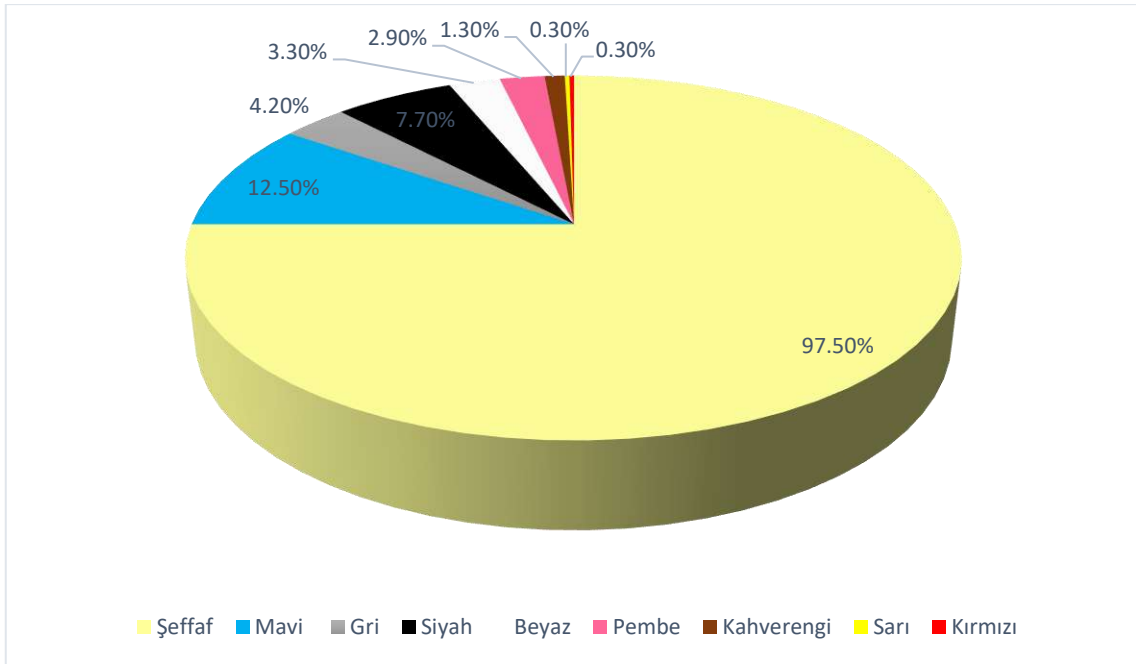
Şekil 4.36: 5. numunedeki mikroplastik renklerinin grafiksel gösterimi



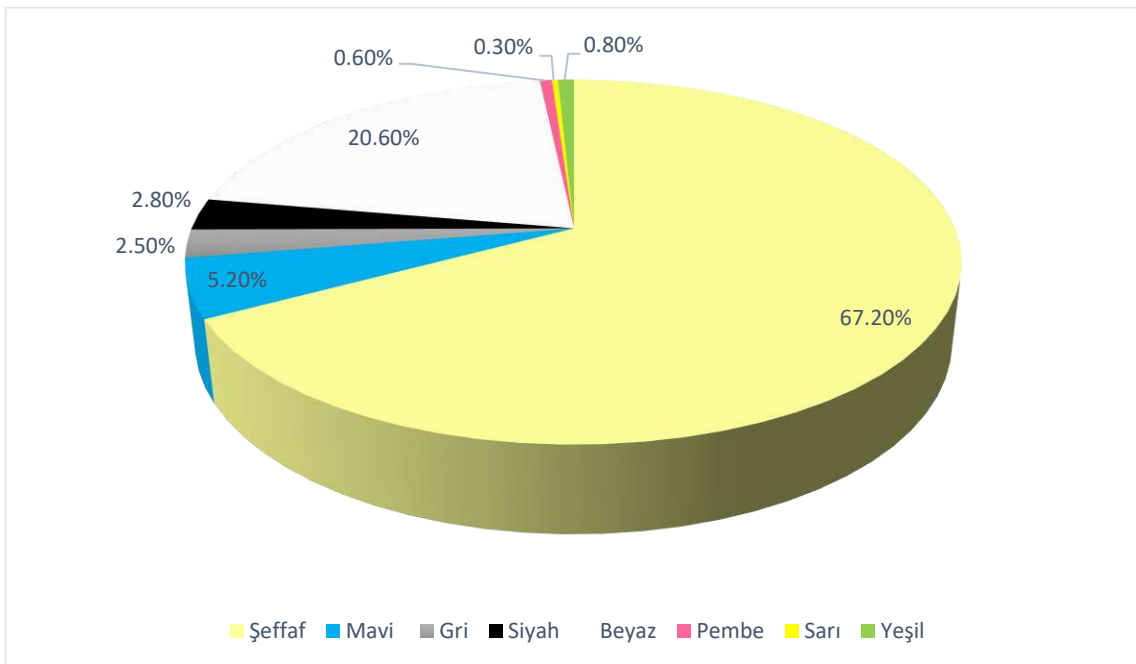
Şekil 4.37: 6. numunedeki mikroplastik renklerinin grafiksel gösterimi



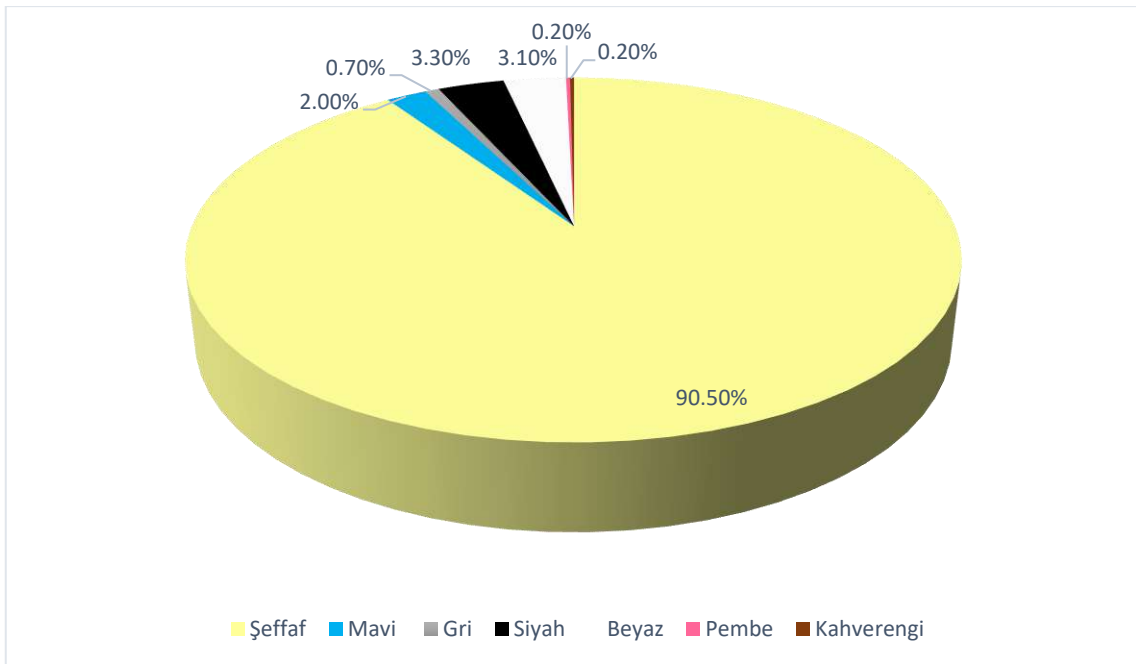
Şekil 4.38: 7. numunedeki mikroplastik renklerinin grafiksel gösterimi



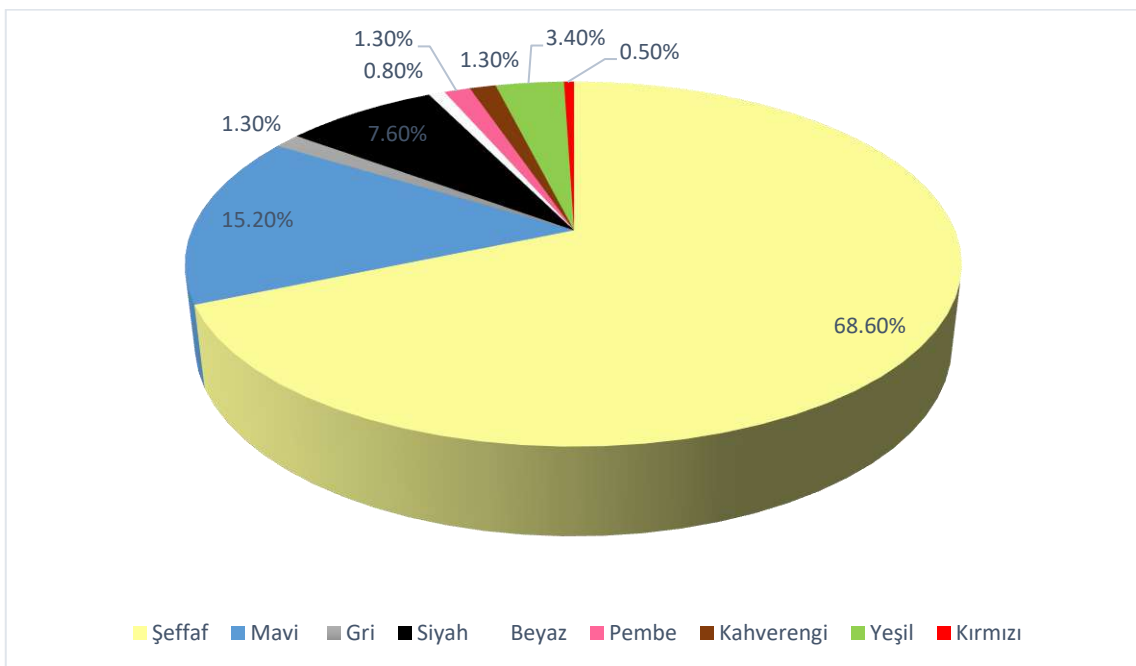
Şekil 4.39: 8. numunedeki mikroplastik renklerinin grafiksel gösterimi



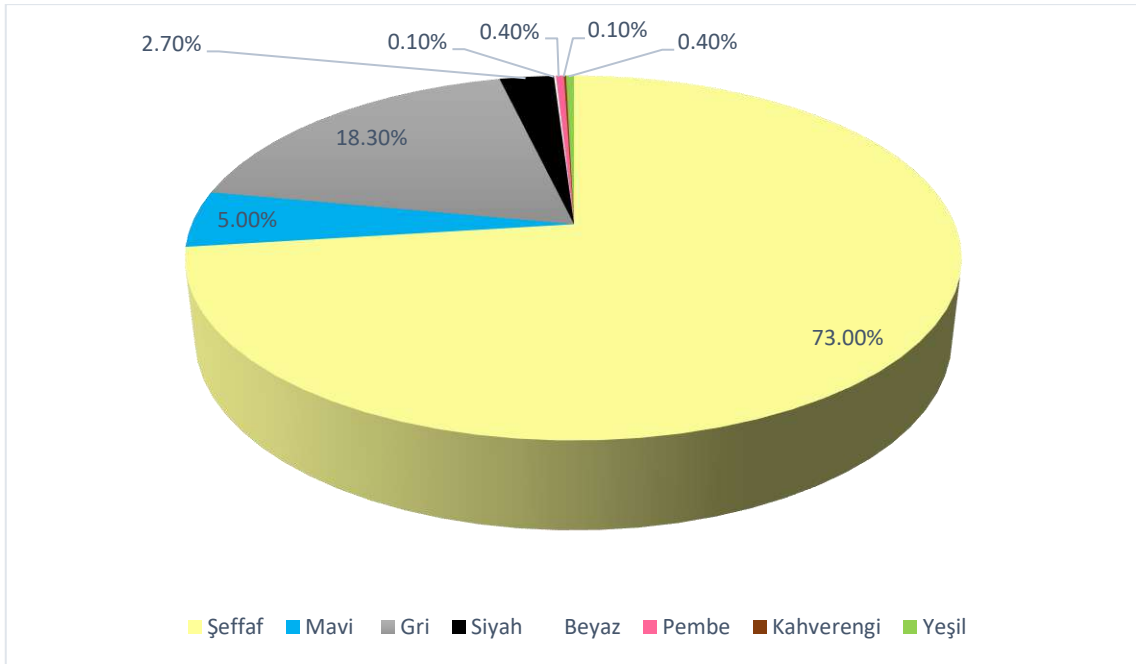
Şekil 4.40: 9. numunedeki mikroplastik renklerinin grafiksel gösterimi



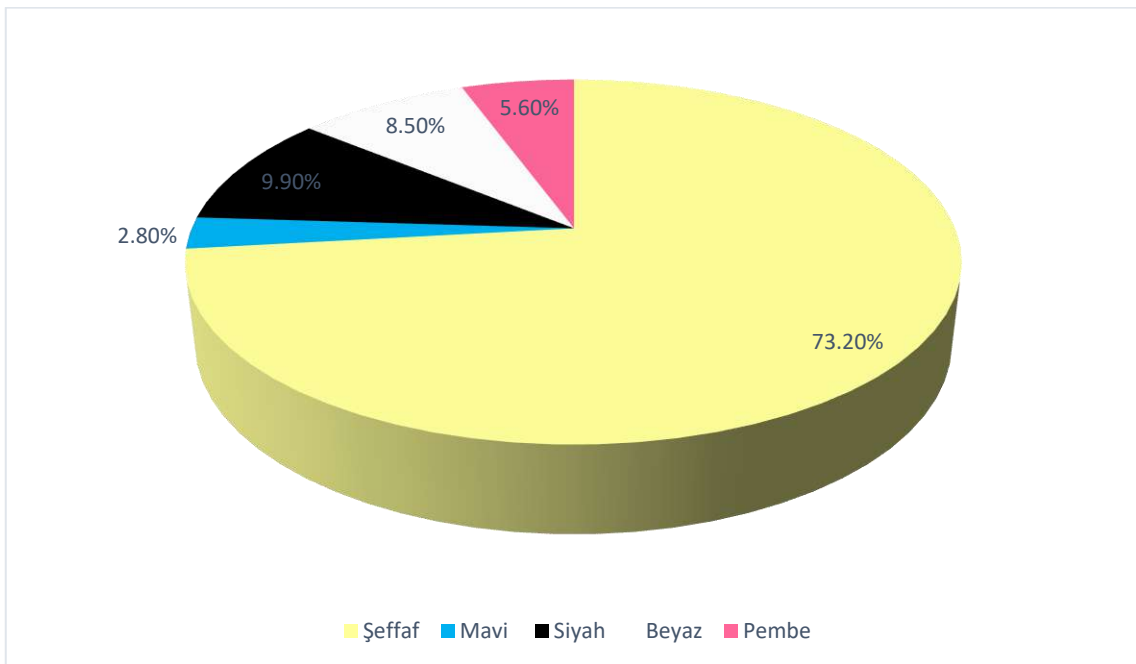
Şekil 4.41: 10. numunedeki mikroplastik renklerinin grafiksel gösterimi



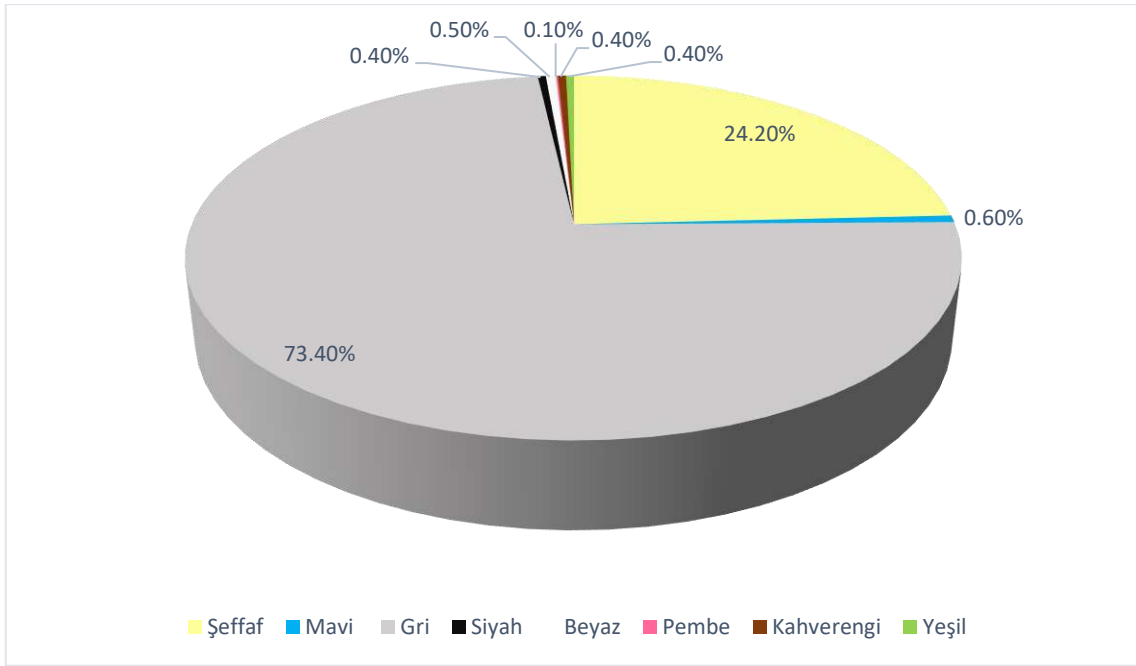
Şekil 4.42: 11. numunedeki mikroplastik renklerinin grafiksel gösterimi



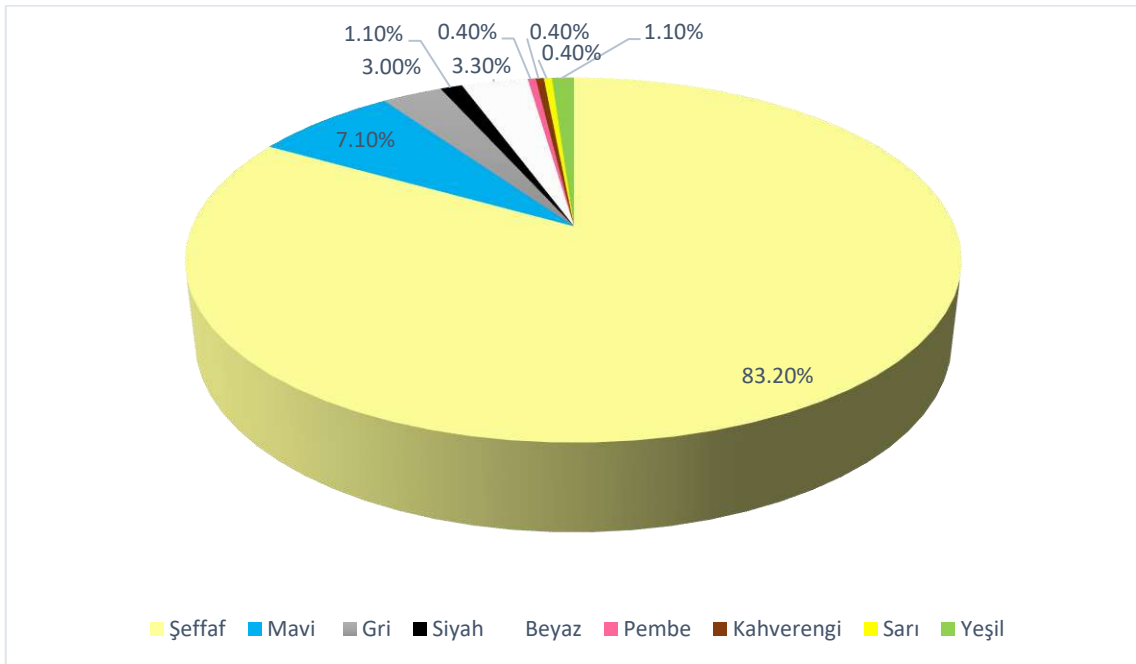
Şekil 4.43: 12. numunedeki mikroplastik renklerinin grafiksel gösterimi



Şekil 4.44: 13. numunedeki mikroplastik renklerinin grafiksel gösterimi



Şekil 4.45: 14. numunedeki mikroplastik renklerinin grafiksel gösterimi



Şekil 4.46: 15. numunedeki mikroplastik renklerinin grafiksel gösterimi

Elde edilen sonuçların literatürde yapılan yüzeysel sularda mikroplastiklerle ilgili araştırmalarla karşılaştırılması için çizelge 4.16'de araştırılan diğer çalışmalar gösterilmiştir.

Çizelge 4.16: Yüzeysel sularda mikroplastiklerle ilgili yapılmış çalışmalar

Örnekleme Alanı	Mikroplastik Miktarı	Türler	Kaynak
Los Angeles ve San Gabriel nehirleri, ABD	13,7 MP/L	Fragment, foam, pellet, film	Moore ve diğ., 2011
Rhone nehri, İsviçre	7 MP/L	Pellet, foam, fragment, fiber, film	Faure ve diğ., 2015
Wuhan nehri, Çin	1660-8925 MP/m ³	Fiber, film, granül, pellet	Wang ve diğ., 2017
Snake nehri, ABD	0-0.0014 MP/L	Fragment, film, fiber	Kapp ve Yeatman, 2018
Rhine nehri, Almanya	0,05-8,3 MP/L	Mikro boncuklar	Mani ve diğ., 2019
Tiber platosu nehirleri	483-967 MP/L	Fiber, fragment, pellet	Jiang ve diğ., 2019
Zhangjiang nehri, Çin	50-725 MP/L	Fiber, film, fragment, foam, pellet	Pan ve diğ., 2020
Meuse ve Dommel nehirleri, Hollanda	67-11,532 MP/m ³	Fiber	Mintening ve diğ., 2020
Kuzey Saskatchewan nehri, Kanada	4,6-88,3 MP/ m ³	Film, fiber, fragment	Bujaczek ve diğ., 2021
Ganga nehri, Hindistan	0-0,125 MP/L	Fiber, fragment	Napper ve diğ., 2021
Konya kapalı havzası, yüzeysel su kaynakları, Türkiye	1,9-24,5 MP/L	Fragment, fiber, film, foam, pellet	Bu çalışma, 2022

Yapılmış çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile yaptığımız çalışmaların sonucu kıyaslandığında verilerimizin literatürle uyumlu olduğu görüldü. Mikroplastik varlığının havza genelinde birbirine yakın değerlerde bulunduğu ve en yüksek değer 24,5 MP/L ile Ecemiş Kaynağı'nda çıktığı gözlemlendi. Ecemiş Kaynağı'nda görülen en baskın tür fragment olarak belirlendi. Fragmentler ikincil mikroplastikler sınıfına girmekte olup büyük plastiklerin çevresel etkilere maruz kalarak daha küçük parçalara ayrılmasından kaynaklanmaktadır (Ta ve Babel, 2019). İkincil mikroplastiklerin kaynakları genellikle evsel kaynaklı atıksular ve yıkama suları olarak söylenebilir. Numune alınan noktaların yakınında faaliyet gösteren sanayi kuruluşları olmadığı için mikroplastiklerin kaynağı olarak evsel kaynaklı atıksular veya yıkama suları söylenebilir. Atıksularda yapılan çalışmalarda arıtma tesislerinin çıkış sularında bile mikroplastiklere rastlanılmıştır. Gies ve diğ. (2018) yaptıkları çalışmada Kanada'da bulunan büyük bir atıksu arıtma tesisinde mikroplastik giderimini araştırmak için çalışmalar yapmışlar ve sonuç olarak yıllık olarak AAT'ye giren mikroplastik miktarını $1,76 \pm 0,31$ trilyon MP olarak bulmuşlardır. Giren mikroplastiklerin bir kısmı arıtma çamurlarına giderken çıkış suyunda bulunan miktar $0,03 \pm 0,01$ trilyon MP olarak hesaplanmıştır. Bu durum tam giderim yapılamayan mikroplastiklerin tesisten çıkışı sonrası yüzeysel sulara deşarjının mikroplastik kirliliğine sebep olacağını düşündürmektedir.

Sonuç olarak yüzeysel sularda mikroplastik varlığına birçok nedenin etkili olduğu, Konya havzasındaki inceleme yapılan yüzeysel sularda ise mikroplastik

bolluğunun en önemli nedeninin evsel kaynaklı suların yüzeysel sulara karışan plastikler olduğu söylenebilir.

4.2 Mikroplastiklere İlintili Pestisitlerin Analizi Sonuçları

Mikroplastiklere ilintili pestisitlerin analizi için yapılan çalışmaların sonucunda 15 nokta için OCP sonuçları Çizelge 4.17'de verilmiştir. Verilen konsantrasyonlar incelendiğinde en yüksek Σ OCP konsantrasyonu 10. örnekleme noktası (ÖN) olan Isparta Yenişarbademli'de ki Yenişarbademli Deresi'nde görüldü. En düşük Σ OCP konsantrasyonu ise Konya Seydişehir'de bulunan Suğla membasında görüldü. Numunelerde görülen en yüksek OCP konsantrasyonu Yenişarbademli Deresi'nde görülen 40817 ng/g ile β -HCH oldu.

Örnekleme noktalarından alınan numunelerde analiz edilen OPP konsantrasyonları Çizelge 4.18'da verilmiştir. Görülen en yüksek Σ OPP konsantrasyonu 76526 ng/g ile Aksaray Merkezde bulunan Ağzıkarahan Deresi'dir. En düşük Σ OPP konsantrasyonu ise 143 ng/g ile Aksaray Güzelyurt Ilısu Nehri oldu. Görülen en yüksek OPP konsantrasyonu ise Ağzıkarahan Deresi'nde görülen malathiondur.

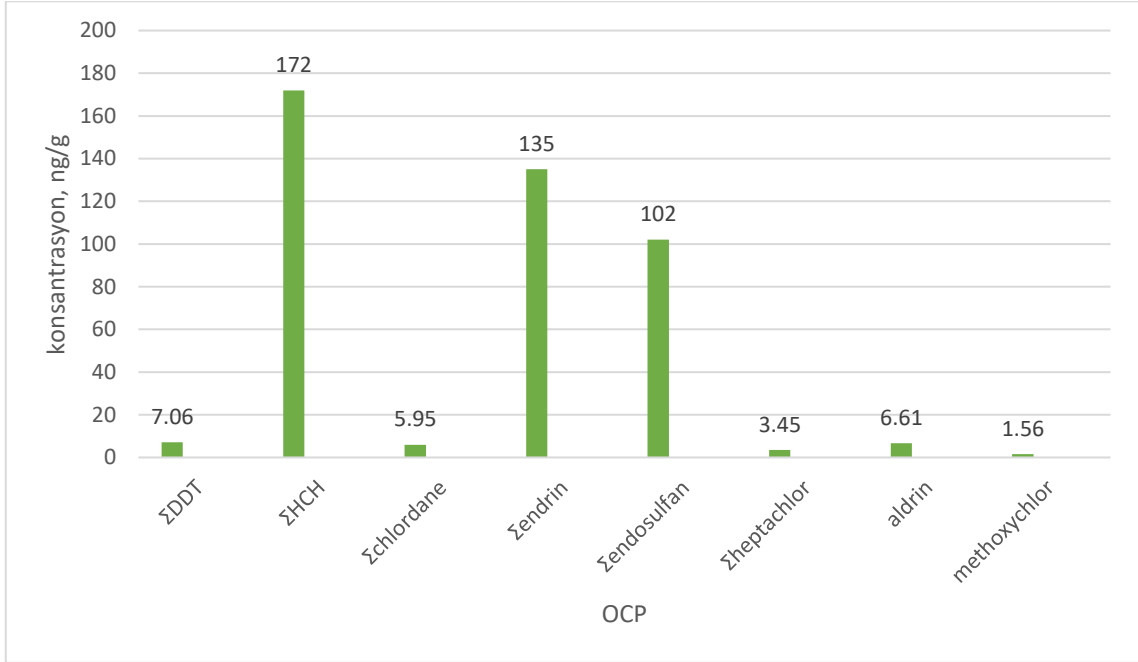
Çizelge 4.17: Mikroplastiklere ilintili OCP'lerin konsantrasyonu (ng/g)

OCP	Konsantrasyon (ng/g)														
	ÖN1	ÖN2	ÖN3	ÖN4	ÖN5	ÖN6	ÖN7	ÖN8	ÖN9	ÖN10	ÖN11	ÖN12	ÖN13	ÖN14	ÖN15
α -HCH	70,1	38,7	353	71,3	67,6	1054	203	1081	1192	21339	6387	1097	536,4	298	3447
β -HCH	9,16	7,85	107	4,34	67,0	1532	380	1878	2336	40817	14758	2670	1861	365	4569
γ -HCH	53,5	1,56	386	55,6	74,1	1299	224	1340	1269	27234	9334	1561	869	245	2965
δ -HCH	39,7	11,1	242	39,9	50,3	151	52,6	108	358	5581	1091	171	184	6209	413
Heptachlor	1,33	3,55	20,8	8,12	6,93	3,82	8,83	3,69	67,9	356	483	72,4	1,62	6,40	29,8
Aldrin	6,61	0,63	60,1	0,82	7,62	113	10,5	155	81,6	1912	841	132	57,6	27,6	115
Heptachlor epoxide	2,12	0,16	0,97	0,81	0,23	12,4	1,85	0,98	0,92	22,7	537	0,59	1,49	0,16	0,77
Chlordane II	3,55	0,52	4,76	3,46	1,10	14,9	6,33	6,12	3,27	44,1	1174	23,1	2,75	0,28	1,94
Endosulfan I	10,5	0,84	82,2	5,94	6,78	43,1	8,05	24,9	594	5744	2412	165	188,1	22,5	90,7
Chlordane I	2,40	2,18	12,0	1,34	0,11	10,9	4,69	2,89	2,25	5,50	1142	66,6	1,69	0,27	2,81
p,p-DDE+dieldrin	2,47	1,15	1,83	1,04	0,25	30,2	7,80	15,0	14,0	190	835	35,1	1,18	2,99	13,8
Endrin	7,63	4,38	28,4	4,88	10,2	22,3	5,90	22,4	28,1	400	246	52,6	40,8	5,88	74,9
Endosulfan II	72,7	20,3	549	30,0	64,5	274	93,1	367	590	6985	5839	540	64,3	1,70	100
p,p-DDD	4,04	0,57	6,20	2,80	1,66	20,0	6,50	15,4	6,74	134	3491	104	25,1	4,56	9,24
Endrin aldehyde	123	6,21	48,1	9,12	47,7	71,5	18,2	126	247	5091	4362	207	11,2	1,50	13,6
Endosulfan sulfate	19,0	7,02	18,8	3,31	1,10	3,27	2,80	9,30	181	601	16521	75,3	17,2	0,78	31,1
p,p-DDT	0,55	0,38	11,8	0,72	0,23	28,7	9,09	44,1	39,7	129	8576	166	3,62	1,31	7,28
Endrin ketone	4,88	7,15	30,6	6,21	3,41	28,9	3,39	20,3	127	265	5551	149	10,9	1,47	13,4
Methoxychlor	1,56	0,38	33,43	0,78	0,65	10,2	1,43	6,25	259	563	23443	194	10,1	8,75	5,40
Toplam OCP	435	115	2000	251	412	4727	1050	5231	7403	117420	107031	7486	3889	7205	11909

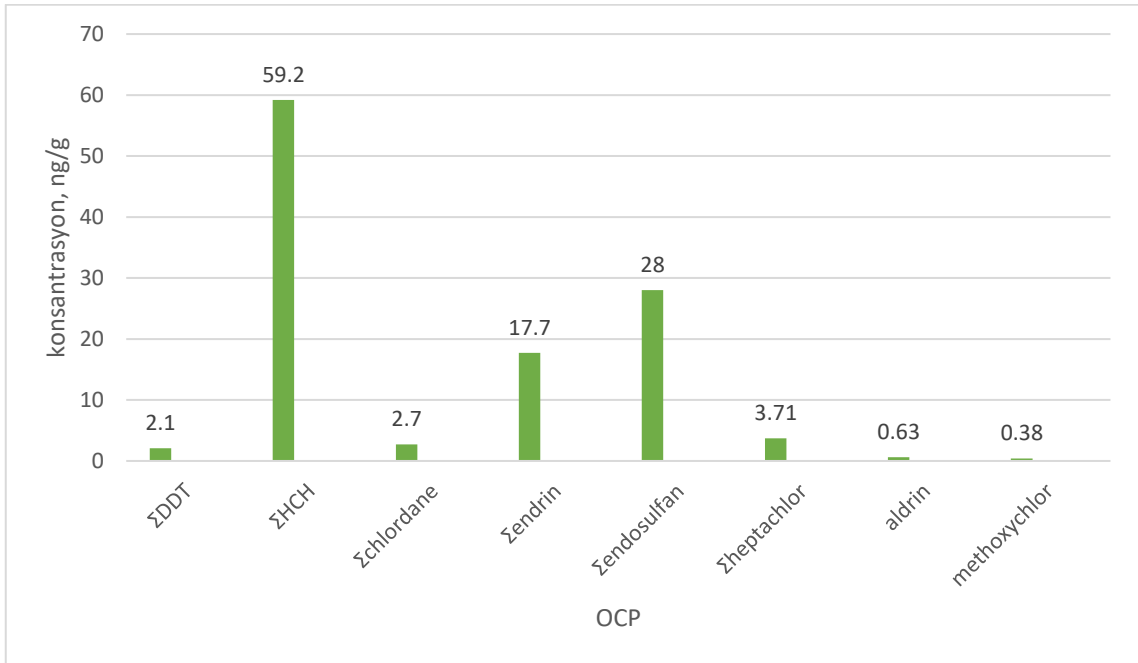
Çizelge 4.18: Mikroplastiklere ilintili OPP'lerin konsantrasyonu (ng/g)

OPP	Konsantrasyon (ng/g)														
	ÖN1	ÖN2	ÖN3	ÖN4	ÖN5	ÖN6	ÖN7	ÖN8	ÖN9	ÖN10	ÖN11	ÖN12	ÖN13	ÖN14	ÖN15
Diazinon	66,8	6,27	224	27,0	24,4	381	42,5	206	78,6	490	180	97,2	141	137	171
Disulfoton	7,04	1,94	21,1	3,52	3,53	16,9	4,27	29,5	1,41	37,7	9,49	2,73	13,8	4,56	45,1
Methyl parathion	43,8	9,70	385	24,9	38,7	148	24,7	173	10,6	154	49,9	8,83	99	19,5	190
Malathion	12775	5347	75790	74,8	88,8	298	28,7	676	87,1	250	138	22,3	868	72,1	414
Ethyl parathion	6,87	2,29	35,3	1,85	3,65	23,6	0,53	27,3	1,14	18,7	2,89	0,87	15,4	1,51	17,9
Ethion	29,9	18,6	69,1	11,1	24,8	237	47,6	282	2,03	304	78,0	13,9	14,4	13,5	123
Toplam OPP	12930	5386	76526	143	184	1106	149	1396	181	1256	460	146	1153	249	964

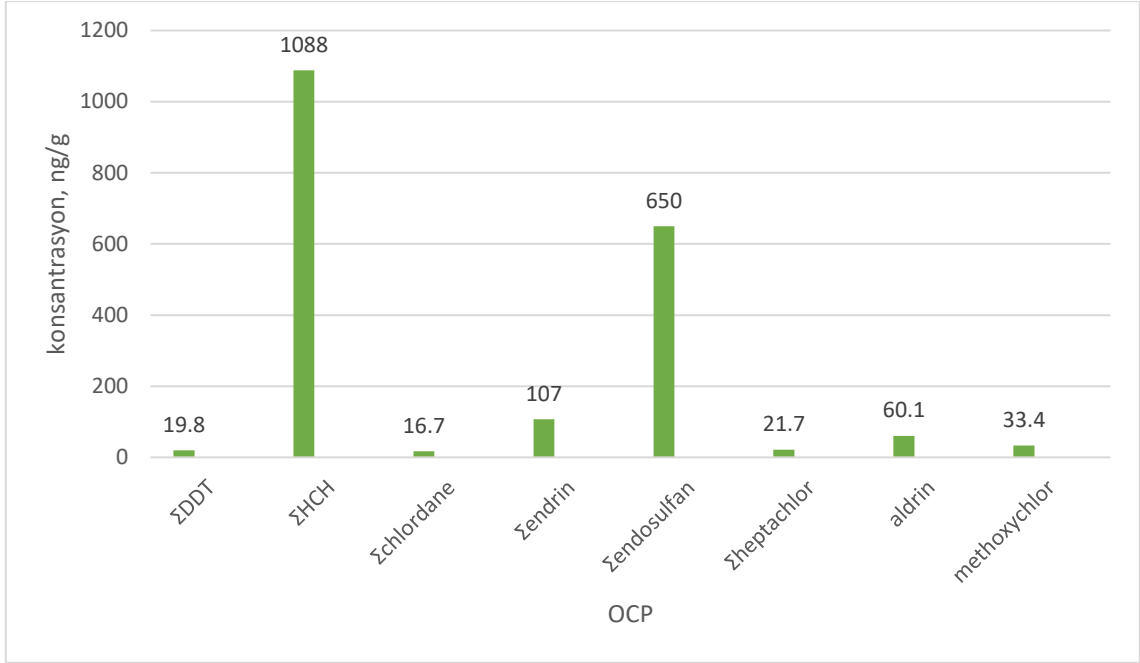
Numunelerde görülen OCP'ler kendi aralarında gruplandırılarak toplam konsantrasyonlar elde edilmiş ve grafiklerde gösterilmiştir. Grafiklere göre her noktada en yüksek çıkan OCP grubu HCH ve izomerleri oldu. En düşük OCP olan methoxychlor ise Konya Seydişehir Suğla membada 0,38 ng/g olarak görüldü.



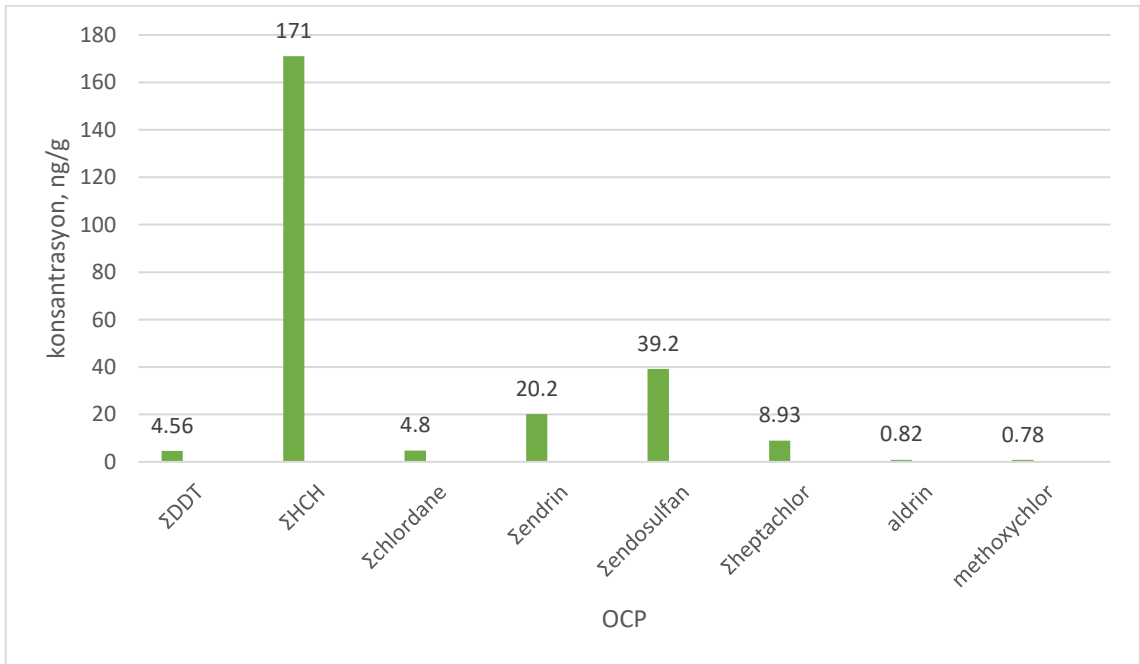
Şekil 4.47: 1 numaralı noktada görülen OCP'lerin toplam konsantrasyonları



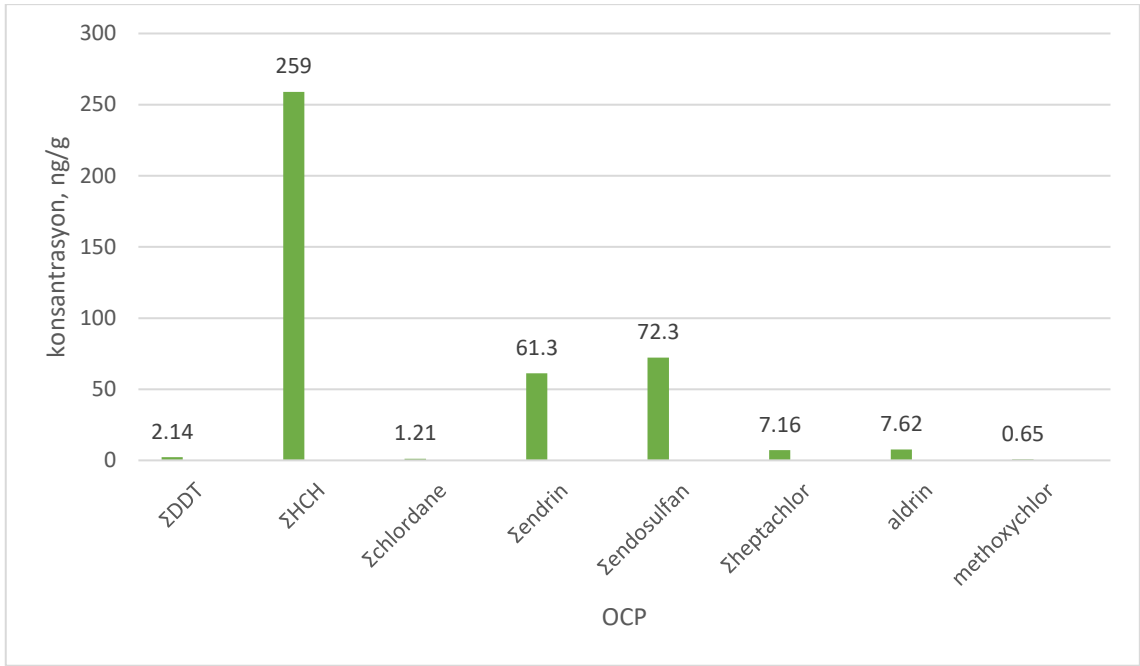
Şekil 4.48: 2 numaralı noktada görülen OCP'lerin toplam konsantrasyonları



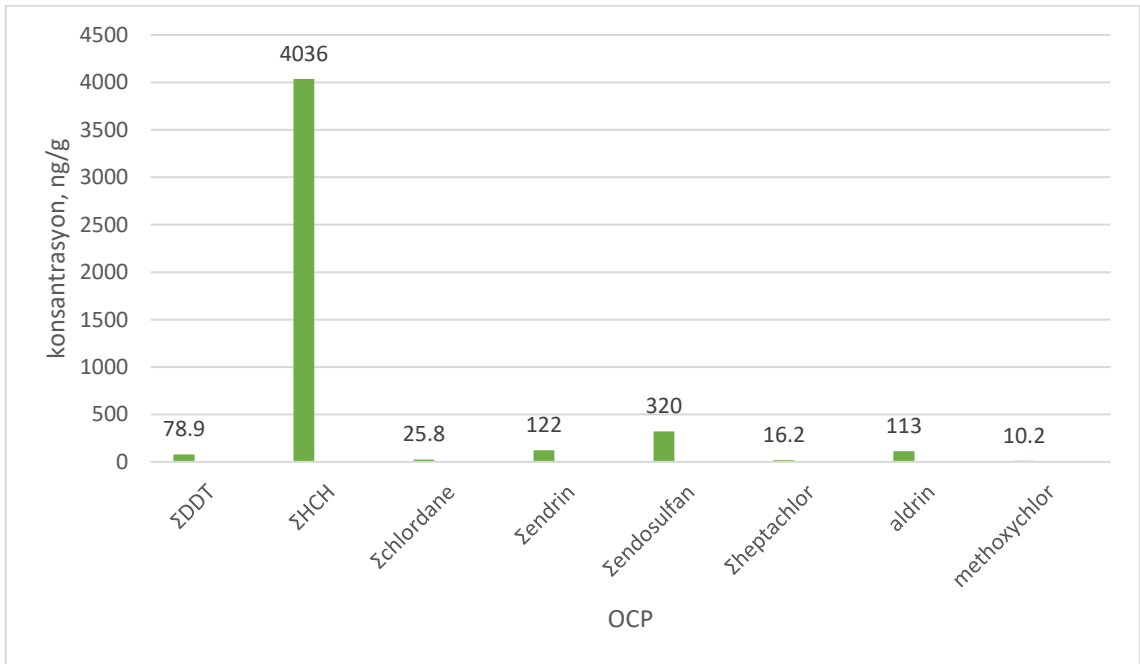
Şekil 4.49: 3 numaralı noktada görülen OCP'lerin toplam konsantrasyonları



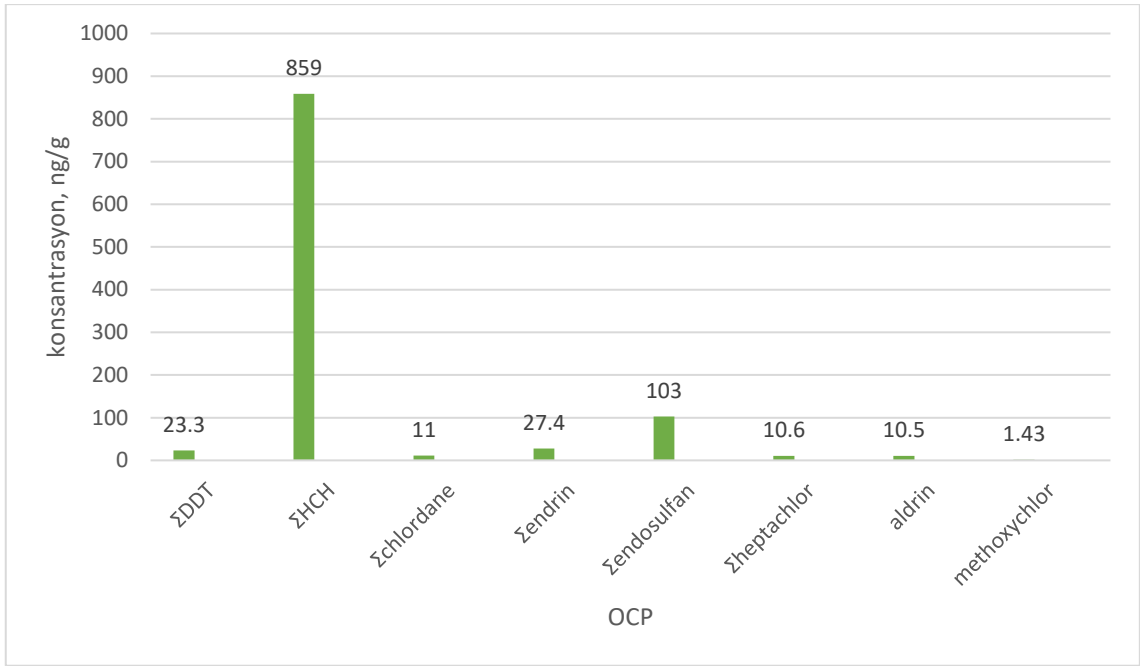
Şekil 4.50: 4 numaralı noktada görülen OCP'lerin toplam konsantrasyonları



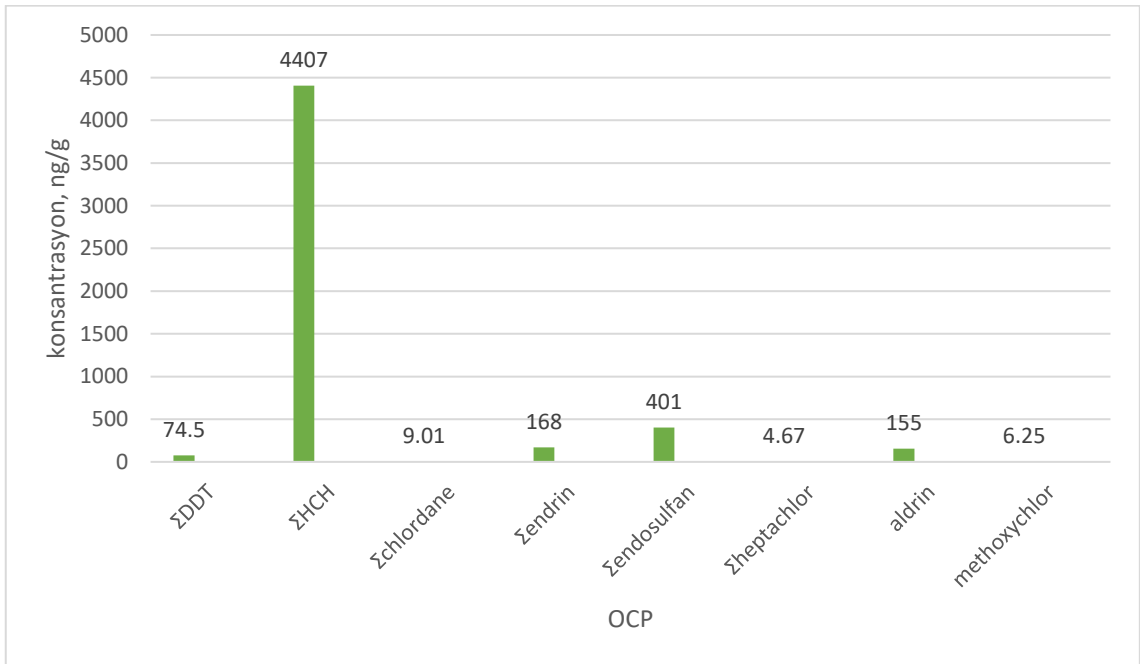
Şekil 4.51: 5 numaralı noktada görülen OCP'lerin toplam konsantrasyonları



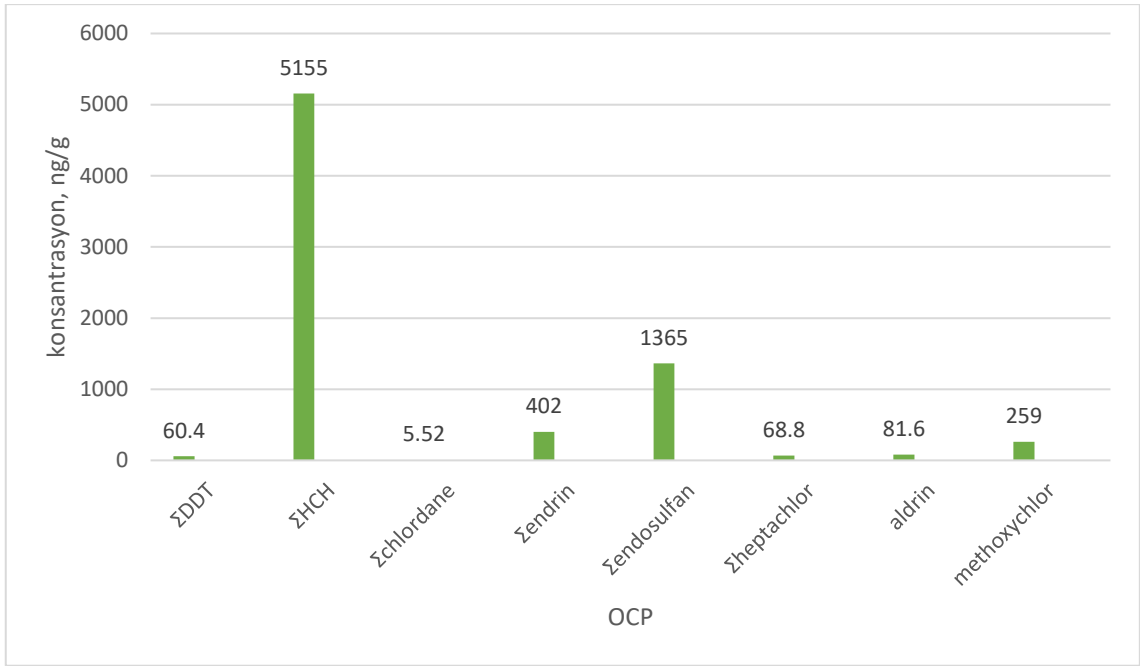
Şekil 4.52: 6 numaralı noktada görülen OCP'lerin toplam konsantrasyonları



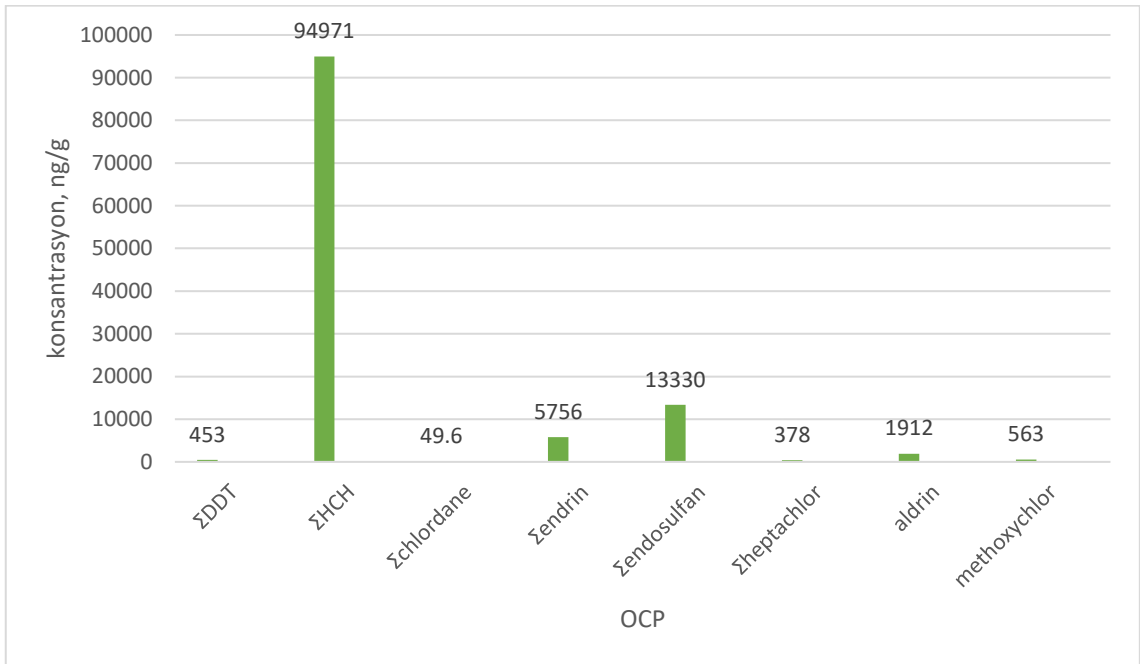
Şekil 4.53: 7 numaralı noktada görülen OCP'lerin toplam konsantrasyonları



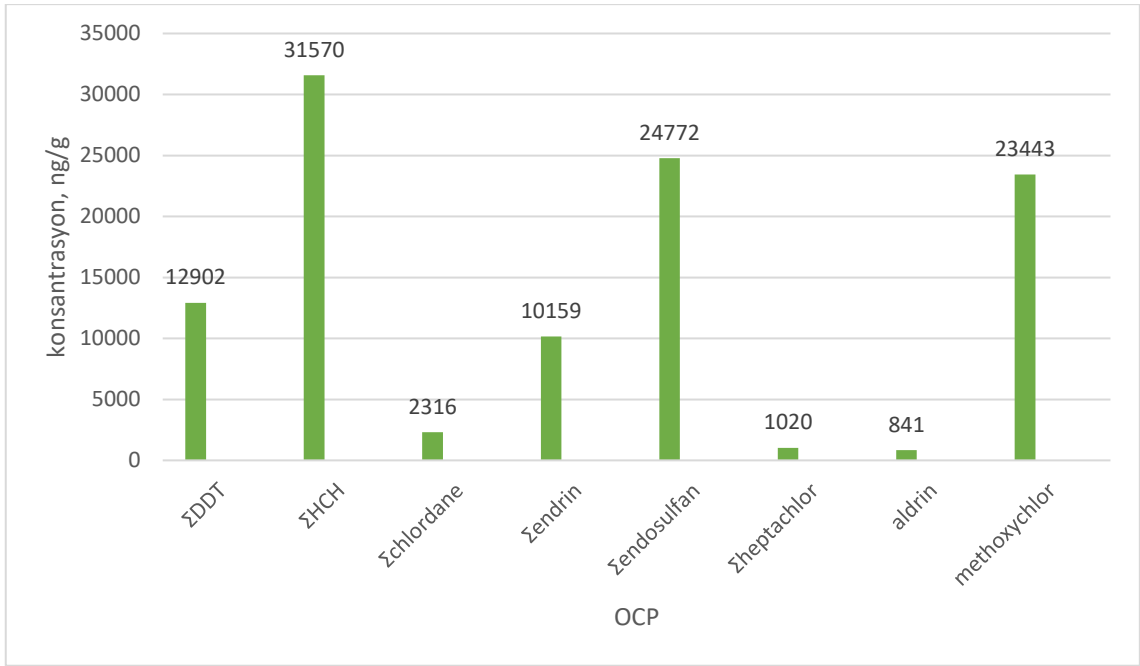
Şekil 4.54: 8 numaralı noktada görülen OCP'lerin toplam konsantrasyonları



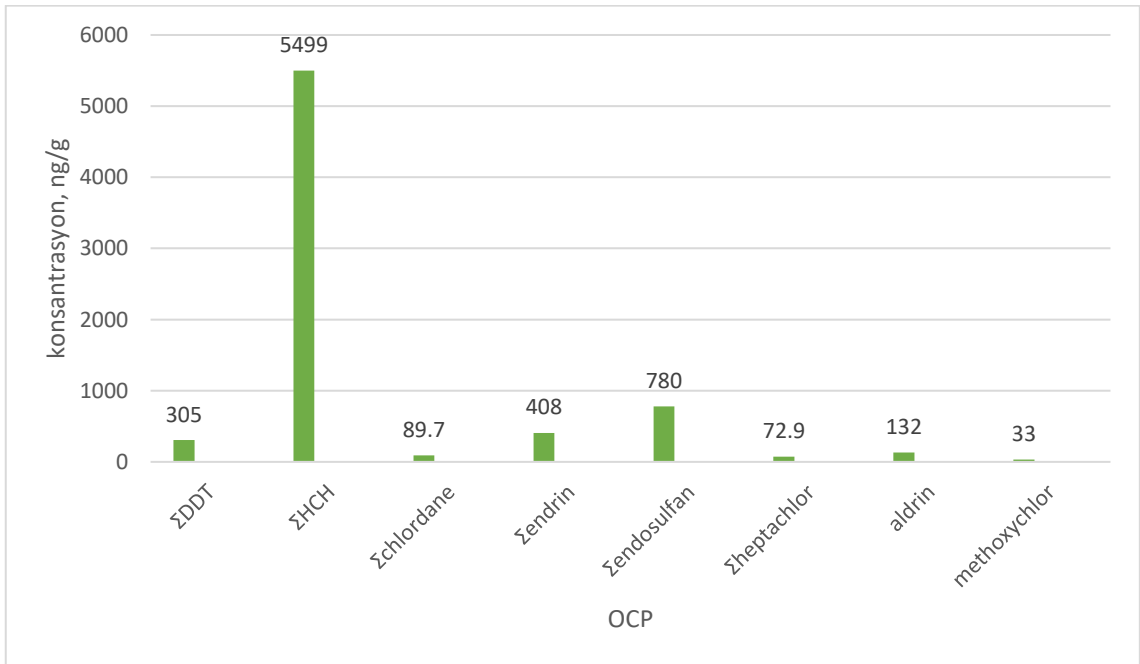
Şekil 4.55: 9 numaralı noktada görülen OCP'lerin toplam konsantrasyonları



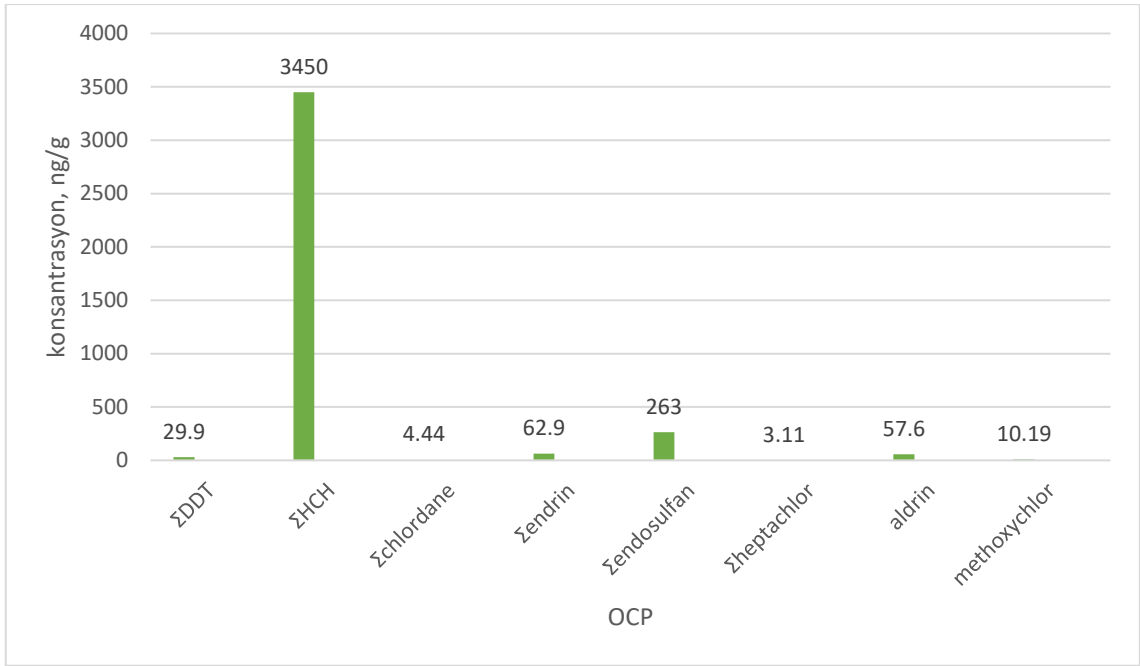
Şekil 4.56: 10 numaralı noktada görülen OCP'lerin toplam konsantrasyonları



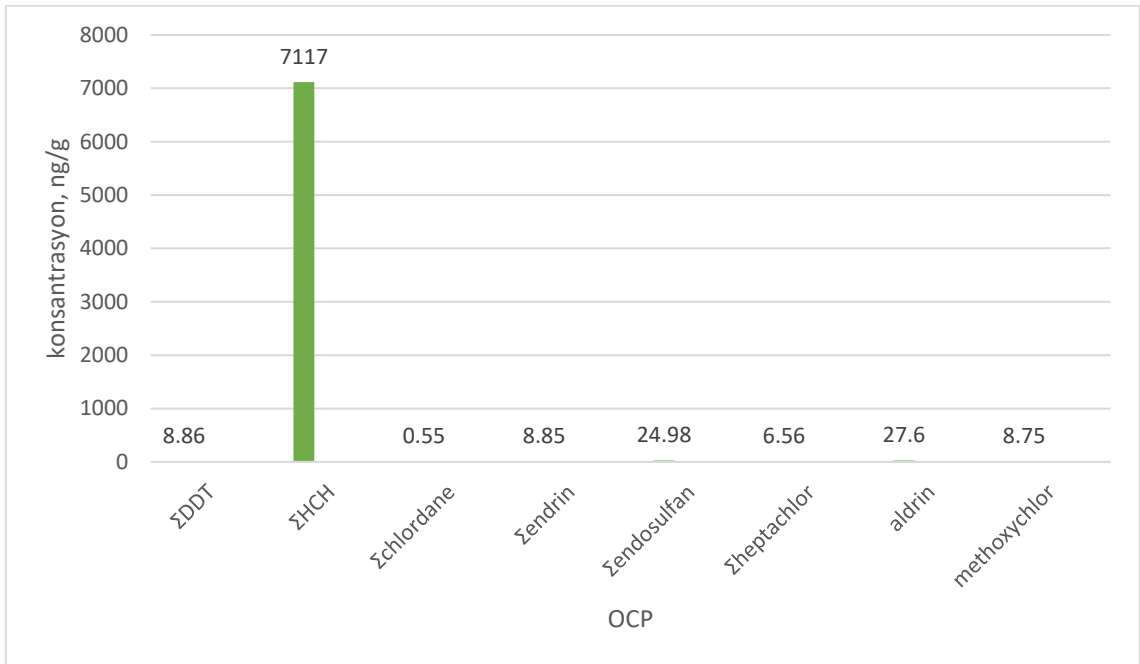
Şekil 4.57: 11 numaralı noktada görülen OCP'lerin toplam konsantrasyonları



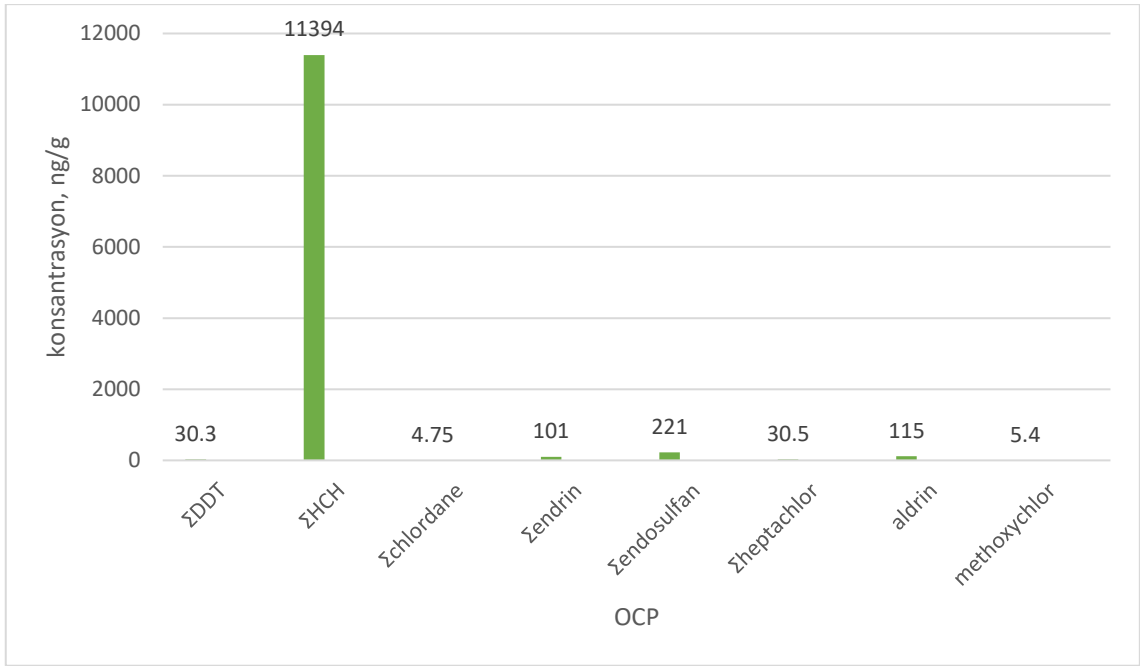
Şekil 4.58: 12 numaralı noktada görülen OCP'lerin toplam konsantrasyonları



Şekil 4.59: 13 numaralı noktada görülen OCP'lerin toplam konsantrasyonları

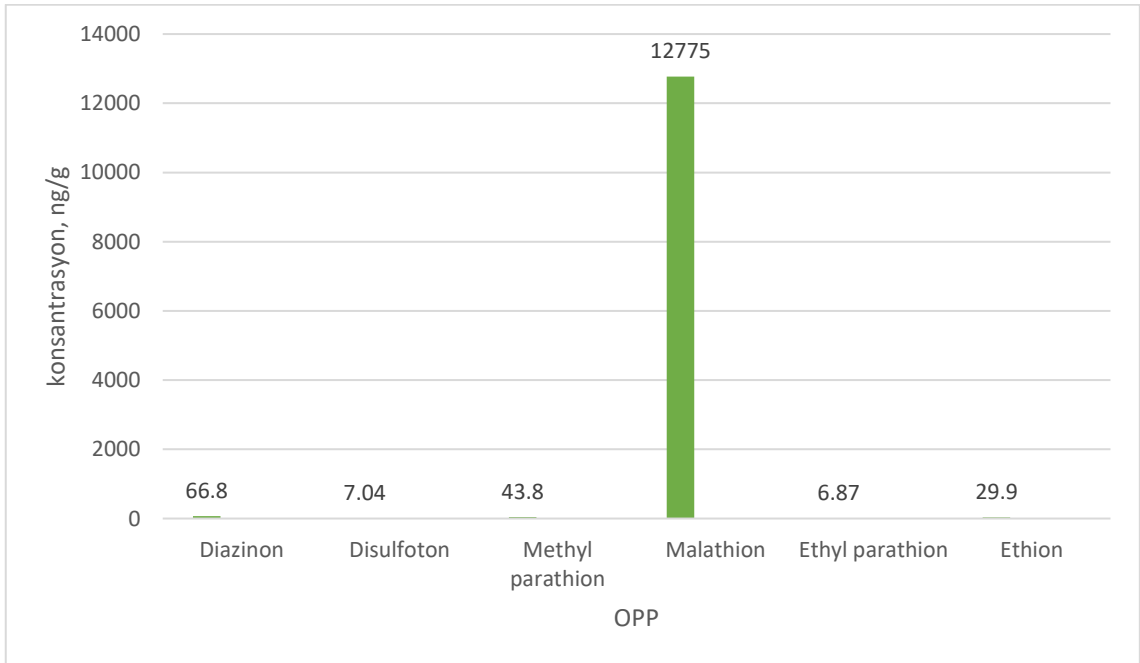


Şekil 4.60: 14 numaralı noktada görülen OCP'lerin toplam konsantrasyonları

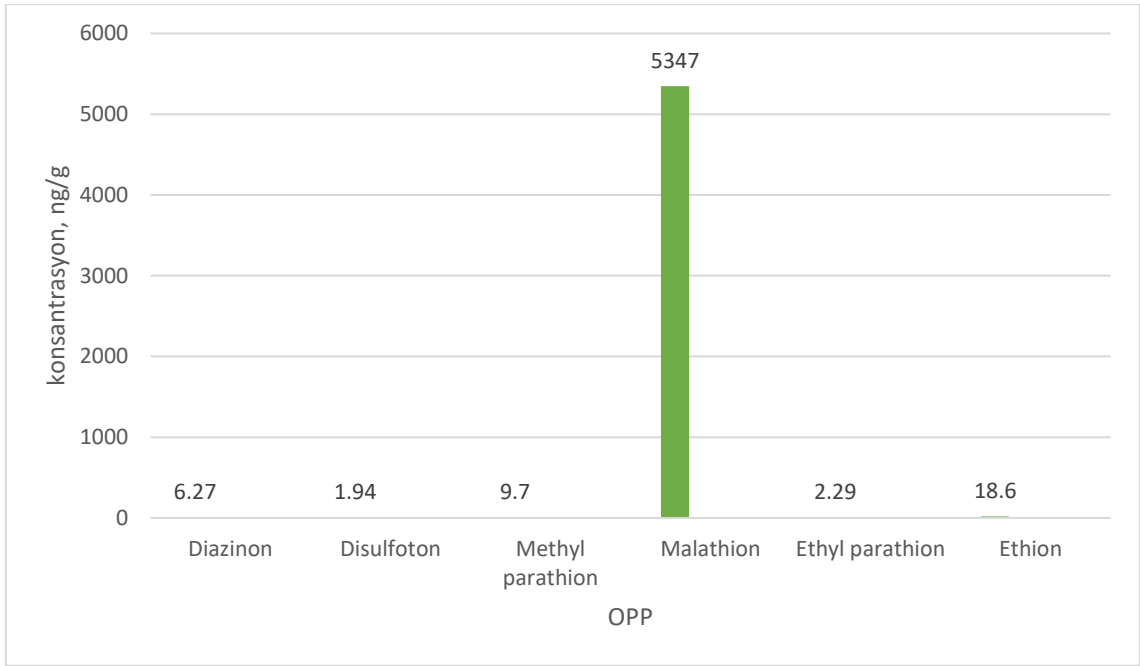


Şekil 4.61: 15 numaralı noktada görülen OCP'lerin toplam konsantrasyonları

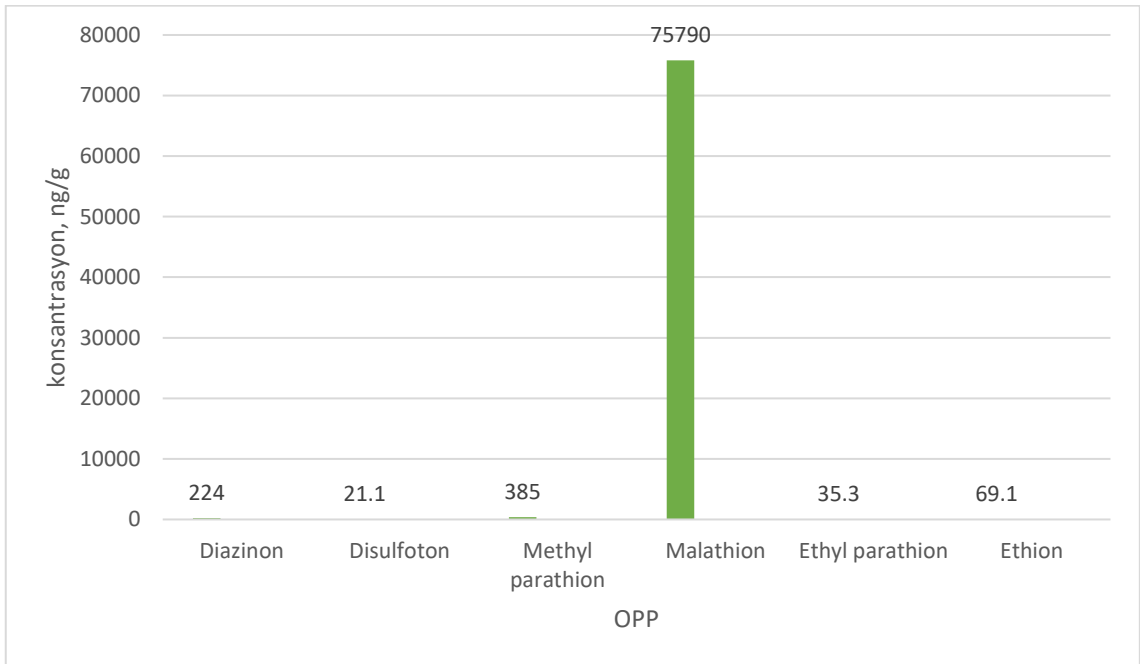
Numunelerde elde edilen OPP'lerin konsantrasyonları şekillerde gösterilmiştir. Tüm noktalarda en çok görülen OPP toplam 96929 ng/g ile malathion'dur. Malathionun en yüksek görüldüğü nokta ise Aksaray Merkez Ağzıkarahan Deresi oldu. En az görülen OPP ise ethyl parathion olup tüm noktalardaki toplam konsantrasyonu 159,8'dir.



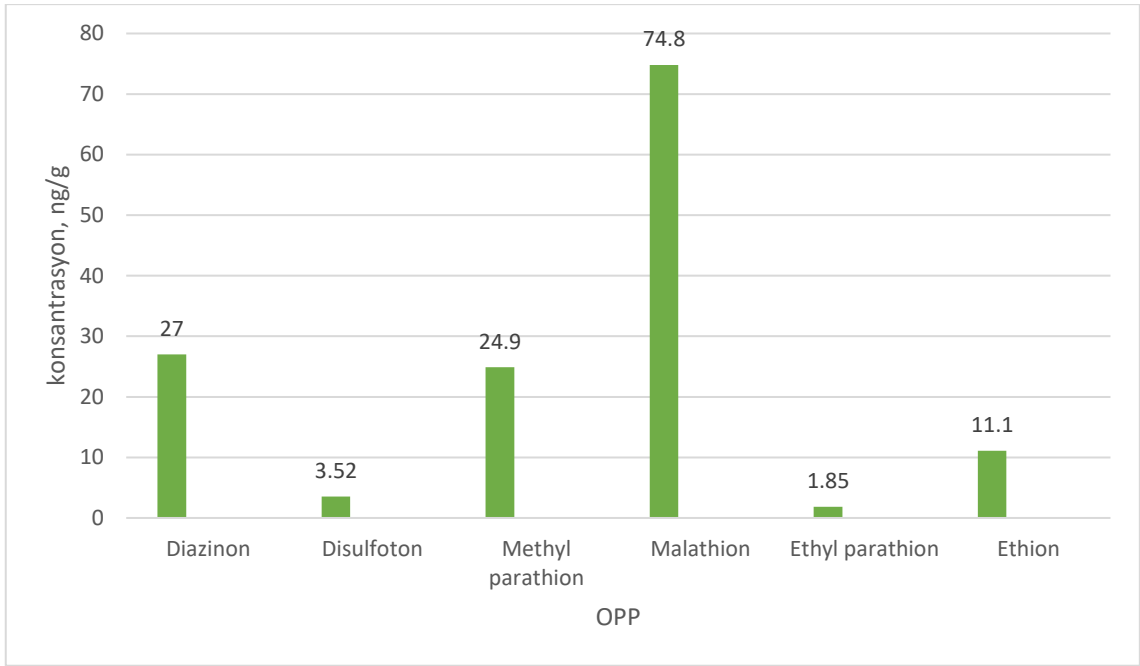
Şekil 4.62: 1 numaralı noktada görülen OPP'lerin konsantrasyonları



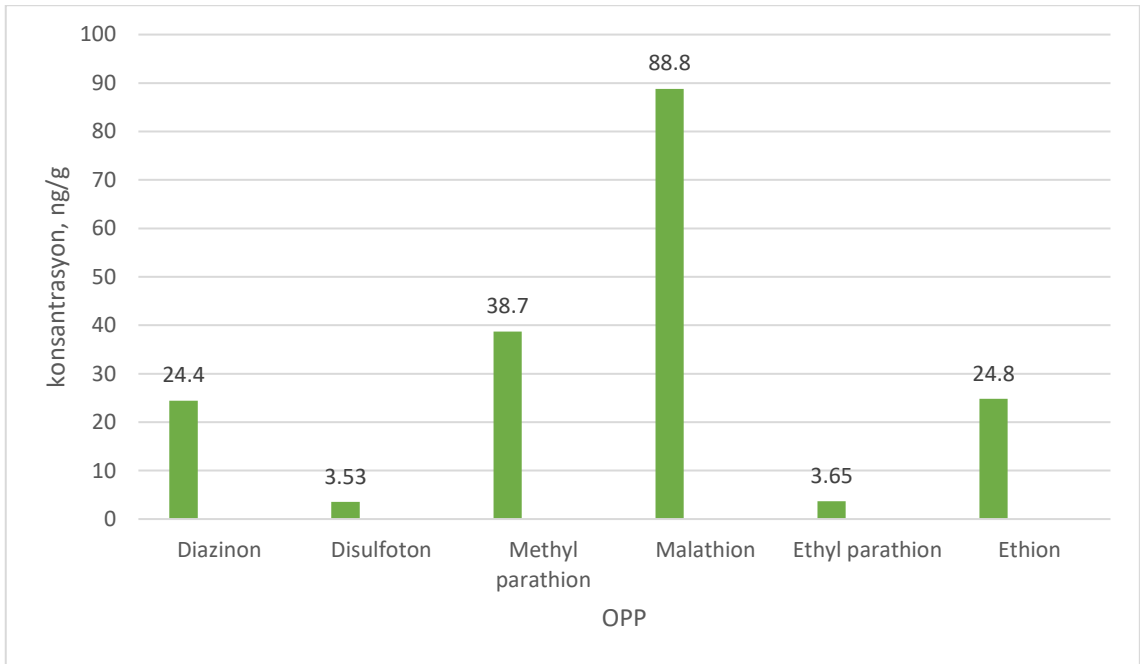
Şekil 4.63: 2 numaralı noktada görülen OPP'lerin konsantrasyonları



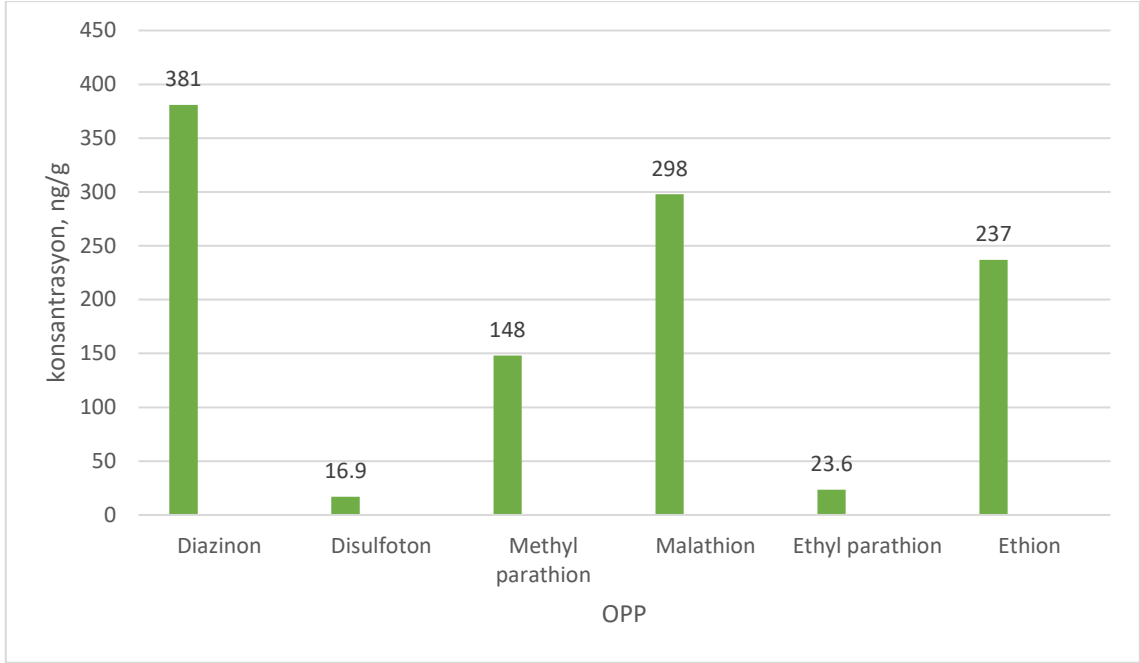
Şekil 4.64: 3 numaralı noktada görülen OPP'lerin konsantrasyonları



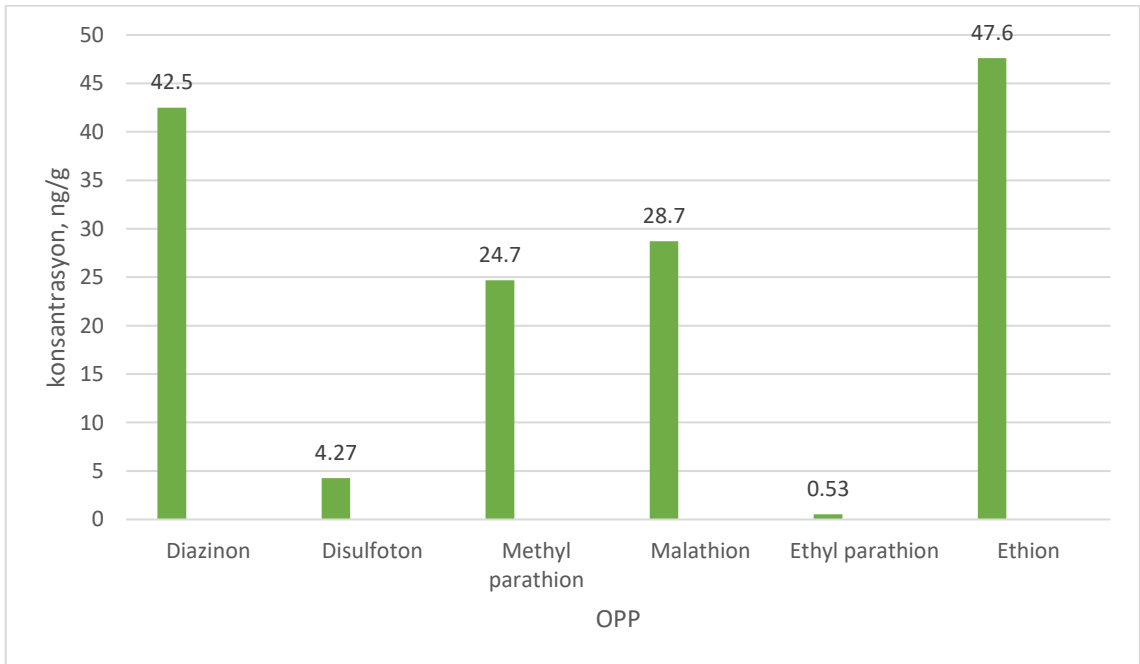
Şekil 4.65: 4 numaralı noktada görülen OPP'lerin konsantrasyonları



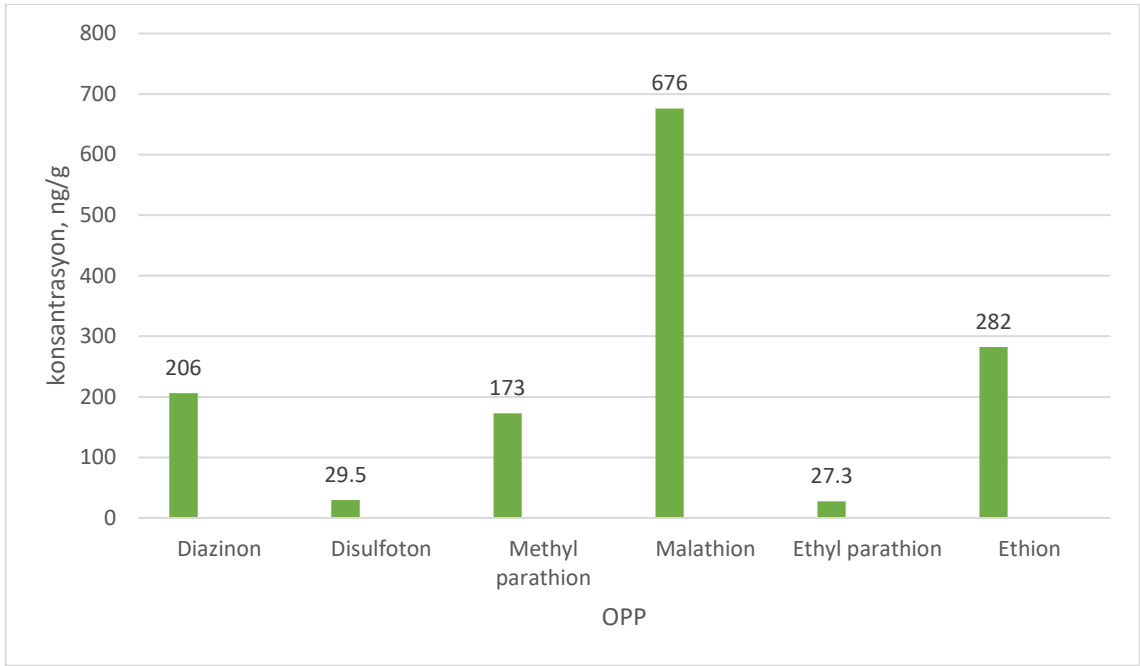
Şekil 4.66: 5 numaralı noktada görülen OPP'lerin konsantrasyonları



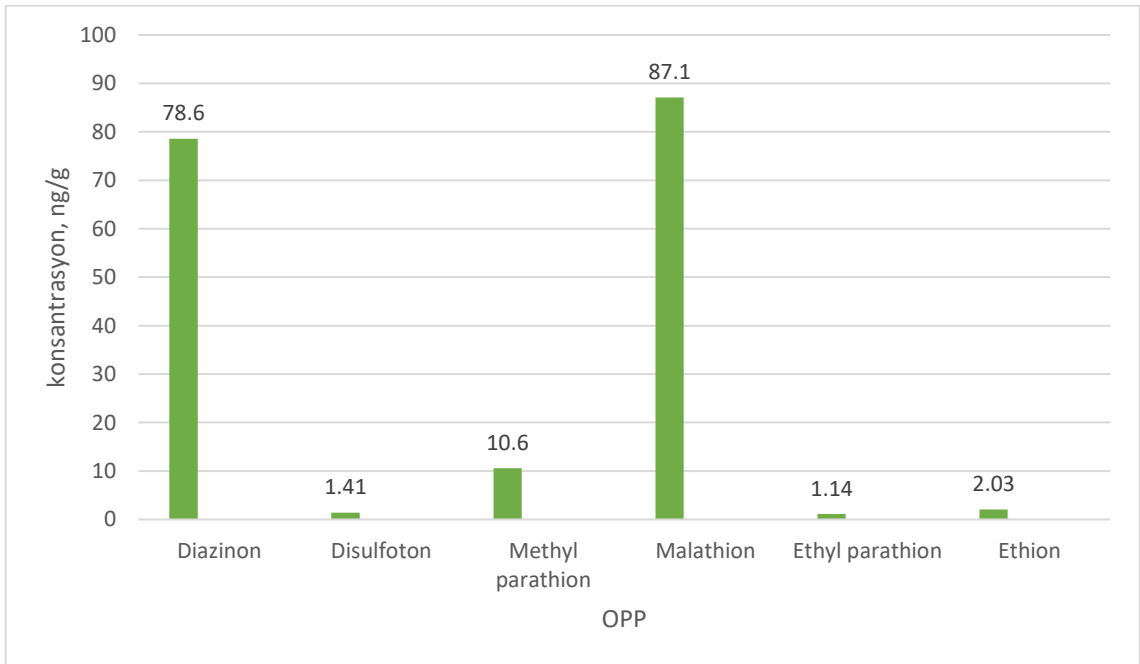
Şekil 4.67: 6 numaralı noktada görülen OPP'lerin konsantrasyonları



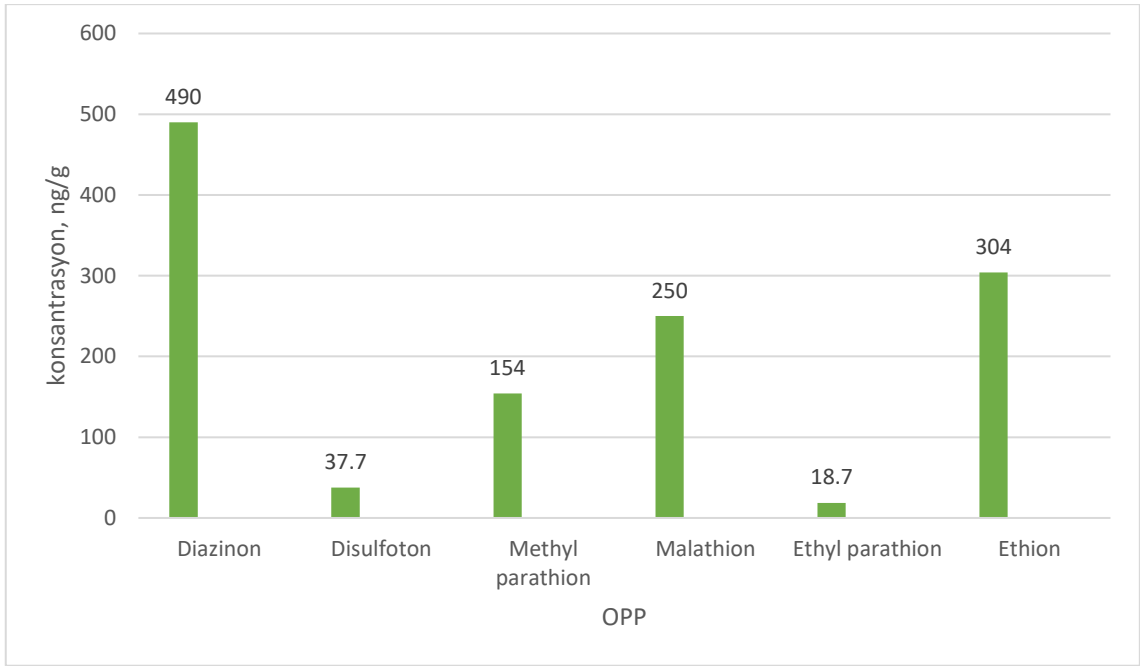
Şekil 4.68: 7 numaralı noktada görülen OPP'lerin konsantrasyonları



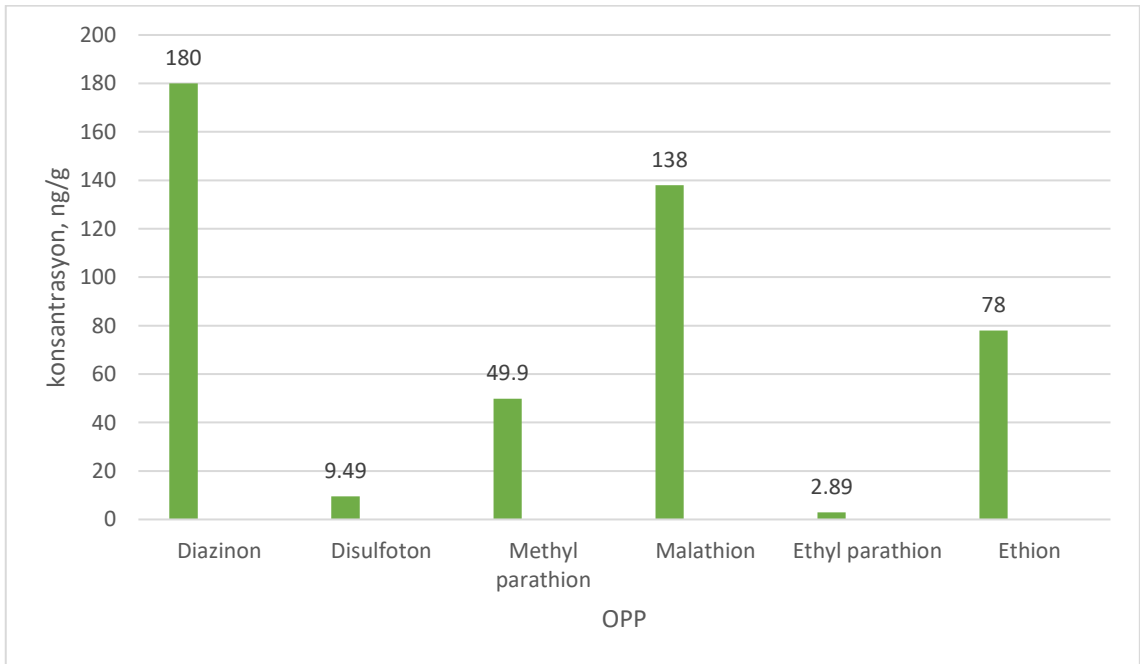
Şekil 4.69: 8 numaralı noktada görülen OPP'lerin konsantrasyonları



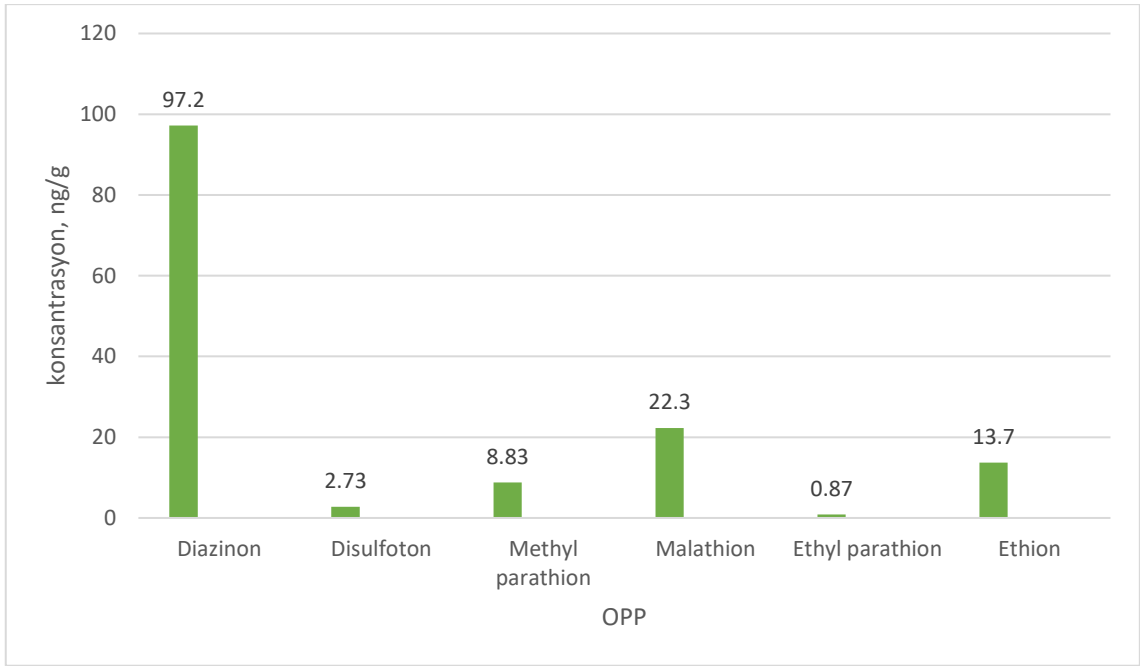
Şekil 4.70: 9 numaralı noktada görülen OPP'lerin konsantrasyonları



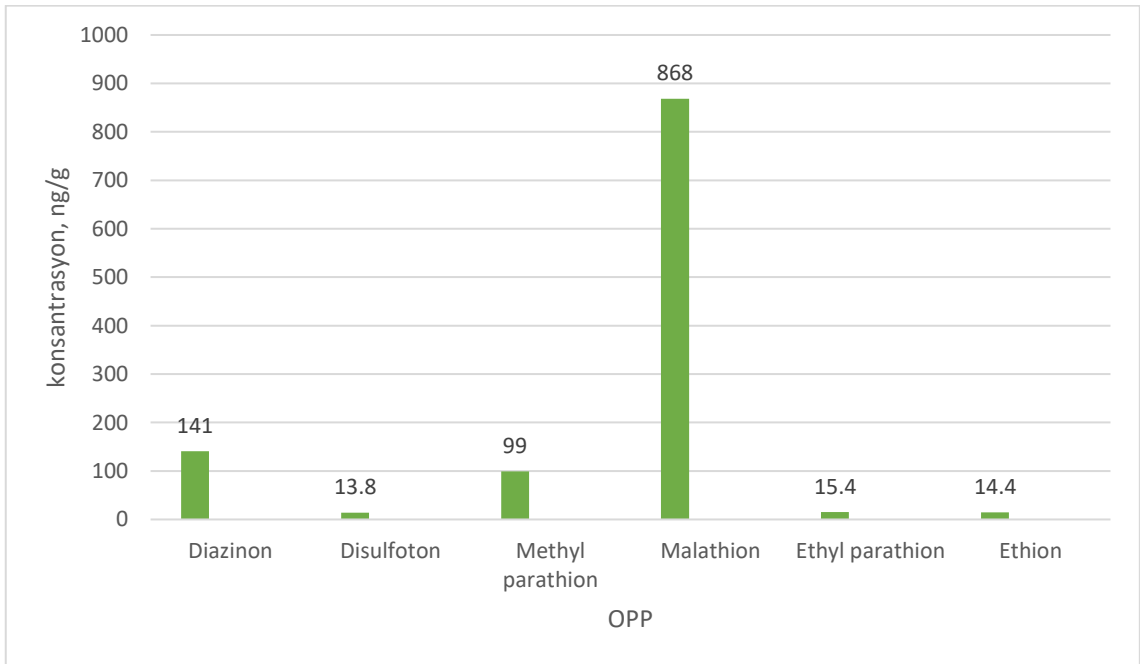
Şekil 4.71: 10 numaralı noktada görülen OPP'lerin konsantrasyonları



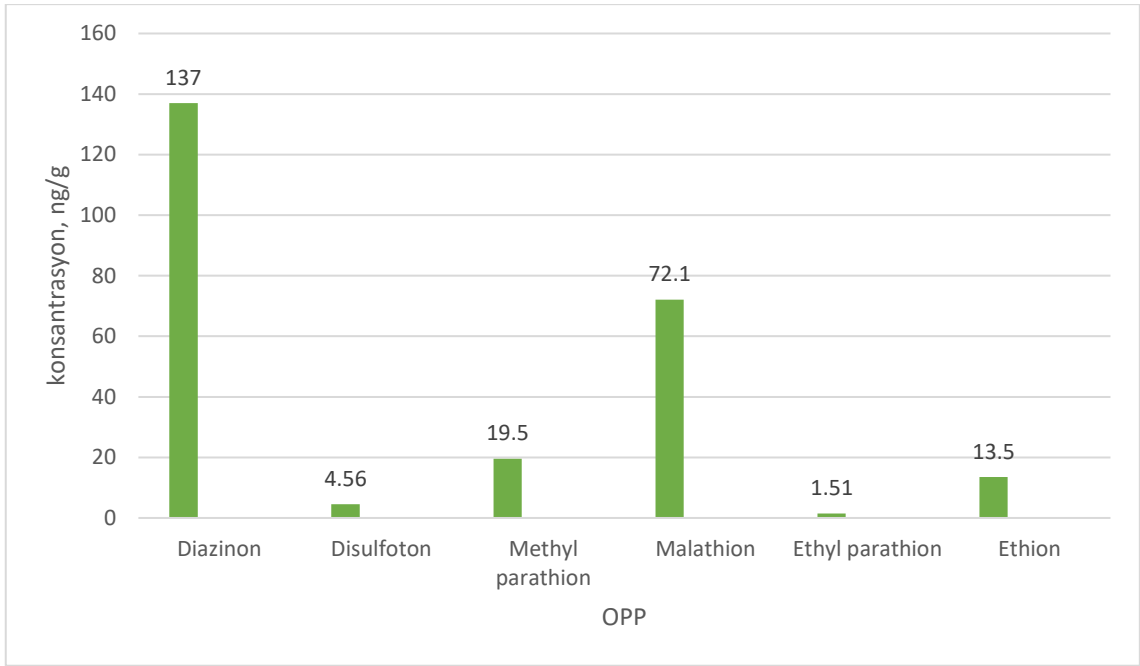
Şekil 4.72: 11 numaralı noktada görülen OPP'lerin konsantrasyonları



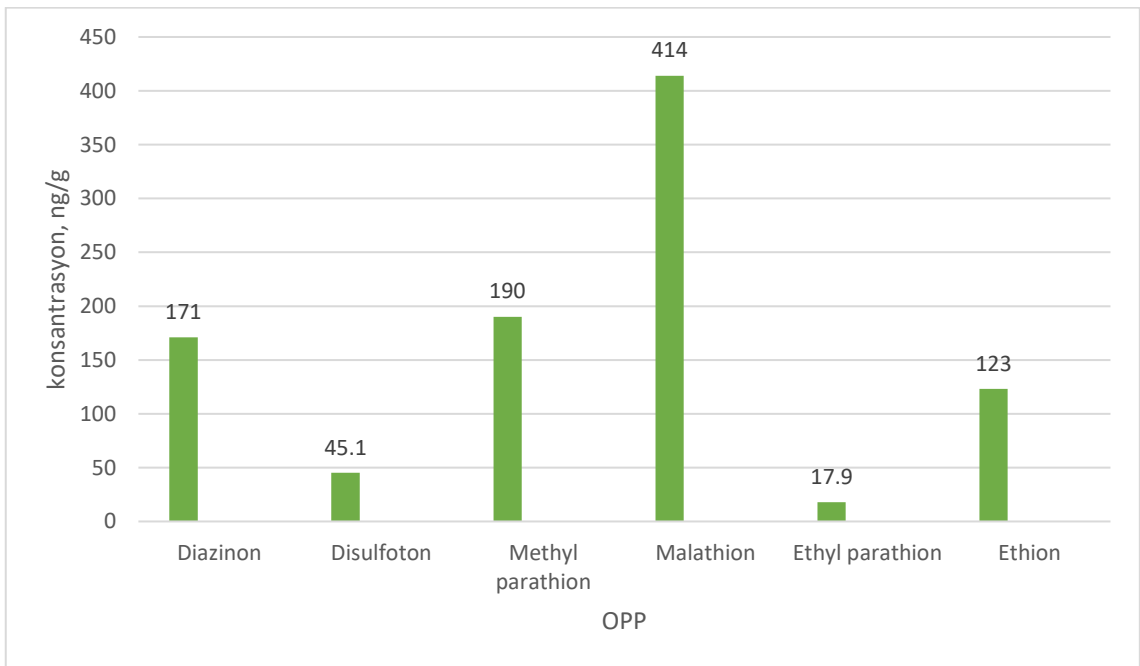
Şekil 4.73: 12 numaralı noktada görülen OPP'lerin konsantrasyonları



Şekil 4.74: 13 numaralı noktada görülen OPP'lerin konsantrasyonları

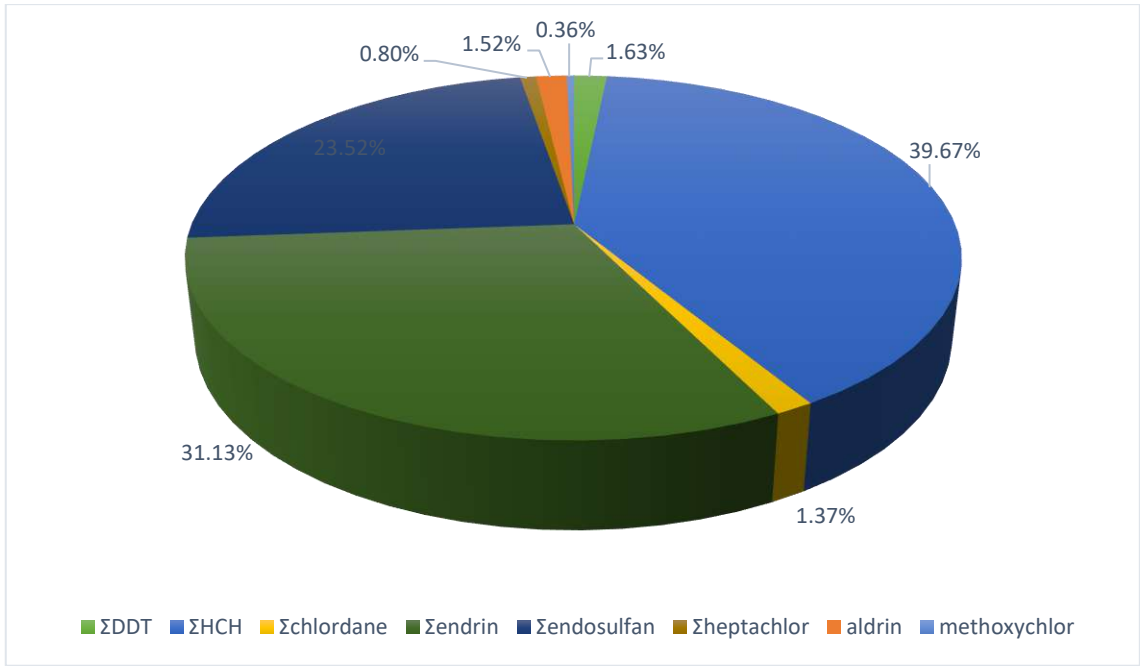


Şekil 4.75: 14 numaralı noktada görülen OPP'lerin konsantrasyonları

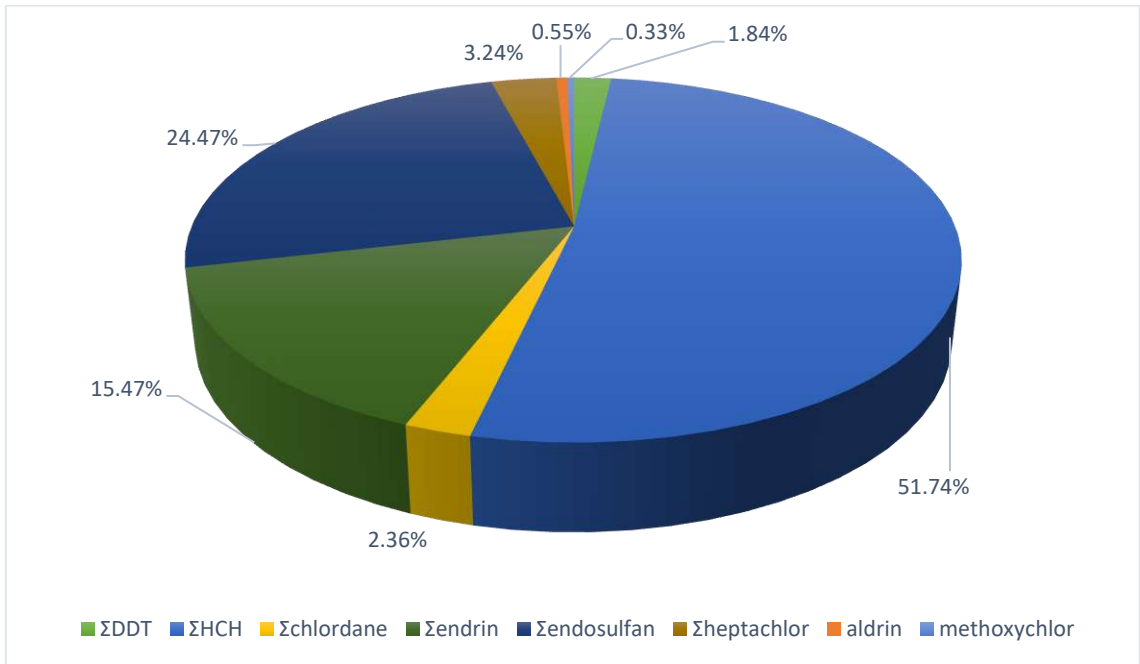


Şekil 4.76: 15 numaralı noktada görülen OPP'lerin konsantrasyonları

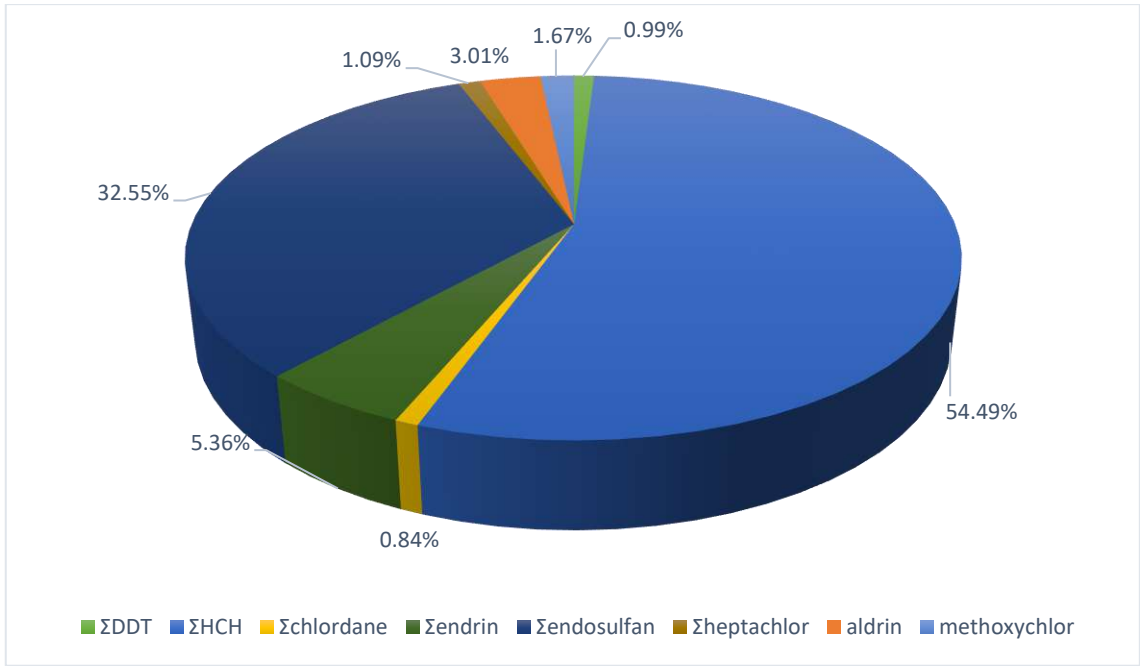
Numunelerde görülen OCP'lerin yüzde dağılım grafikleri şekillerde verilmiştir. OCP'lerin yüzde dağılım grafikleri incelendiğinde en yüksek çıkan grubun HCH ve izomerleri olduğu görüldü. Her örnekleme noktasında en yüksek çıkan HCH'lerin en yüksek olduğu nokta grafiklerde görüldüğü gibi Isparta Yenişarbademli Deresi oldu. En düşük görülen OCP'ler her noktada farklılık gösterdi ve bunlar chlordane, heptachlor ve metoxychlor olarak belirlendi.



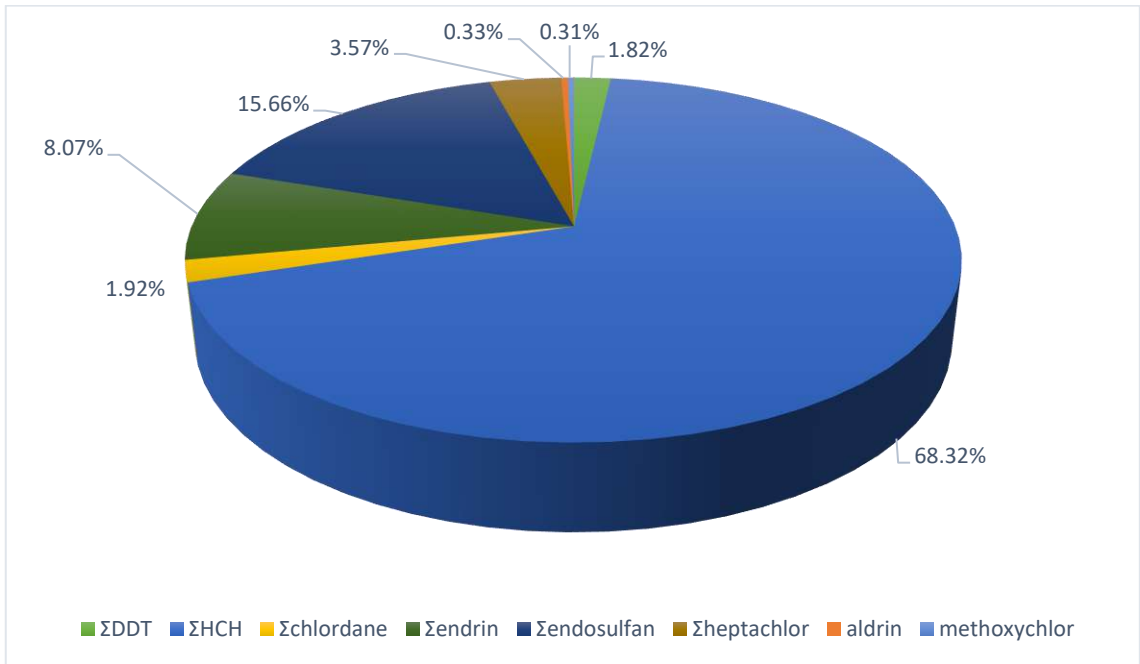
Şekil 4.77: 1 numaralı noktada görülen OCP'lerin yüzdelerik dağılımı



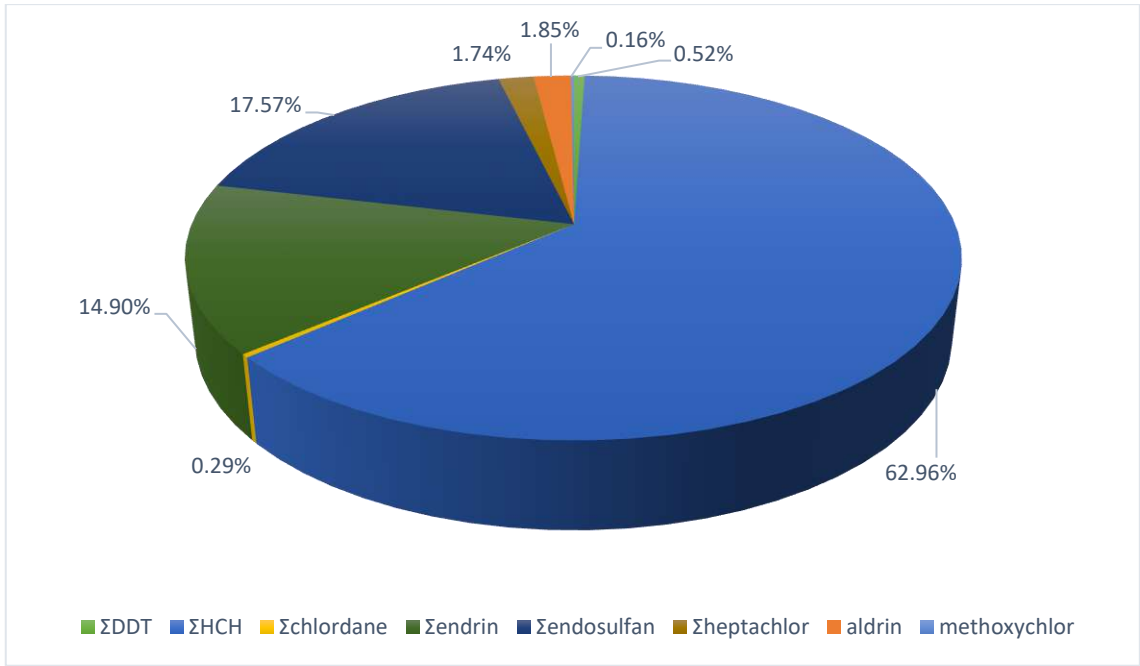
Şekil 4.78: 2 numaralı noktada görülen OCP'lerin yüzdelerik dağılımı



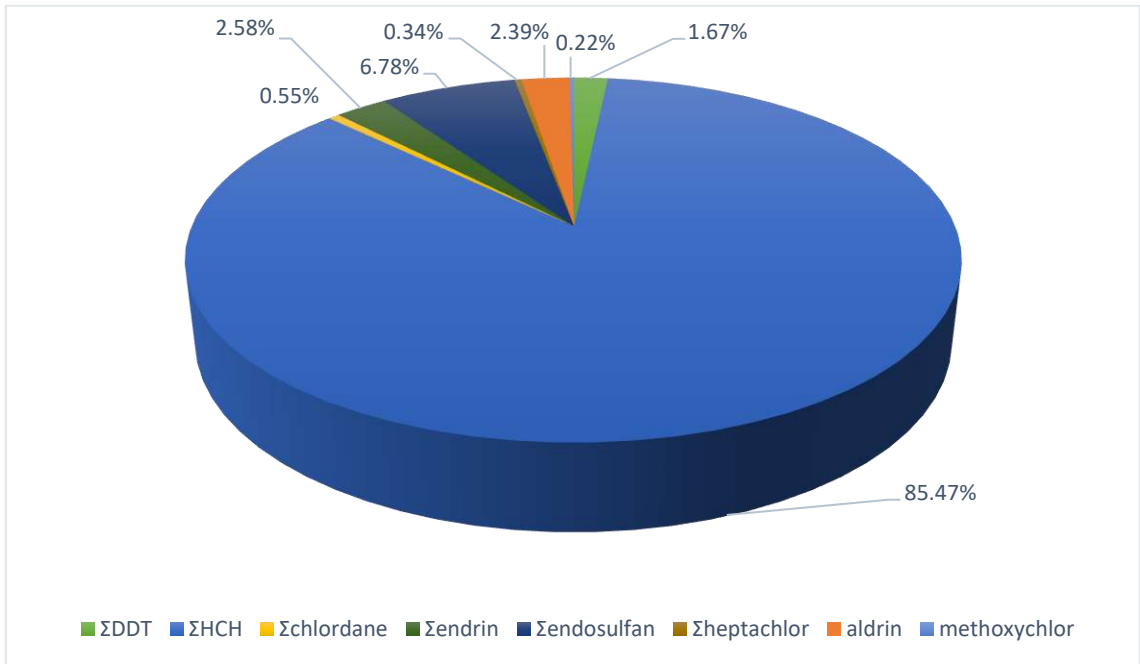
Şekil 4.79: 3 numaralı noktada görülen OCP'lerin yüzdeler dağılımı



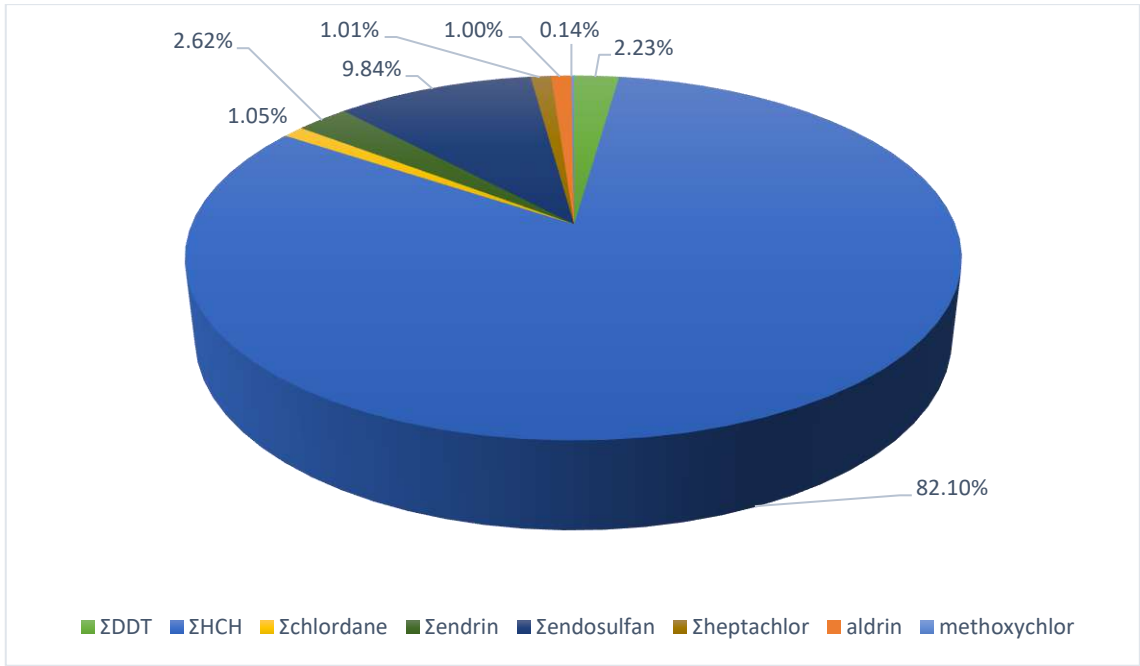
Şekil 4.80: 4 numaralı noktada görülen OCP'lerin yüzdeler dağılımı



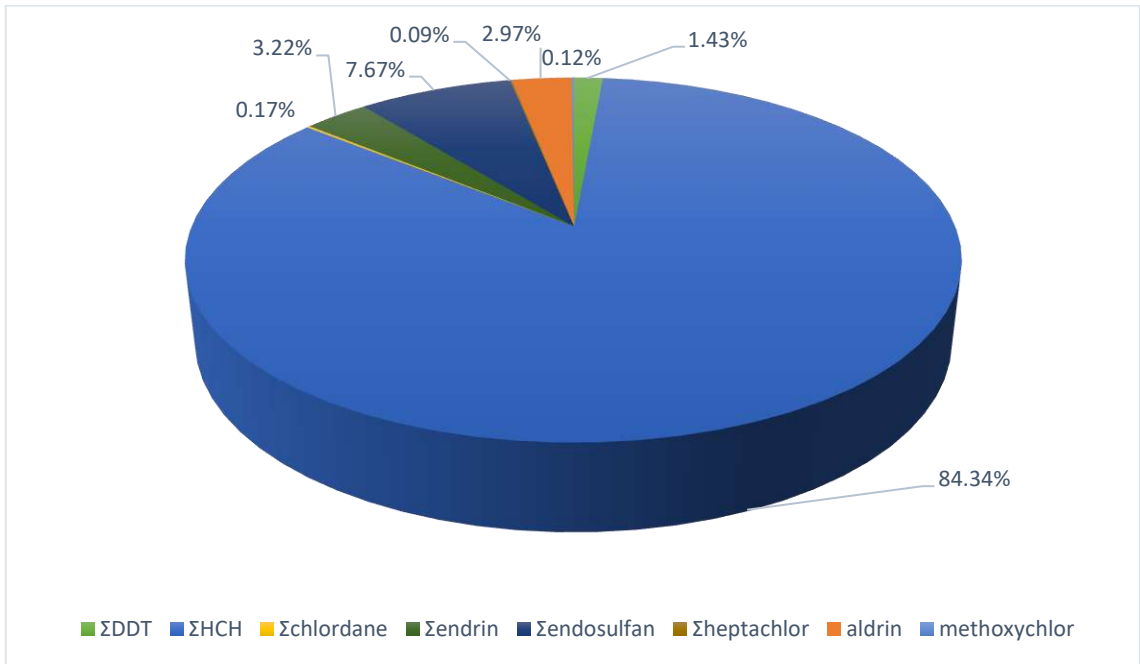
Şekil 4.81: 5 numaralı noktada görülen OCP'lerin yüzdeler dağılımı



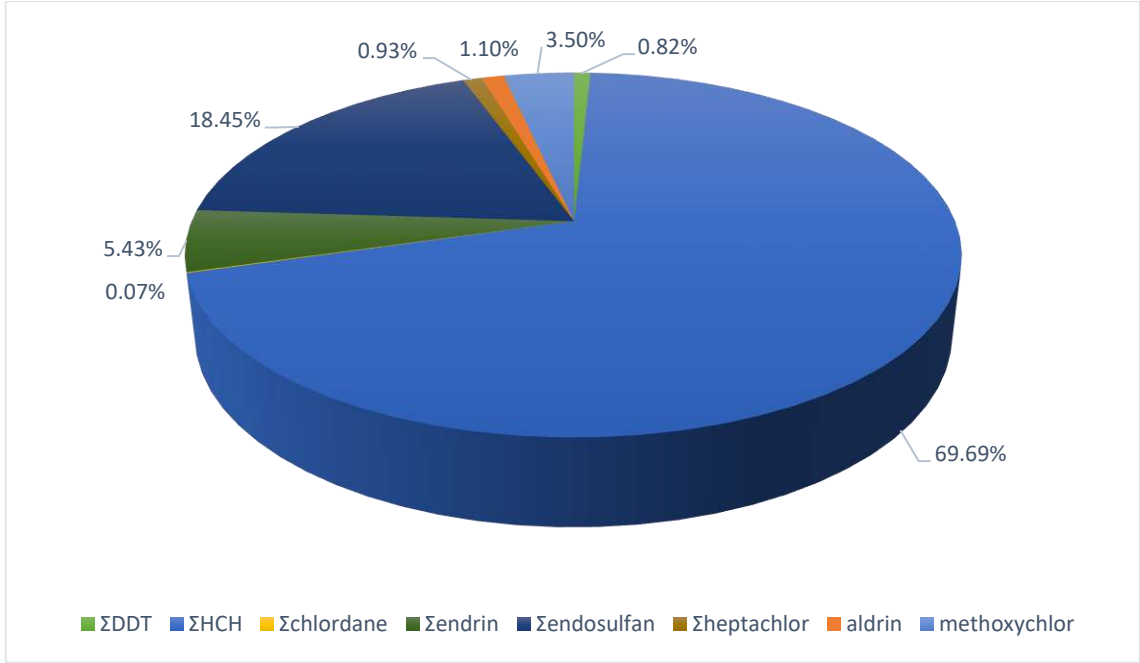
Şekil 4.82: 6 numaralı noktada görülen OCP'lerin yüzdeler dağılımı



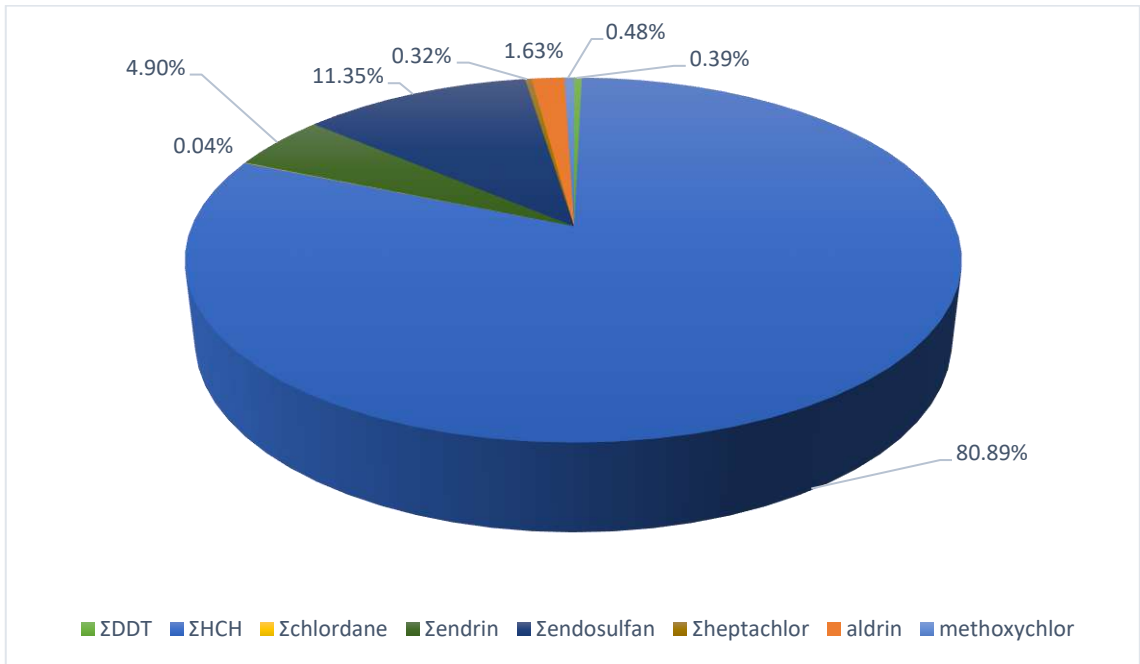
Şekil 4.83: 7 numaralı noktada görülen OCP'lerin yüzdeler dağılımı



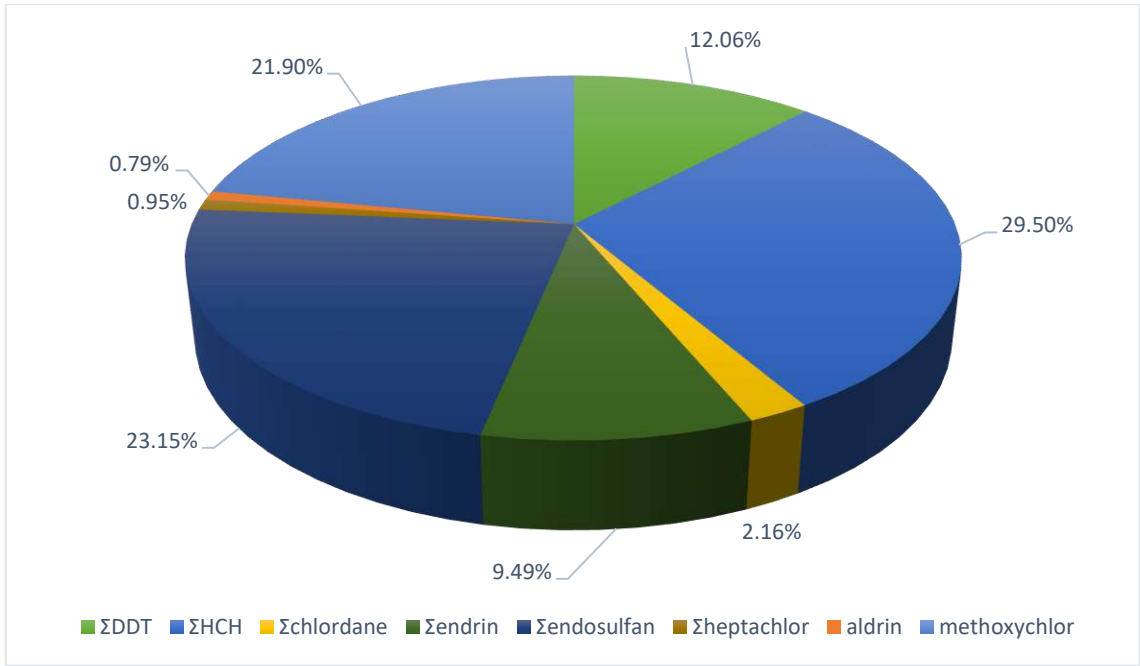
Şekil 4.84: 8 numaralı noktada görülen OCP'lerin yüzdeler dağılımı



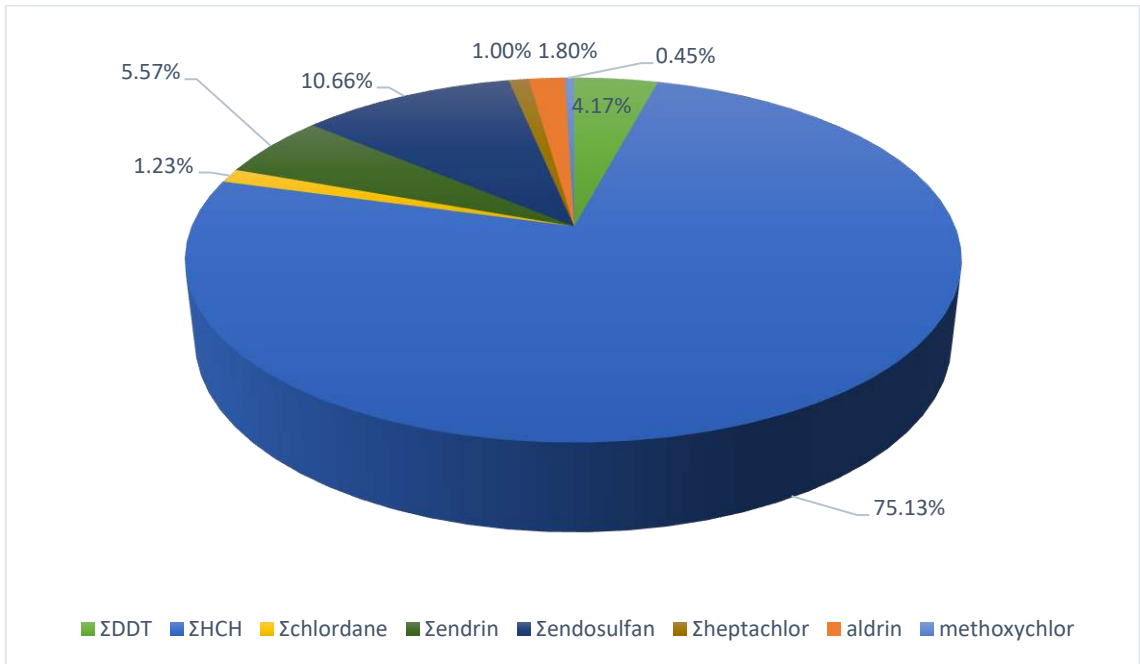
Şekil 4.85: 9 numaralı noktada görülen OCP'lerin yüzdelerik dağılımı



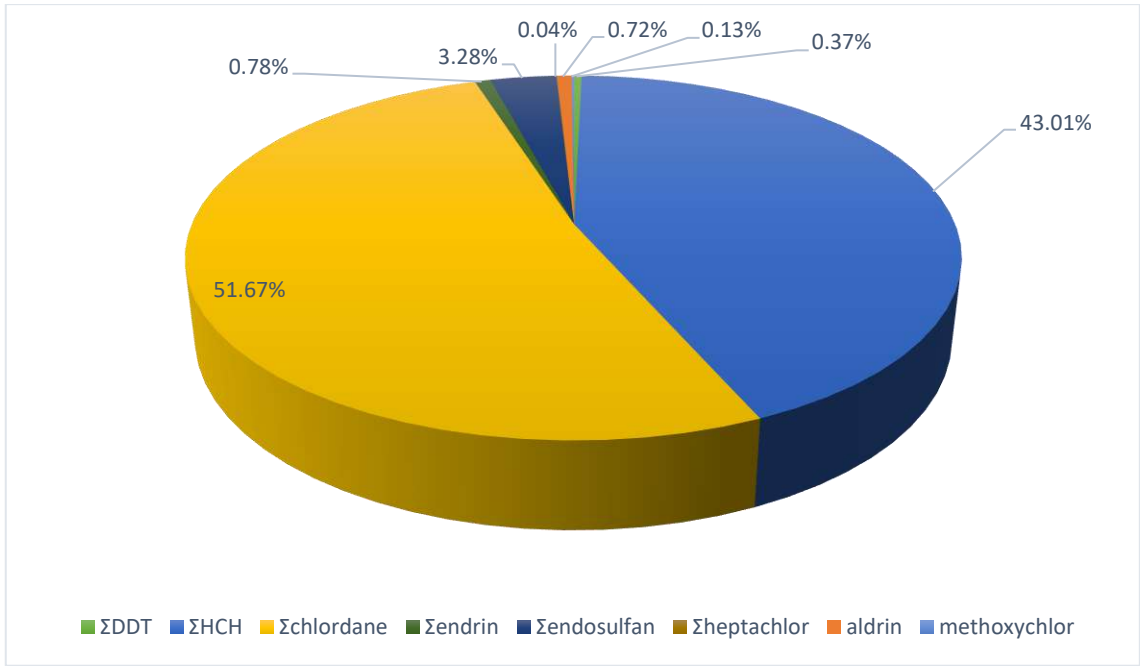
Şekil 4.86: 10 numaralı noktada görülen OCP'lerin yüzdelerik dağılımı



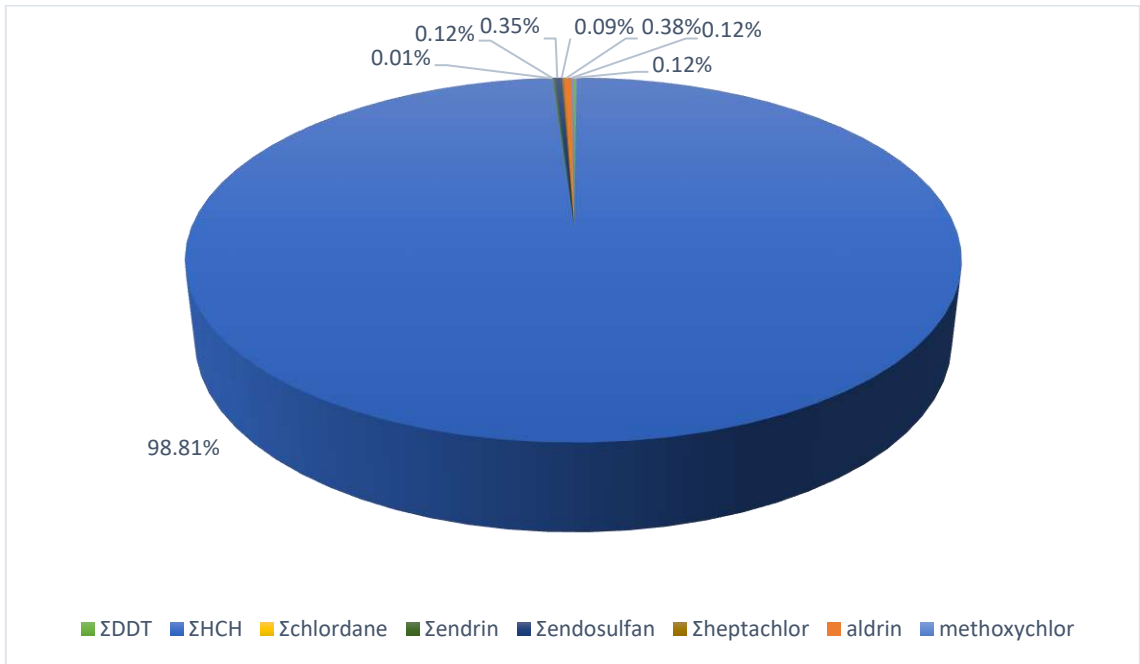
Şekil 4.87: 11 numaralı noktada görülen OCP'lerin yüzdeler dağılımı



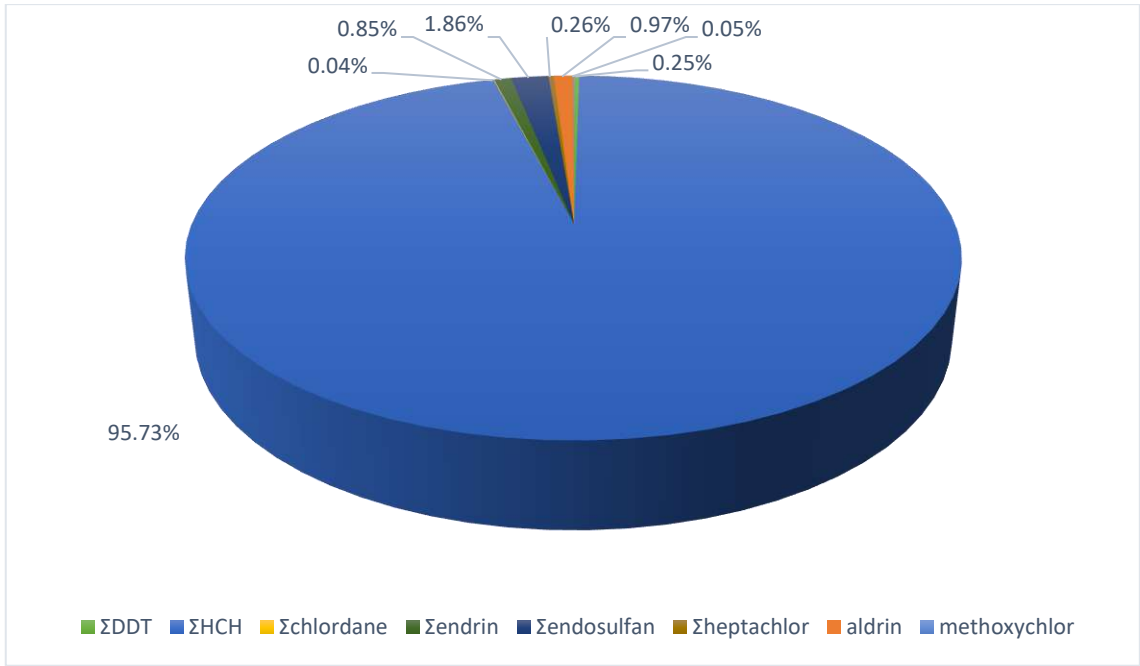
Şekil 4.88: 12 numaralı noktada görülen OCP'lerin yüzdeler dağılımı



Şekil 4.89: 13 numaralı noktada görülen OCP'lerin yüzdeler dağılımı

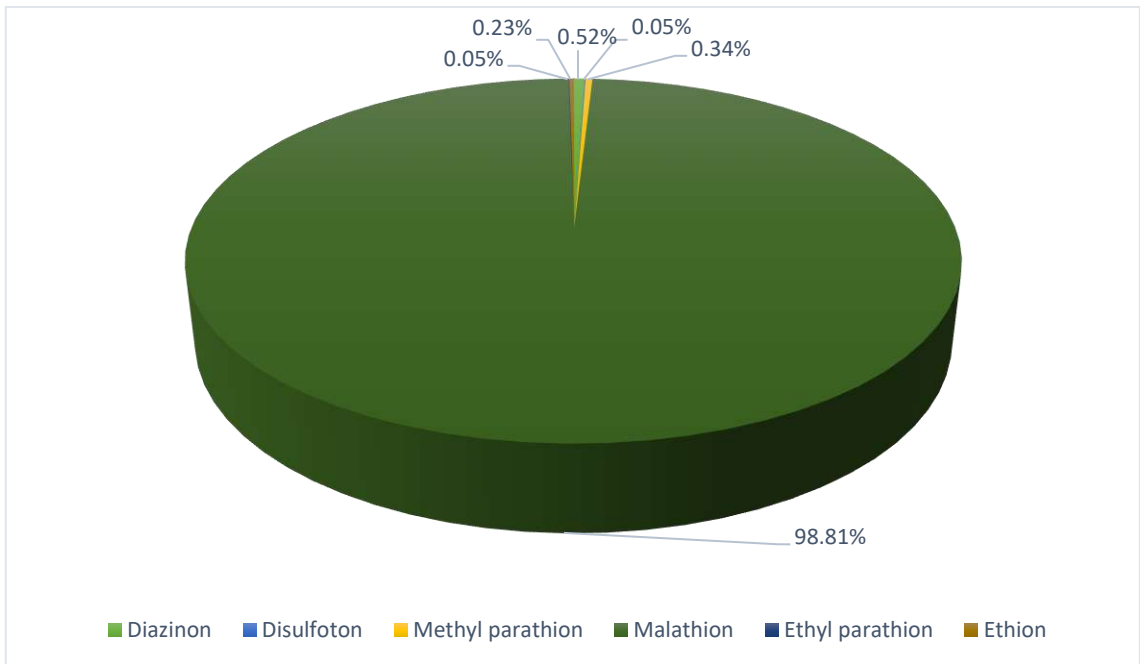


Şekil 4.90: 14 numaralı noktada görülen OCP'lerin yüzdeler dağılımı

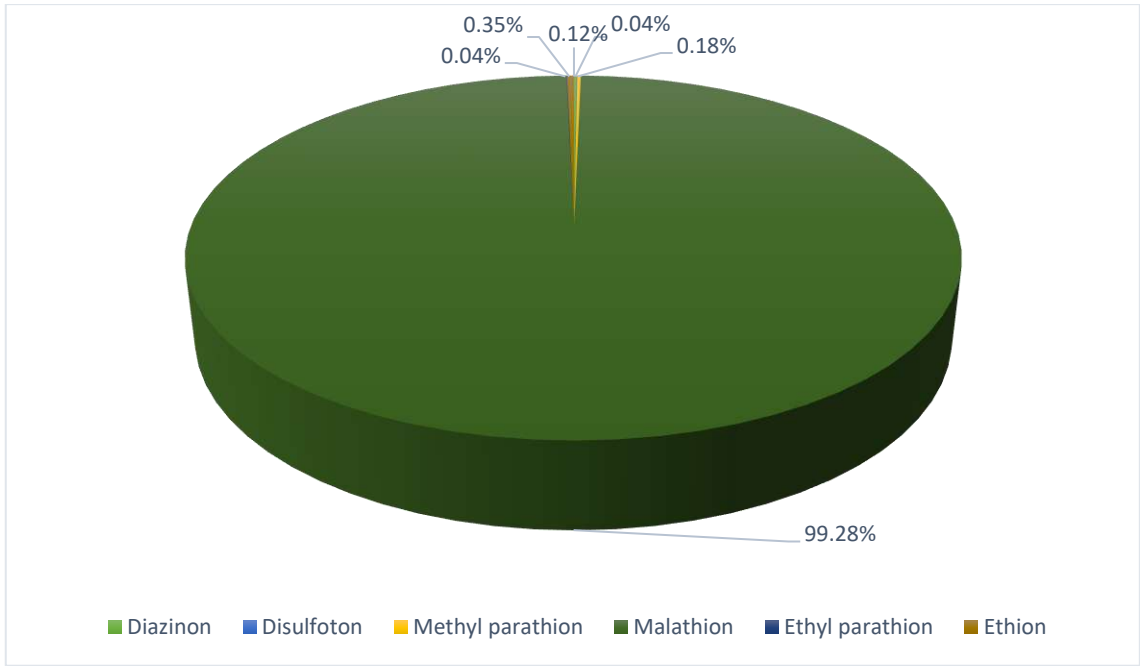


Şekil 4.91: 15 numaralı noktada görülen OCP'lerin yüzelik dağılımı

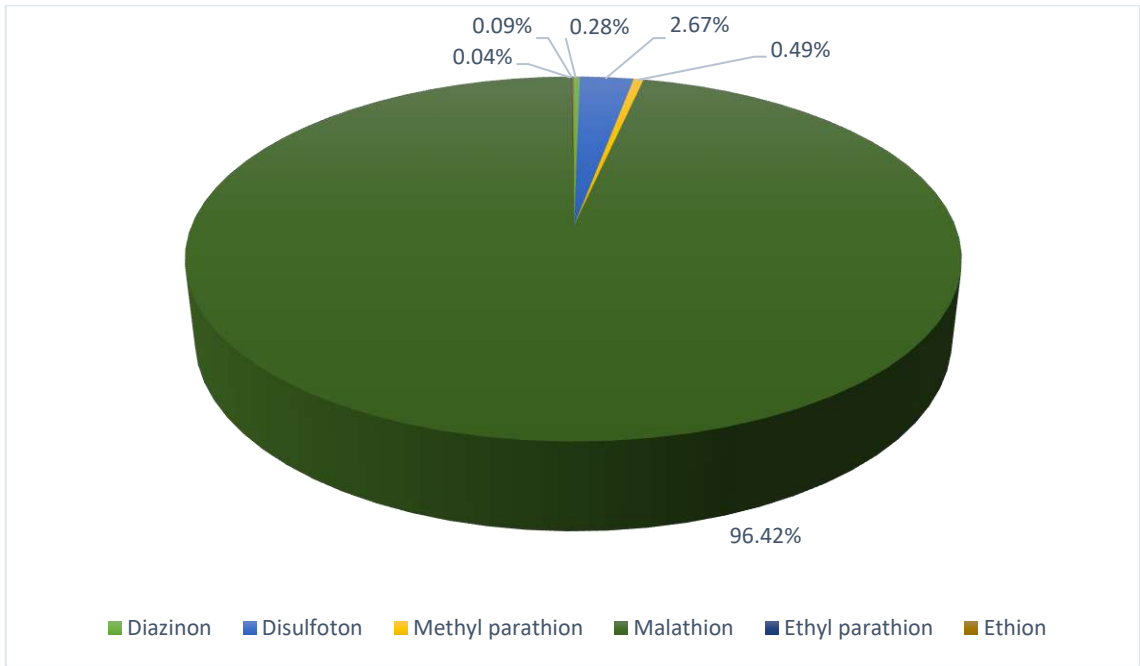
Numunelerde görülen OPP'lerin yüzde dağılım grafikleri şekillerde verilmiştir. Grafikler incelendiğinde numunelerin çoğunda malathion en yüksek çıkan OPP oldu. Numunelerin bazılarında ise diazinon ilk sırada görülürken sadece bir numunede ethion diğerlerinden yüksek görüldü. En az görülen OPP ise ethyl parathion olmasına karşı bazı noktalarda disulfoton diğer pestisitlerden daha az olarak görülmüştür.



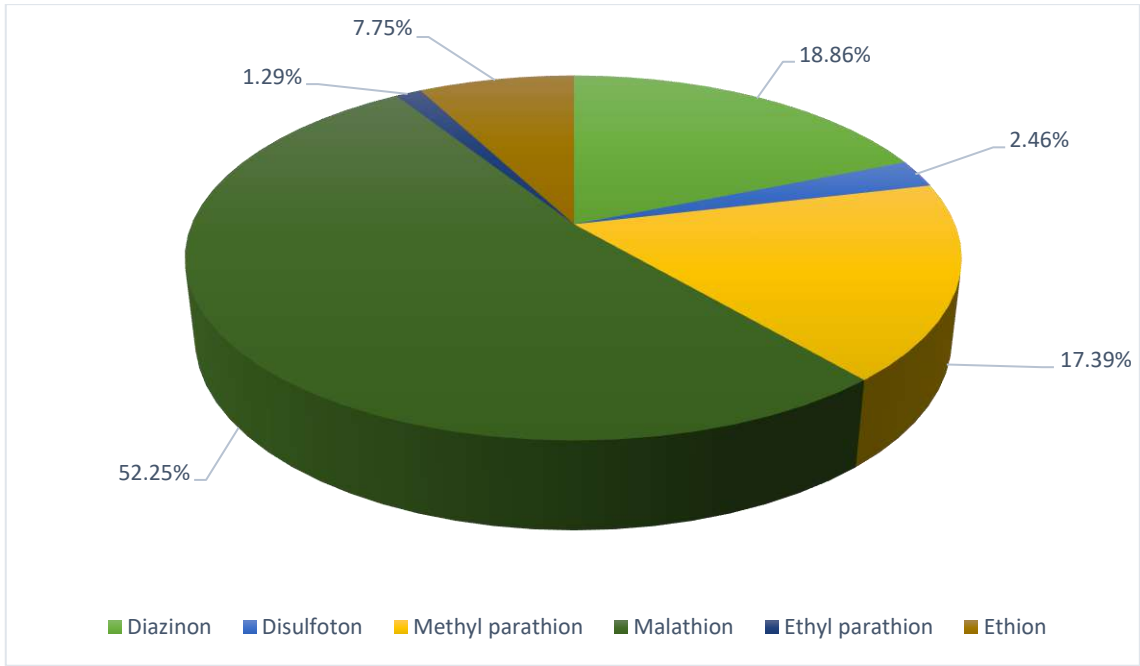
Şekil 4.92: 1 numaralı noktada görülen OPP'lerin yüzelik dağılımı



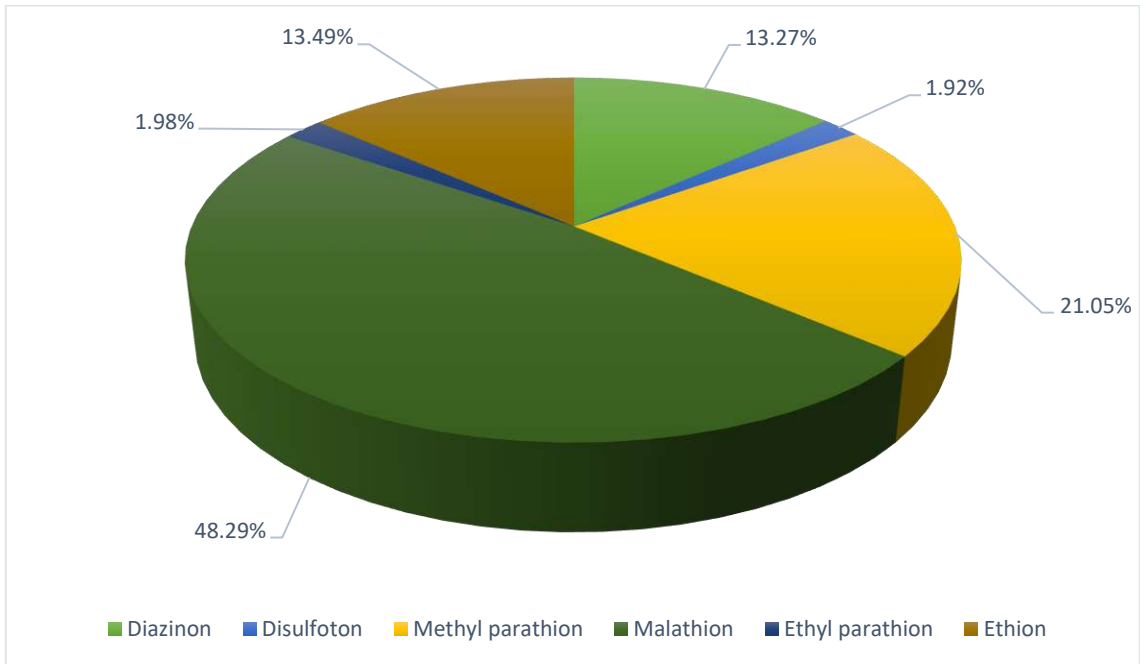
Şekil 4.93: 2 numaralı noktada görülen OPP'lerin yüzelik dağılımı



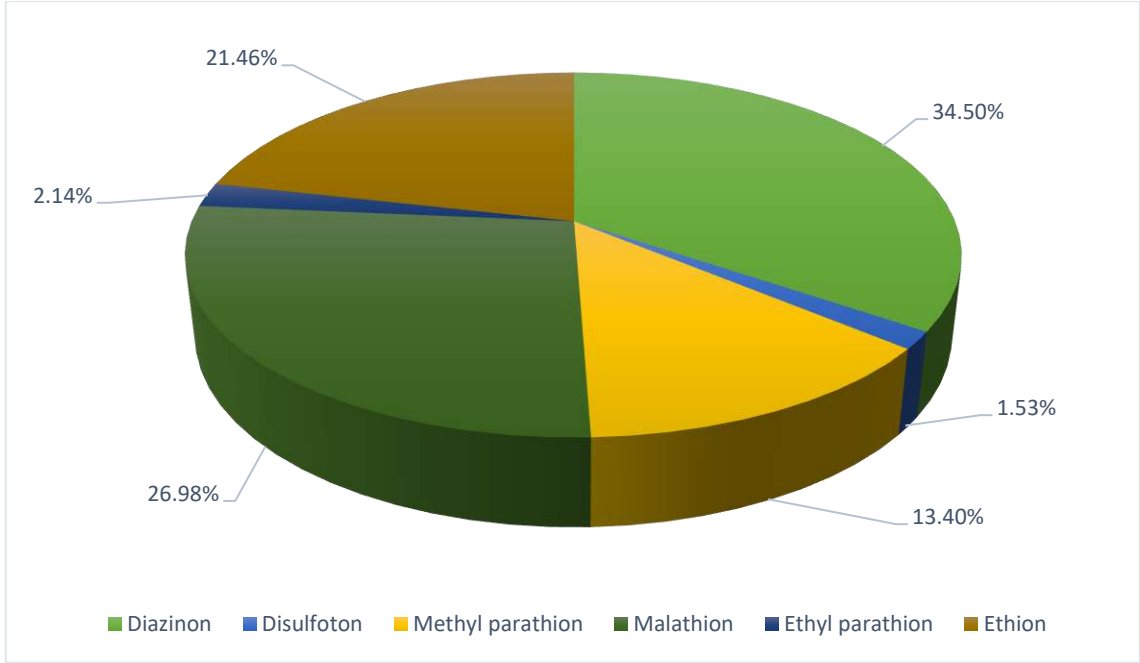
Şekil 4.94: 3 numaralı noktada görülen OPP'lerin yüzelik dağılımı



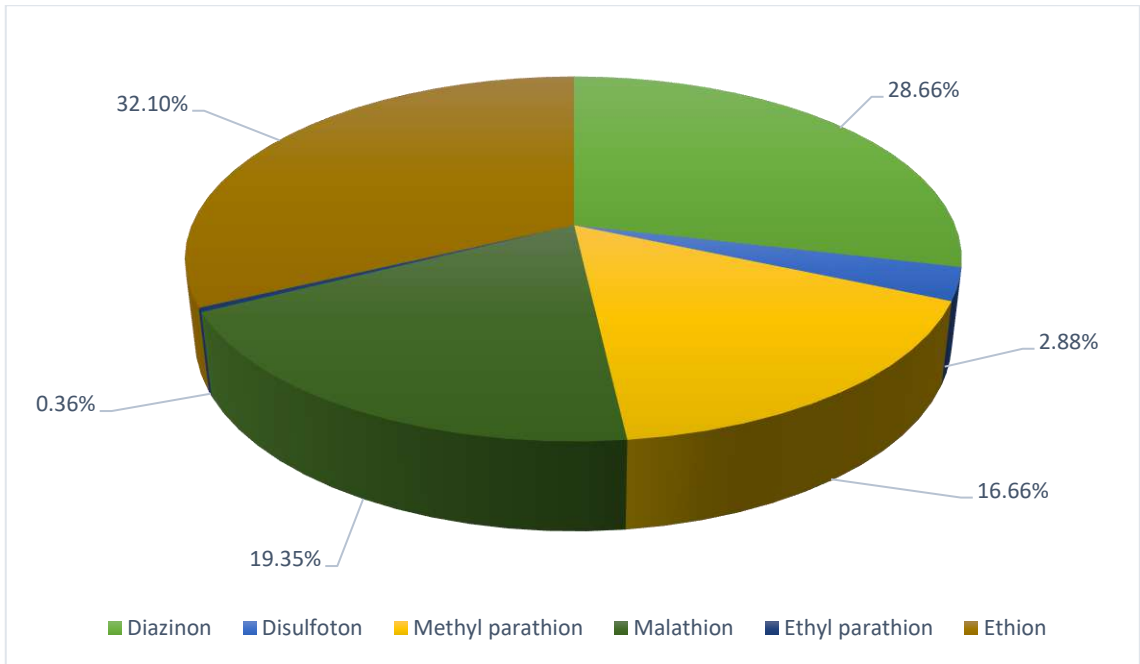
Şekil 4.95: 4 numaralı noktada görülen OPP'lerin yüzdeleri dağılımı



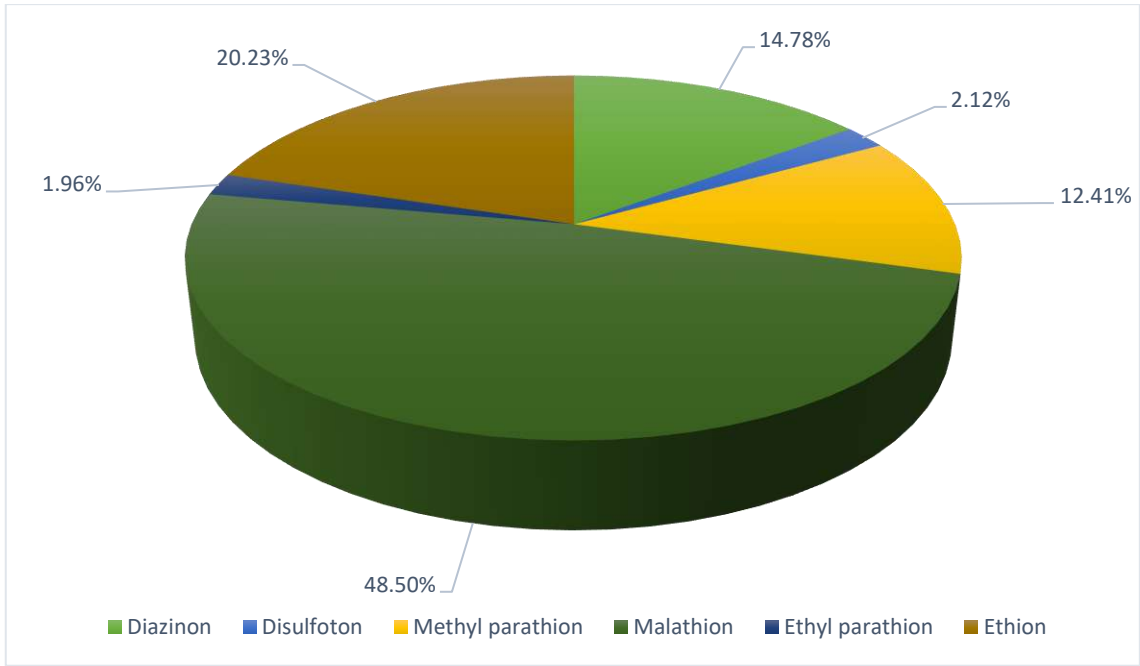
Şekil 4.96: 5 numaralı noktada görülen OPP'lerin yüzdeleri dağılımı



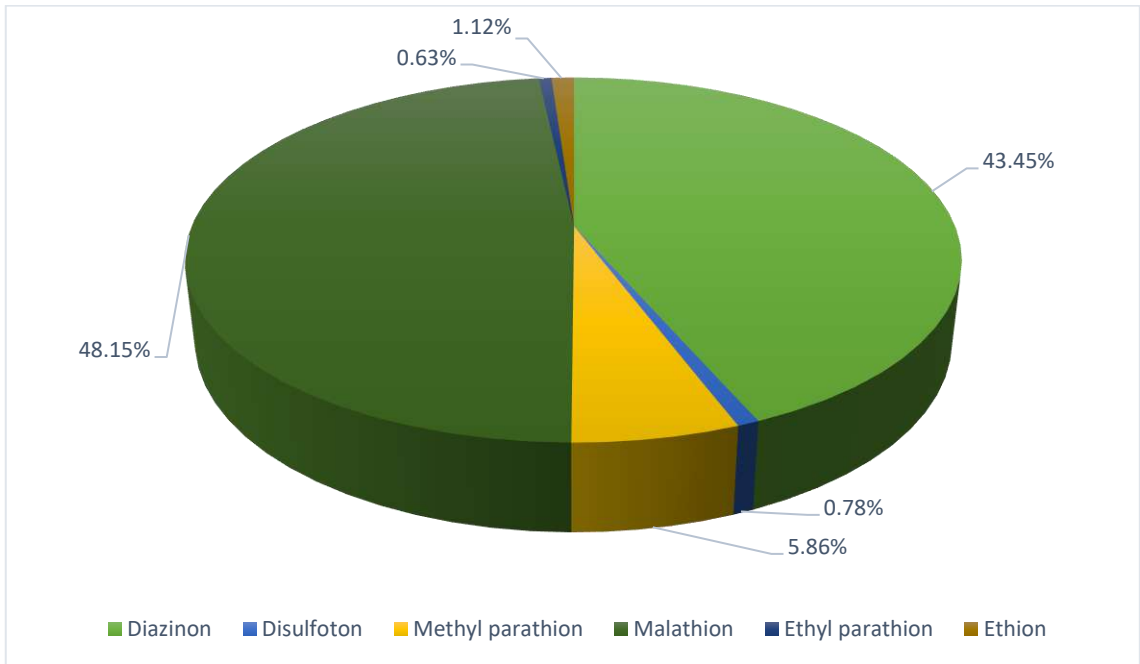
Şekil 4.97: 6 numaralı noktada görülen OPP'lerin yüzdeleri dağılımı



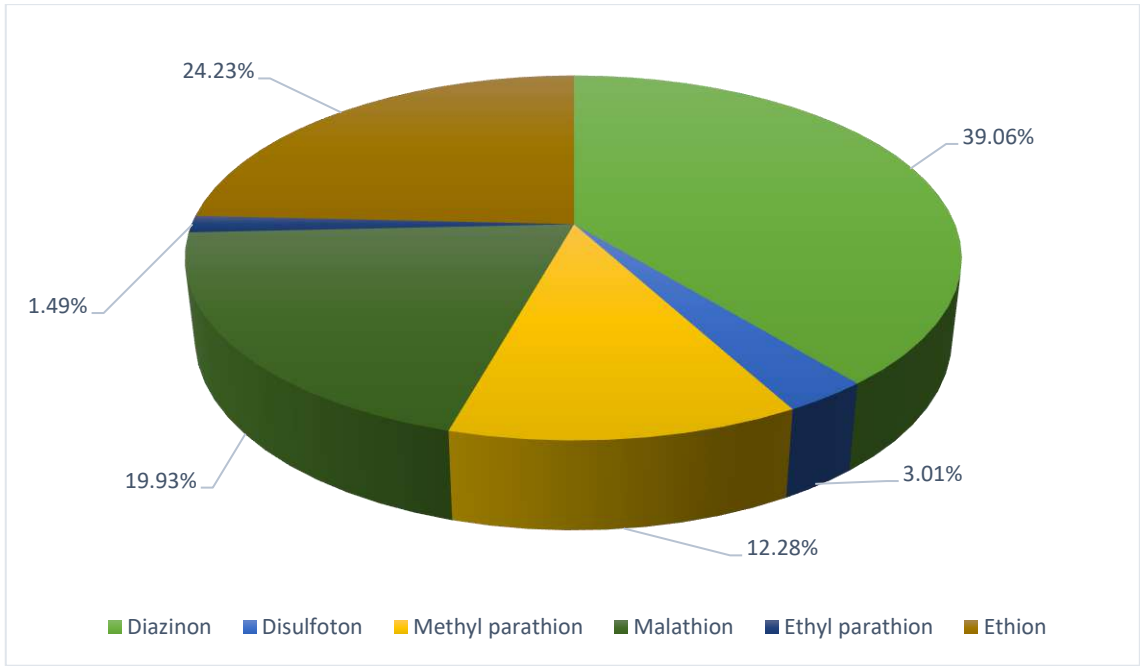
Şekil 4.98: 7 numaralı noktada görülen OPP'lerin yüzdeleri dağılımı



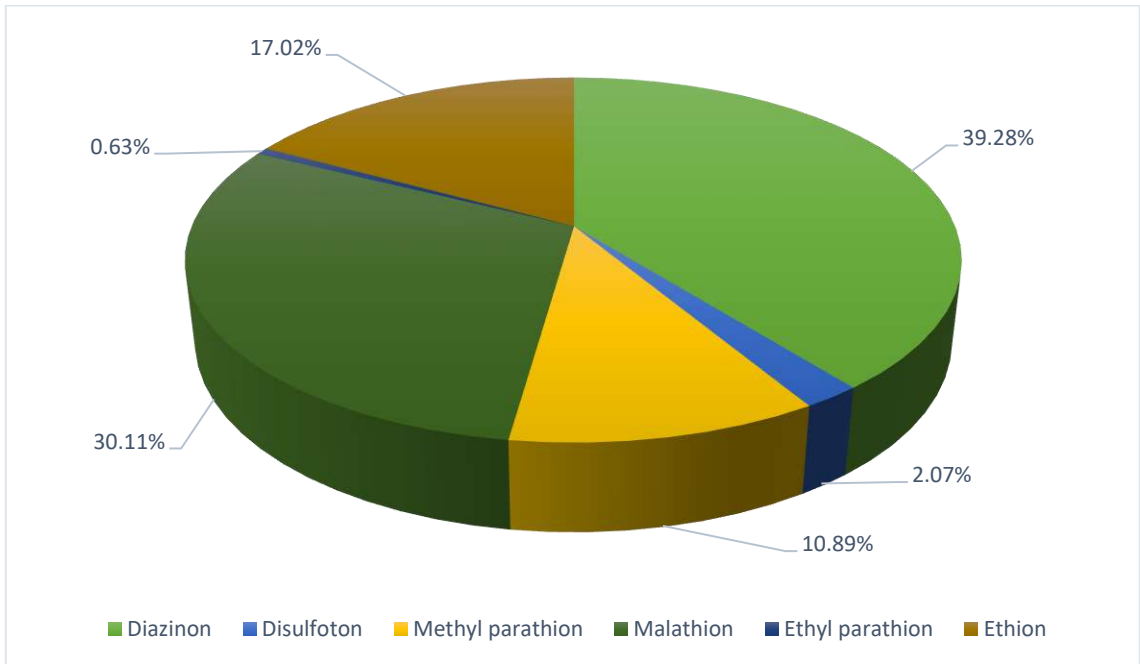
Şekil 4.99: 8 numaralı noktada görülen OPP'lerin yüzdeleri dağılımı



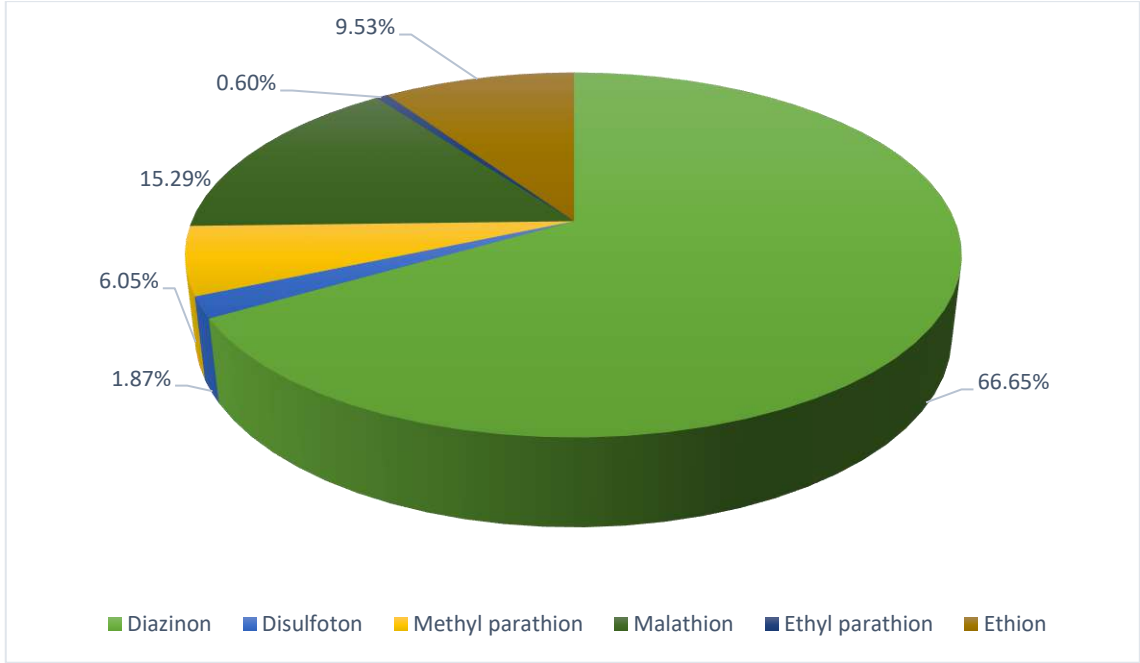
Şekil 4.100: 9 numaralı noktada görülen OPP'lerin yüzdeleri dağılımı



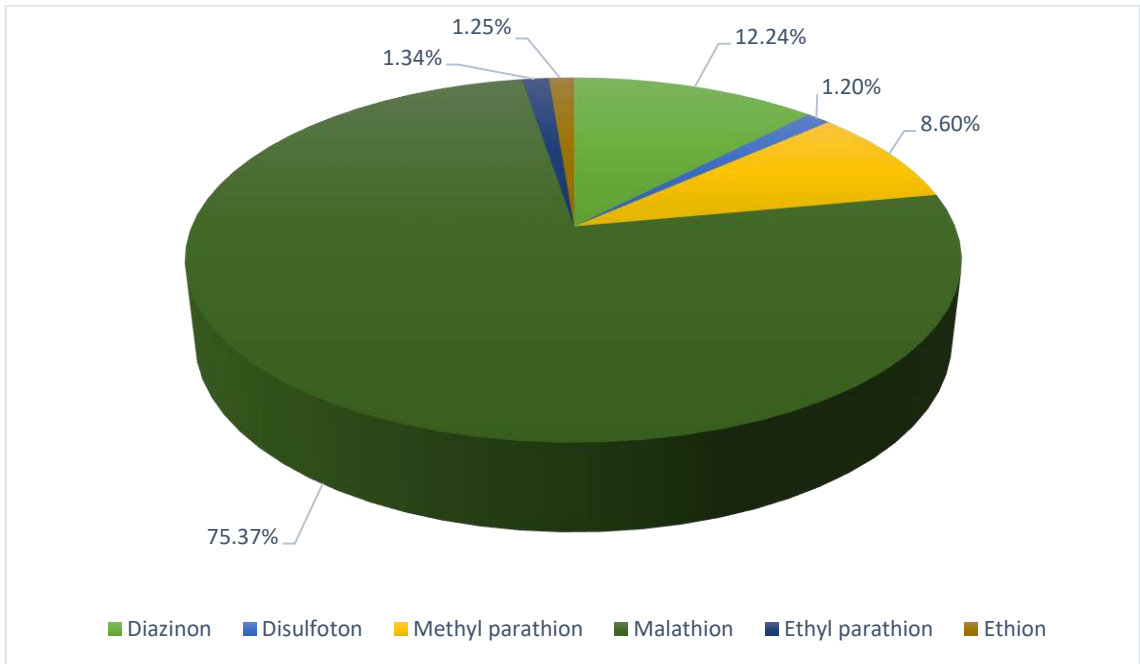
Şekil 4.101: 10 numaralı noktada görülen OPP'lerin yüzdeleri dağılımı



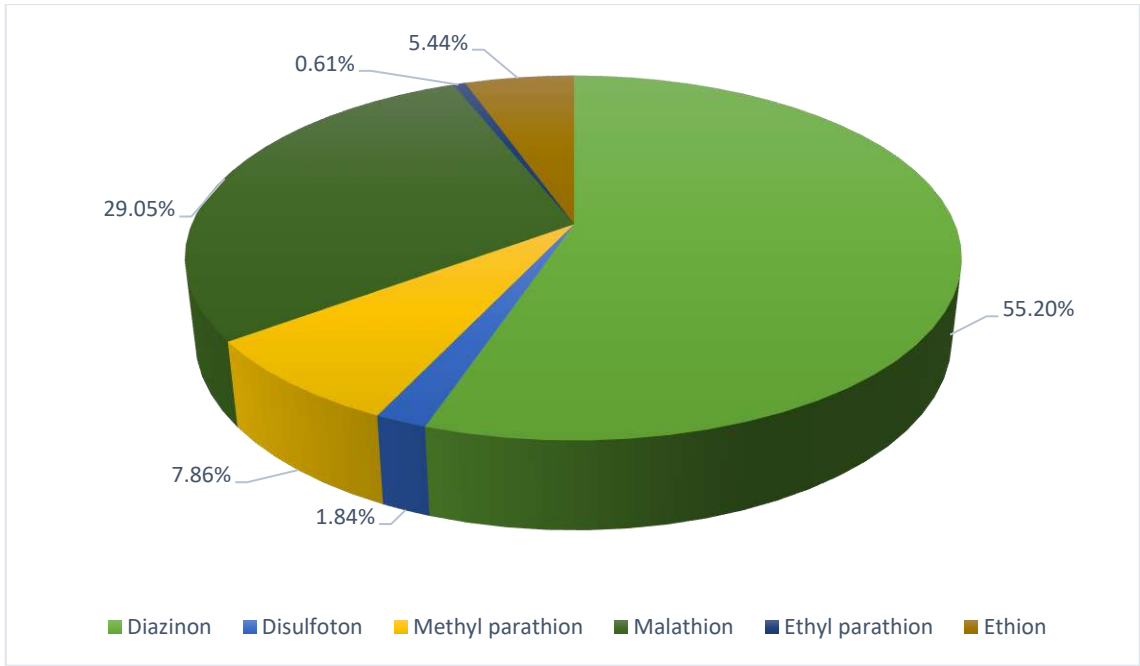
Şekil 4.102: 11 numaralı noktada görülen OPP'lerin yüzdeleri dağılımı



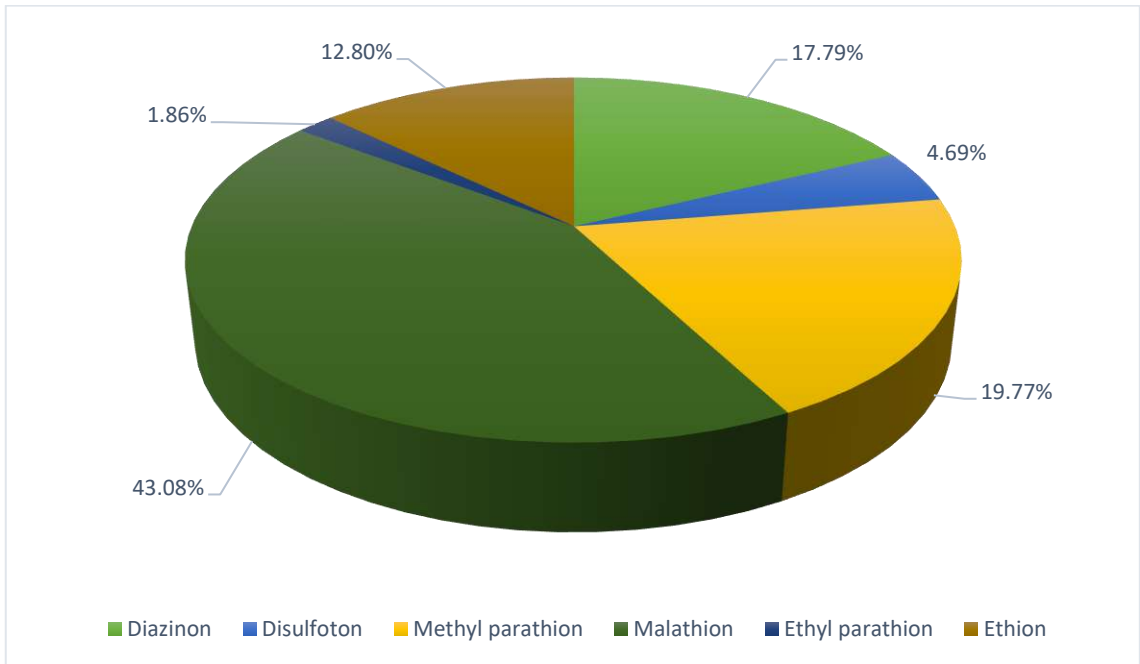
Şekil 4.103: 12 numaralı noktada görülen OPP'lerin yüzdeleri dağılımı



Şekil 4.104: 13 numaralı noktada görülen OPP'lerin yüzdeleri dağılımı

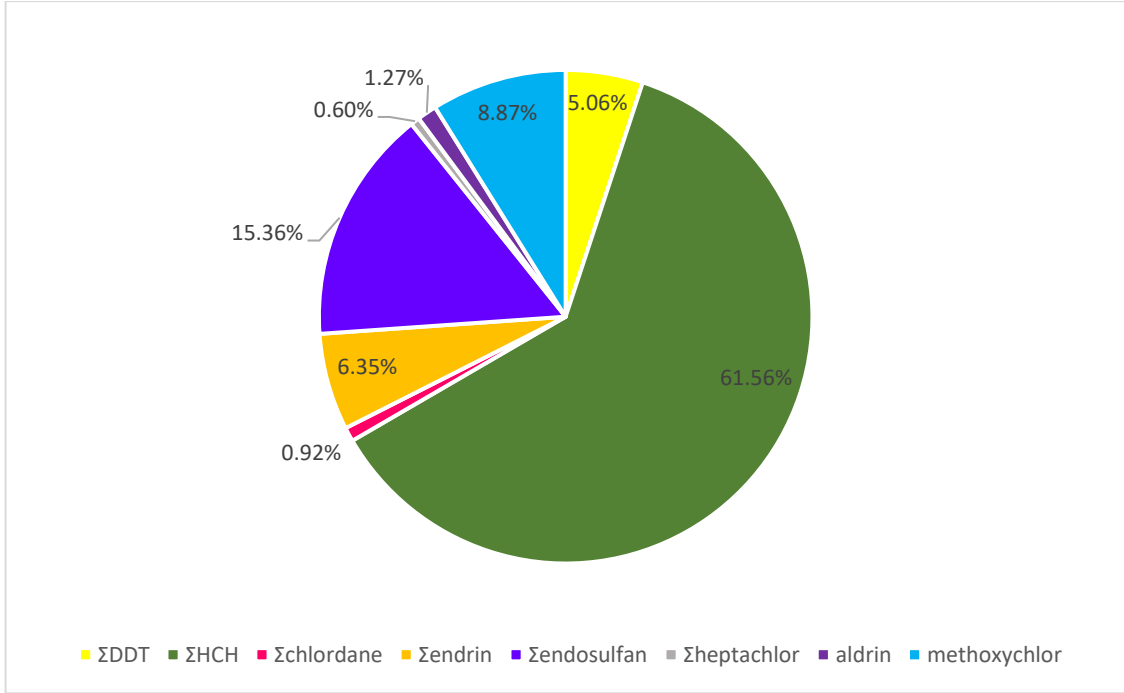


Şekil 4.105: 14 numaralı noktada görülen OPP'lerin yüzdeleri dağılımı



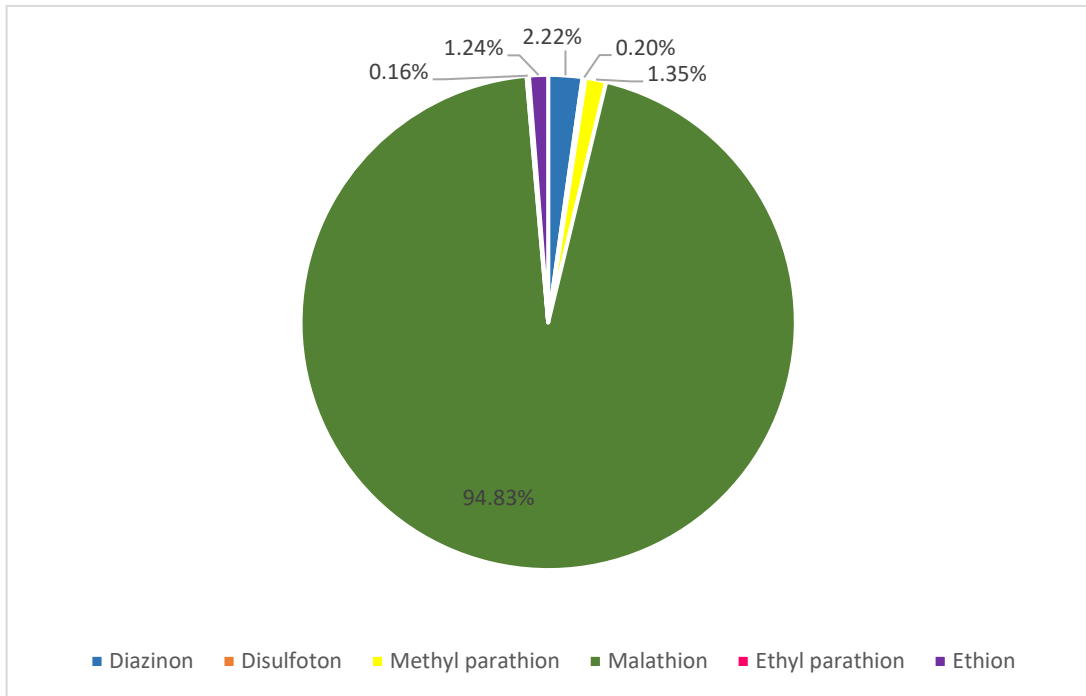
Şekil 4.106: 15 numaralı noktada görülen OPP'lerin yüzdeleri dağılımı

Şekil 4.107'de elde edilen sonuçlara göre $\Sigma 20$ -OCP konsantrasyonlarının yüzdeleri grafikleri verilmiştir. Grafik incelendiğinde en fazla görülen OCP olan HCH ve izomerlerinin %61,56'lık kısmını oluşturduğu görülmüştür. Toplam konsantrasyonlar incelendiğinde ise en az görülen OCP elde edilen verilere göre Şheptachlor olmuştur.



Şekil 4.107: ΣOCP'lerin yüzde dağılım grafiği (ng/g)

Şekil 4.108'de elde edilen sonuçlara göre Σ6-OPP konsantrasyonlarının yüzdelik grafikleri verilmiştir. Sonuçlara göre bütün OPP konsantrasyonları içerisinde en yüksek değere sahip olan Σmalathion %94,83 oranında görülmüştür. Diğer ΣOPP konsantrasyonları ise malathiona göre daha düşük değerlerde görülmüş ve en az konsantrasyona sahip ΣOPP ise ΣEthyl parathion olmuştur.



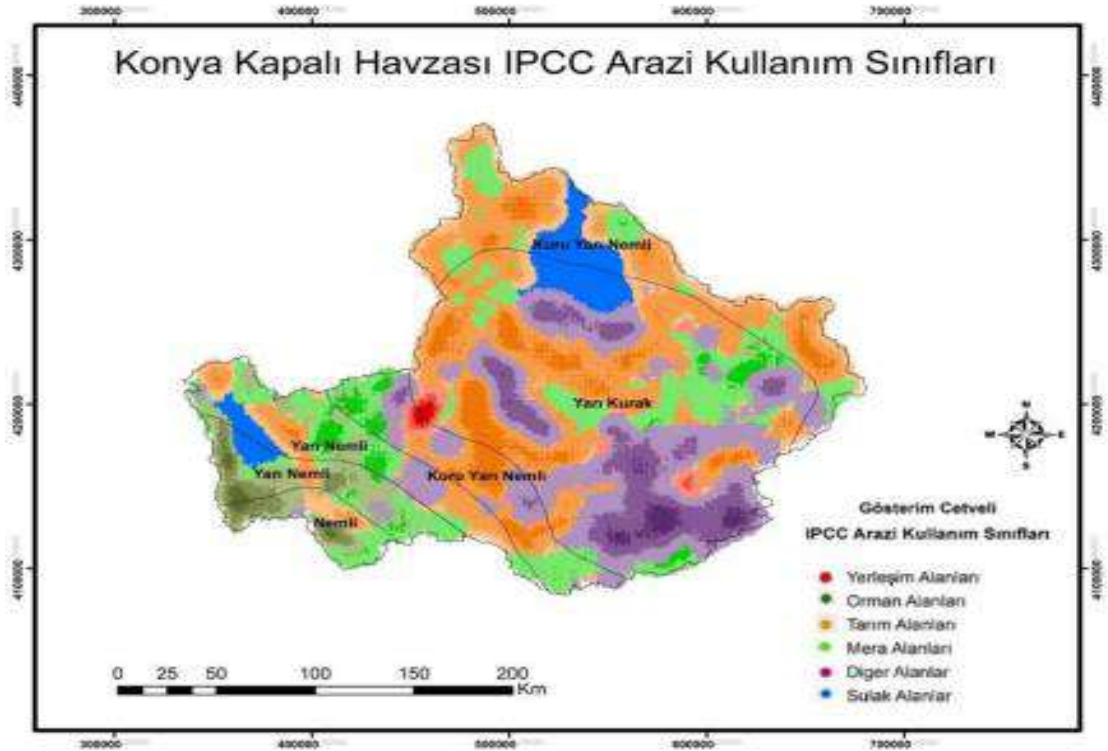
Şekil 4.108: ΣOPP'lerin yüzde dağılım grafiği (ng/g)

Literatürde daha önce yapılmış mikroplastiklere ilintili pestisitlerle ilgili çalışmalar çizelge 4.19’de verilmiştir.

Çizelge 4.19: Literatürde mikroplastiklere ilintili pestisitler ile ilgili yapılmış çalışmalar

Pestisit Türü	Konsantrasyon (ng/g)	Kaynakça
$\Sigma 15$ OCP	198-1202	Rodriguez ve diğ., 2020
$\Sigma 4$ Chlordane	1,8-60	Van ve diğ., 2012
$\Sigma 3$ DDT	0,2-124	Hirai ve diğ., 2011
DDE	0,16-3,1	Mato ve diğ., 2001
$\Sigma 4$ HCH	0,4-1,44	Le ve diğ., 2016
$\Sigma 4$ HCH	3-112	Ryan ve diğ., 2012
$\Sigma 20$ DDT	0-7100	Rios ve diğ., 2007
$\Sigma 20$ OCP	1-454	Rios ve diğ., 2010
$\Sigma 20$ OCP	0,38-94971	Bu çalışma, 2022
$\Sigma 6$ OPP	143-76526	

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde elde ettiğimiz sonuçların bu çalışmalardaki sonuçlardan yüksek olduğunu gördük. Konya havzasında 2019 yılında yapılan araştırmalara göre 2279480 ha tarım alanı bulunmaktadır (Ateşoğlu ve diğ., 2019). Şekil 4.107’de Konya havzasında bulunan arazilerin kullanım alanlarına göre harita sunulmuş ve tarım alanlarının çoğunluğu gözler önüne serilmiştir.



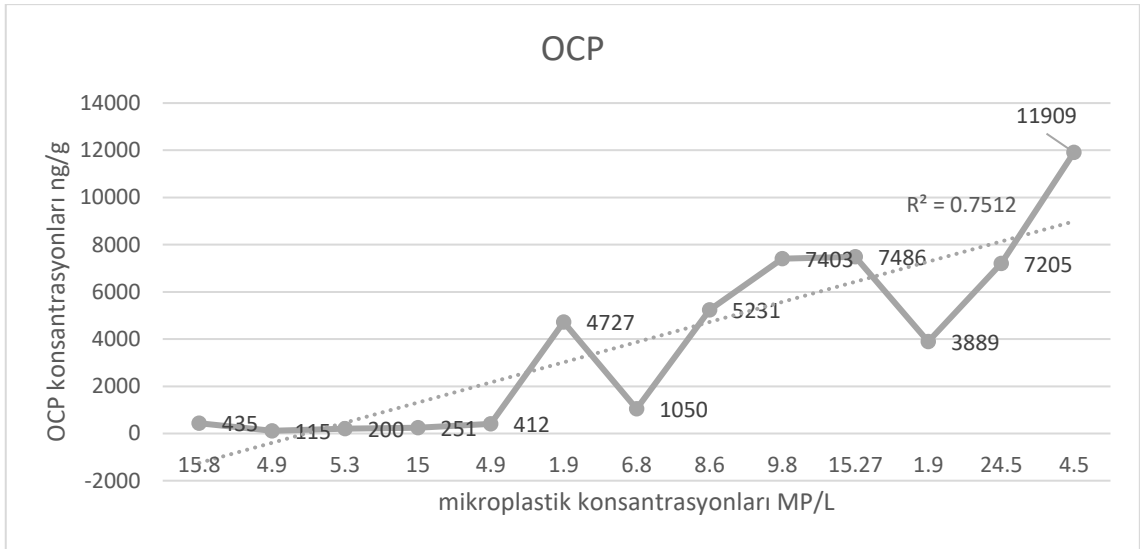
Şekil 4.109: Konya kapalı havzasında bulunan araziler ve tarım alanlarının gösterimi

Elde ettiğimiz sonuçlara bakıldığında OCP’lerin en yüksek çıktığı Isparta Yenişarbademli’de tarım alanlarının fazla olmamasına karşılık HCH izomerlerinin

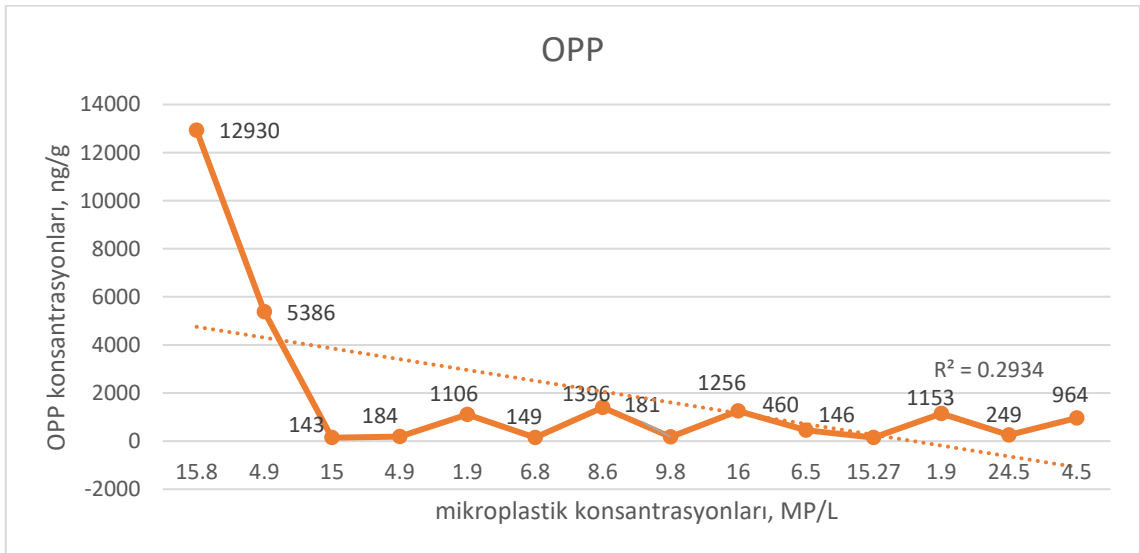
oldukça yüksek konsantrasyonlarda olduğu görüldü. Haritada görüldüğü üzere tarım alanlarının çok olmadığı Yenişarbademli’de özellikle β -HCH konsantrasyonu yüksek çıktı. Bu durum β -HCH’nin çevresel şartlara ve bozunmaya karşı daha dirençli olmasının bir sonucu olarak görüldü (Sarı ve Esen, 2021). 1979 yılında kullanımına sınırlandırma getirilen ve 1985 yılında kullanımı tamamen yasaklanan OCP türü olan HCH’nin kalıcılığının yüksek olması ve kaçak kullanımların sonucu olarak sadece bu noktada değil tüm noktalarda lüteratüre göre oldukça yüksek seviyelerde görüldü. Tarımın oldukça yaygın olduğu Konya kapalı havzası içerisinde kullanımı yasak olan OCP’lerin çoğu için aynı şeyi söylemek mümkündür. Geçmişten günümüze en çok bilinen ve kullanımı en yaygın olan OCP’lerden biri olan DDT ise bazı noktalarda yüksek bazı noktalarda da orta seviyelerde görüldü. Örnekleme noktalarında bir kaçında DDT türevleri olan DDD ve DDE konsantrasyonları DDT’den daha yüksek çıktı. Bu durum ise DDT’lerin uzun süredir burada olduklarının ve çevresel şartlardan dolayı bozunmaya uğrayarak türevlerinin oluşmaya başladığının bir göstergesi olmuştur.

OPP sonuçlarını incelediğimiz zaman ise en yüksek konsantrasyon Aksaray Merkez’de görüldü. Her ne kadar insanlar açısından zararlı olsa da OPP’lerin günümüzde kullanımına dair bir yasak getirilmemiştir. Kullanımlarının güncel zamanda devam ediyor olması sonuçları daha kabul edilebilir kıldı. Fakat literatürle karşılaştırma yaptığımız zaman daha önceki çalışmalara göre daha yüksek sonuçlar elde edildi. OCP’ler ile kıyaslandığında OPP konsantrasyonlarının daha düşük çıkması kalıcılıklarının daha düşük olmasının bir diğer kanıtı olmuştur.

Mikroplastiklerle ile pestisitler arasındaki adsorpsiyon ilişkisini etkileyen birçok faktör vardır. Bunları çevresel koşullar, mikroplastiklerin özellikleri, aşınma durumları, polimer tipi, hidrofobiklik vb. gibi sıralamak mümkündür. Çalışmamızda elde edilen veriler incelendiğinde OCP konsantrasyonları ile mikroplastik konsantrasyonları arasında korelasyon görülmüştür. Fakat bu durum OPP’ler için geçerli olmamıştır. Bu durum OCP’lerin kalıcılıklarının OPP’lere göre daha yüksek olmasıyla açıklanabilir. Şekil 4.108 ile 4.109’da mikroplastik ve pestisit konsantrasyonları arasındaki ilişki ve R^2 değerleri grafikte gösterilmiştir.



Şekil 4.110: Mikroplastik ve OCP konsantrasyonları arasındaki ilişki



Şekil 4.111: Mikroplastik ve OPP konsantrasyonları arasındaki ilişki

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Mikroplastik ve mikroplastiklere ilintili pestisitler günümüzde araştırılması, sonuçlarının ve etkilerinin oldukça açık bir şekilde ortaya koyulması gereken bir konudur. Dünya genelinde mikroplastiklerle ilgili su kaynaklarında, canlılarda, toprakta, besinlerde çok sayıda araştırma ve analizler gerçekleştirilmiş ve sonuçlar paylaşılmıştır. Ülkemizde ise mikroplastikler ile ilgili özellikle denizlerde bulunan mikroplastikler ve etkileri hakkında çalışmalar yapılmış ve sonuçlar elde edilmiştir. Mikroplastiklere ilintili organik kirleticiler ile ilgili aktif olarak yapılan bir çalışma olmamakla birlikte özellikle yüzeysel sularda bu konuda yapılan hiçbir çalışmanın bulunmaması endişe verici bir konudur. Bu çalışma ülkemizde havza bazında yapılan özellikle mikroplastiklere ilintili pestisitlerin analizi için gerçekleştirilmiş ilk çalışma olma özelliğini taşımaktadır.

Çalışmamızda Konya kapalı havzasının tümünü temsilen seçilen 15 farklı noktadan alınan numunelerde mikroplastikler ile ilintili pestisitlerin analizi amaçlandı ve bunun için öncelikle bu noktalardaki mikroplastiklerin analizi gerçekleştirildi. Çalışma sırasında analizlerle ilgili olarak standart bir yöntemin olmaması sebebiyle literatürde yer alan birçok makale ve tez çalışmasından faydalanılmış ve analizler gerçekleştirilmiştir. Mikroplastiklerin analizleri sırasında öncelikle elekten geçirme, organik madde giderimi için H_2O_2 ve Fe(II) ile fenton prosesi kullanılmıştır. Yoğunluk ayırma işlemi için yüksek yoğunluğa sahip olduğundan dolayı $ZnCl_2$ kullanılmıştır. Tanımlama aşamasında ise biyolojik ve stereo ışık mikroskoplarından faydalanılmıştır.

Mikroplastiklere ilintili pestisitlerin analizi için ise yine uluslararası literatür taranmış ve en uygun yöntemin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma sonuçlarında analizlerde yoğunluk ayırma işlemi sonrasında ekstraksiyon işlemi için n-hekzan:petrol eteri (1:1) kullanılmıştır. Kolon temizleme işlemi sırasında ıslak doldurma tekniği kullanılarak adsorban olarak deaktif silika jel ve sodyum sülfat ile hazırlanan kolonlardan ekstraktın elüsyonu n-hekzan ve n-hekzan:etil asetat (1:1) solventleri ile gerçekleştirilmiştir. 20-OCP ve 6-OPP bileşiğinin kantitatif analizleri GC-MS sistemi ile gerçekleştirilmiştir.

Analiz sonuçlarında en yüksek mikroplastik konsantrasyonu 24 MP/L ile Ecemiş Kaynağı'nda görüldü. Numunelerin çoğunda görülen en baskın mikroplastik türü fragment oldu ve bunu fiber, film, pellet ve foamlar takip etti. En yaygın görülen renk ise şeffaftı ve bundan başka gri, mavi, siyah, beyaz, sarı, yeşil, kırmızı, pembe, kahverengi, mor renkleri de görüldü. Örnekleme noktaları göz önüne alındığında yerleşim yerlerine

çok yakın olduğu bu nedenle analiz edilen bu mikroplastiklerin kaynağı olarak evsel kaynaklı atıksular ve yıkama sularının yüzeysel sulara karışmış olabileceği düşünüldü. Atıksuların direk deşarjı veya arıtma tesislerinde mikroplastiklerin gideriminin tam sağlanamaması ve bu suların alıcı ortamlara deşarjı başlıca sebeplerden biri olarak görülmüştür.

Mikroplastiklere ilintili pestisitlerin analizi için yapılan çalışmaların sonucunda ise OCP'lerin OPP'lere kıyasla daha yüksek oranlarda görüldüğü ve en yüksek görülen pestisit türünün HCH ve izomerleri olduğu belirlendi. MP konsantrasyonu ile arasında bir bağlantı olmaksızın en yüksek OCP konsantrasyonu Isparta'da bulunan Yenişarbademli Deresi'nde görüldü. Noktaların hepsine bakıldığında ise HCH izomerlerinden β -HCH izomerinin daha yüksek oranda görüldüğü belirlendi. OCP'lerin kullanımının yasaklandığı ülkemizde pestisit konsantrasyonlarının bu denli yüksek görülmesi kalıcılıklarının yüksek olması ve kaçak kullanımların hala devam etmesi olarak belirlendi. OPP'ler ise nispeten daha düşük kalıcılıkları ile tercih edilmeye başlanmış ve numune alınan noktaların hepsinde tespit edilmiştir. OPP'lerin en yüksek görüldüğü nokta Aksaray Merkez olarak tespit edilmiştir. Numunelerde en çok tespit edilen OPP ise malathion olarak belirlendi.

5.2 Öneriler

Ülkemizde yasaklanan OCP'ler ile aktif olarak kullanılan OPP'ler ve bunları yapısında adsorplayıp su kaynaklarında taşıyıcı görev gören mikroplastiklerin örnekleme noktalarında bol miktarda görülmesi endişe verici bir durum olmuştur. Türkiye genelinde bu konu hakkında yapılan araştırmaların eksikliği, insanlar tarafından bilinçsizce kullanılan plastikler ve pestisitlerle ilgili bilgi eksikliğinin temelini oluşturmuştur. Konya kapalı havzası için yapılan bu ve benzeri çalışmalar Türkiye genelinde yaygınlaştırılmalı ve daha çok proje gerçekleştirilmelidir. Yapılan veya yapılacak olan çalışmalar insanlara daha çok ulaştırılmalı, insanların bu konuda bilinçlendirilmesi sağlanmalıdır. Her ne kadar kullanımı yasaklanmış olsa bile kaçak kullanılan OCP'ler için daha sıkı denetimler gerçekleştirilmeli ve aksi durumda gerekli idari cezalar uygulanmalıdır. Kalıcılığı az olsa da zararları fazla olan ve uygulandığında çoğu hedef olmayan çevreye yayılan OPP'lerin kullanımı sınırlandırılmalıdır.

Plastiklerin çevre ve insan sağlığına etkilerinin yavaş yavaş gündeme gelmesiyle beraber ülkemizde ve dünya genelinde önlemler alınmaya başlanmış ve alınan bu önlemlerin uygulanmasıyla plastik malzemelerin tüketiminin azaltılması amaçlanmıştır.

Alınan bu önlemlerin birkaç tanesinden bahsetmek gerekirse günlük hayatta sıklıkla kullandığımız plastik poşetlerin kullanımının sınırlandırılması için çalışmalar yapılmıştır. AB ülkeleri 2015 yılından beri Hafif Plastik Poşetlerin Tüketiminin Azaltılması Yönergesi kapsamında 2019 yılına kadar kişi başı yıllık olarak kullanılan plastik poşet miktarını 90 adet olarak belirlemiş ve 2025 yılına kadar bu miktarı 40'a kadar düşürmeyi hedeflemiştir. Bu hedef doğrultusunda birçok AB ülkesinde plastik poşet kullanımının azaltılması için 3 farklı politika izlenmiştir. Bunları gönüllü anlaşmalar ile plastik poşet kullanımını sınırlandıran AB ülkeleri, plastik poşet kullanımını yasaklayan AB ülkeleri ve plastik poşetleri vergilendiren veya ücretlendiren AB ülkeleri olarak sınıflandırmak mümkündür. Türkiye ise bu duruma karşı Çevre Kanunu'nda yapılan güncellemeler ile beraber 1 Ocak 2019 tarihinden itibaren plastik poşet kullanımını ücretlendirerek önlem almış ve plastik kullanımını azaltmayı hedeflemiştir (TMMOB Kimya Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Plastik ve Kauçuk Komisyonu, 2021).

Alınan bir başka önlem ise Sıfır Atık projelerinin günümüzde daha çok gündeme getirilerek atık azaltma ve atıkların ayrı olarak toplanması hedeflenmiş bu durumla beraber plastiklerin geri dönüşümünün artırılması amaçlanmıştır. Plastik tüketiminin artması ile ülkeler arasında atık ticareti başlamış ve atık kontrolünü sağlayamayan her ülke bu şekilde kendi adına ürettikleri plastik atık miktarını azaltmayı hedeflemiştir. Bu durum sonucunda BM tarafından tehlikeli atıkların başka ülkelere taşınması ve bertaraf edilebilmesi için 1989 yılında imzaya açılan Basel Sözleşmesi 1992 yılında yürürlüğe girmiştir. 2019 yılında plastik atıklarında bu sözleşme kapsamına dahil edilmiştir. Türkiye ise bu sözleşmeyi 1989 yılında imzalamış ve 1994 yılında taraf olarak atık ticareti için adımlar atmıştır (TMMOB Kimya Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Plastik ve Kauçuk Komisyonu, 2021; Kayan ve Küçük, 2020).

Türkiye'de plastik atıkların azaltılması için uygulanması planlanan bir başka önlem ise Türkiye Depozito İade Sistemi Projesi (TÜDİS)'dir (TMMOB Kimya Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Plastik ve Kauçuk Komisyonu, 2021). Bu proje ile hem atıkların azaltılması amaçlanmış hemde geri dönüşüm oranının artırılması hedeflenmiştir.

6. KAYNAKLAR

- Akarsu, C., Kumbur, H., Gökdağ, K., Kıdeyş, A., E., Sanchez-Vidal, A., 2020. Microplastics composition and load from three wastewater treatment plants discharging into Mersin Bay, north eastern Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 150, 1-13.
- Akdoğan, A., 2011. Bazı pestisitlerin kromatografik ayrılmaları ve tayinleri. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Denizli, 1-166.
- Akdoğan, A., Divrikli, Ü., Elçi, L., 2012. Pestisitlerin Önemi ve Ekosisteme Etkileri. *Akademik Gıda Dergisi*, 10 (1), 125-132.
- Altıkat, A., Turan, T., Ekmekyapar Torun, F., 2009. Türkiye’de Pestisit Kullanımı ve Çevreye Olan Etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40 (1), 87-92.
- Andrady, A. L., 2017. The plastic in microplastics: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 119, 12-22.
- Antunes, J. C., Frias, J. G. L., Micaelo, A. C., Sobral, P., 2013. Resin pellets from beaches of the Portuguese coast and adsorbed persistent organic pollutants. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 130, 62-69.
- Ateşoğlu, A., Arıkan, T. B., Yıldız, S., 2019. Konya kapalı havzası orman, mera ve tarım alanlarının değerlendirilmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 21, 821-832.
- Aydın, S., Ulvi, A., Aydın, M, A., Ulvi, A., 2019. Mikroplastikler ve çevresel etkileri. 4. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi. 14-17 Şubat, Ankara: Doğan Yayıncılık, 17-26.
- Bakir, A., Rowland, S. J., Thompson, R. C., 2014. Enhanced desorption of persistent organic pollutants from microplastics under simulated physiological conditions. *Environmental Pollution*, 185, 16-23.
- Balcı, S., Z., 2020. Bazı gıdalardaki mikroplastik kirliliğinin tespiti, Yüksek lisans tezi. T.C. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 15-21.
- Barrows, A. P. W., Christiansen, K., Bode, E. T., Hoellein, T. J., 2018. A watershed-scale, citizen science approach to quantifying microplastic concentration in a mixed land-use river. *Water Research*, 147, 382-392.
- Battulga, B., Kawashigashi, M., and Oyuntsetseg, B., 2020, Behavior and distribution of polystyrene foams on the shore of Tuul River in Mongolia, 260, 1-7.
- Berber, A. A., 2016. Kentsel Atıksu Arıtma Tesisinde ve Besin Zincirinde Mikroplastikler’in İncelenmesi ve Karakterizasyonu. *Sakarya*. 1-55.
- Bujacsek, T., Kolter, S., Locky, D., Ross, M, S., 2021. Characterization of microplastics and anthropogenic fibers in surface waters of the North Saskatchewan River, Alberta, Canada. *FACETS*, 6, 26–43.
- Buran, T., 2016. Organoklorlu pestisitlerin GC-ECD ile tayininde clean-up yöntemleri, Yüksek lisans tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Ankara, 9-16.
- Camacho, M., Herrera, A., Gomez, M., Acosta-Dacal, A., Martinez, I., Henriquez-Hernandez, L., A., Luzardo, O., P., 2019. Organic pollutants in marine plastic debris from Canary Islands beaches. *Science of the Total Environment*, 662, 22-31.
- Campanale, C., Massarelli, C., Losacco, D., Bisaccia, D., Triozzi, M., Uricchio, V. F., 2021. The monitoring of pesticides in water matrices and the analytical criticalities: A review. *Trends in Analytical Chemistry*, 144.
- Cannas, S., Fastelli, P., Guerranti, C., and Renzi, M., 2012, Plastic litter in sediments from the coasts of south Tuscany (Tyrrhenian Sea), 119, 372-375.

- Costa, J. P., Duarte, A. C., Rocha-Santos, T. A. P., 2017. Microplastics – Occurrence, Fate and Behaviour in the Environment. Characterization and Analysis of Microplastics, 75, 1-20.
- Capriotti, M., Cocci, P., Bracchetti, L., Cottone, E., Scandiffio, R., Caprioli, G., Sagratini, G., Mosconi, G., Bovolin, P., Palermo, F. A., 2021. Microplastics and their associated organic pollutants from the coastal waters of the central Adriatic Sea (Italy): Investigation of adipogenic effects in vitro. *Chemosphere*, 263.
- Çullu, A. F., Sönmez, V. Z., Sivri, N., 2021. Microplastic contamination in surface waters of the Küçükçekmece Lagoon, Marmara Sea (Turkey): Sources and areal distribution. *Environmental Pollution*, 268.
- Devecioğlu, D., 2015. Katı faz mikro ekstraksiyon yöntemiyle organofosforlu pestisitlerin tayini için yöntem geliştirilmesi, Yüksek lisans tezi. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, İstanbul 2015.
- Di, M., Wang, J., 2018. Microplastics in surface waters and sediments of the Three Gorges Reservoir, China. *Science of the Total Environment*, 616-617, 1620-1627.
- Ding, L., Mao, R., Guo, X., Yang, X., Zhang, Q., Yang, C., 2019. Microplastics in surface waters and sediments of the Wei River, in the northwest of China. *Science of the Total Environment*, 667, 427-434.
- Diri, M., 2018. Konya Kapalı Havzası yüzeysel su kalitesi değişiminin izlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 25-53.
- Doğruyol, P., 2019. Haliç sedimanlarında mikroplastik kirliliğinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, 1-83.
- Eerkes-Medrano, D., Thompson, R., C., Aldridge, D., C., 2015. Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs. *Water Research*, 75, 63-82.
- Egessa, R., Nankabirwa, A., Basooma, R., and Nabwire, R., 2020, Occurrence, distribution and size relationships of plastic debris along shores and sediment of northern Lake Victoria, 257, 1-9.
- Endo, S., Yuyama, M., Takada, H., 2013. Desorption kinetics of hydrophobic organic contaminants from marine plastic pellets. *Marine Pollution Bulletin*, 74, 125-131.
- Eriksen, M., Mason, S., Wilson, S., Box, X., Zellers, A., Edwards, W., Farley, H., Amato, S., 2013. Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes. *Marine Pollution Bulletin*, 77, 177-182.
- Esmeray, E., Armutçu, C., 2020. Mikroplastikler, Çevre-İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri ve Analiz Yöntemleri. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8, 839-868.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2002. International Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides.
- Faure, F., Demars, C., Wieser, O., Kunz, M., De Alencastro, L.F., 2015. Plastic pollution in Swiss surface waters: nature and concentrations, interaction with pollutants. *Environmental Chemistry*, 12, 582–591.
- Fred-Ahmadu, O. H., Tenebe, I. T., Ayejuyo, O. O., Benson, N. U., 2022. Microplastics and associated organic pollutants in beach sediments from the Gulf of Guinea (SE Atlantic) coastal ecosystems. *Chemosphere*, 298.
- Free, C. M., Jensen, O. P., Mason, S. A., Eriksen, M., Williams, N. J., Boldgiv, B., 2014. High-levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake. *Marine Pollution Bulletin*, 85, 156-163.

- Frias, J. P. G. L., Sobral, P., Ferreira, A. M., 2010. Organic pollutants in microplastics from two beaches of the Portuguese Coast. *Marine Pollution Bulletin*, 60, 1988-1992.
- Gedik, K., Eryaşar, A. R., 2020. Microplastic pollution profile of Mediterranean mussels (*Mytilus galloprovincialis*) collected along the Turkish coasts. *Chemosphere*, 260.
- Guerranti, C., Cannas, S., Scopentani, C., Fastelli, P., Cincinelli, A., and Renzi, M., 2017, Plastic litter in aquatic environments of Maremma Regional Park (Tyrrhenian Sea, Italy): Contribution by the Ombrone river and levels in marine sediments, 117, 366-370.
- Gökdağ, K., 2017. Kuzeydoğu Akdeniz’de denizsuyu, Sediman ve balıkların sindirim kanalında mikroplastik kirliliği, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 19-97.
- Gies, E. A., LeNoble, J. L., Noel, M., Etemadifar, A., Bishay, F., Hall, E. R., Ross, P. S., 2018. Retention of microplastics in a major secondary wastewater treatment plant in Vancouver, Canada. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 553-561.
- Gürbüz, Ö., 2017. Marmara Denizi mikroplastik karakterizasyonu ve dağılımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul, 1-111.
- He, B., Goonetilleke, A., Ayoko, G. A., Rintoul, L., 2020. Abundance, distribution patterns, and identification of microplastics in Brisbane River sediments, Australia. *Science of the Total Environment*, 700, 1-10.
- Heskett, M., Takada, H., Yamashita, R., Yuyama, M., Ito, M., Geok, Y. B., Ogata, Y., Kwan, C., Heckhausen, A., Taylor, H., Powell, T., Morishige, C., Young, D., Patterson, H., Robertson, B., Bailey, E., Mermoz, J., 2012. Measurement of persistent organic pollutants (POPs) in plastic resin pellets from remote islands: Toward establishment of background concentrations for International Pellet Watch. *Marine Pollution Bulletin*, 64, 445-448.
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., Thiel, M., 2012. Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification. *Environmental Science&Technology*, 46, 3060-3075.
- Hirai, H., Takada, H., Ogata, Y., Yamashita, R., Mizukawa, K., Saha, M., Kwan, C., Moore, C., Gray, H., Laursen, D., Zettler, E.R., Farrington, J.W., Reddy, C.M., Peacock, E.E., Ward, M.W., 2011. Organic micropollutants in marine plastics debris from the open ocean and remote and urban beaches. *Marine Pollution Bulletin* 62, 1683–1692.
- Horton, A., A., Svendsen, C., Williams, R., J., Spurgeon, D., J., Lahive, E., 2017. Large microplastic particles in sediments of tributaries of the River Thames, UK – Abundance, sources and methods for effective quantification. *Marine Pollution Bulletin*, 114, 218-226.
- Huang, Y., Liu, Q., Jia, W., Yan, C., and Wang J., 2020, Agricultural plastic mulching as a source of microplastics in the terrestrial environment, 260, 1-6.
- Huang, Y., Yan, M., Xu, K., Nie, H., Gong, H., Wang, J., 2019. Distribution characteristics of microplastics in Zhubi Reef from South China Sea. *Environmental Pollution*, 255, 1-8.
- Jiang, C., Yin, L., Li, Z., Wen, X., Luo, X., Hu, S., Yang, H., Long, Y., Deng, B., Huang, L., Liu, Y., 2019. Microplastic pollution in the rivers of the Tibet Plateau. *Environmental Pollution*, 249,91-98.
- Jiang, Y., Yang, F., Zhao, Y., Wang, J., 2020. Greenland Sea Gyre increases microplastic pollution in the surface waters of the Nordic Seas. *Science of the Total Environment*, 712, 1-9.

- Kapp, K. J., Yeatman, E., 2018. Microplastic hotspots in the Snake and Lower Columbia rivers: A journey from the Greater Yellowstone Ecosystem to the Pacific Ocean. *Environmental Pollution*, 241, 1082-1090.
- Kayan, A., Küçük, A., 2020. Plastik Kirliliğin Çevresel Zararları ve Çözüm Önerileri. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22/2, 403-427.
- Kazour, M., Jemaa, S., Issa, C., Khalaf, G., Amara, R., 2019. Microplastics pollution along the Lebanese coast (Eastern Mediterranean Basin): Occurrence in surface water, sediments and biota samples. *Science of the Total Environment*, 696, 1-12.
- Klein S., Dimzon I. K., Eubeler J., Knepper T. P., 2018. Analysis, occurrence, and degradation of microplastics in the aqueous environment. *Freshwater microplastics: emerging environmental contaminants*. Editörler: Wagner M., Lambert S. Springer, Heidelberg, 51-67.
- Koçyiğit, H., Sinanoğlu, F., 2019. Yüzeysel Sularda Pestisit Kalıntısının Araştırılması Çalışma Örneği; Alanya Alara Çayı. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 5 (2), 224-236.
- Konya, M. Y., 2019. Marmara Denizi Büyükçekmece ve Tuzla istasyonları mikroplastik miktarları ve dağılımı, Yüksek Lisans Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, 12-18.
- Kumar, R., Sharma, P., Manna, C., Jain, M., 2021. Abundance, interaction, ingestion, ecological concerns, and mitigation policies of microplastic pollution in riverine ecosystem: A review. *Science of the Total Environment*, 782.
- Laskar, N., and Kumar, U., 2019, *Plastics and microplastics: A threat to environment*, 14, 1-9.
- Le, D. Q., Takada, H., Yamashita, R., Mizukawa, K., Hosoda, J., Tuyet, D. A., 2016. Temporal and spatial changes in persistent organic pollutants in Vietnamese coastal waters detected from plastic resin pellets. *Marine Pollution Bulletin*, 109, 320-324.
- Lee, H., Shim, W. J., Kwon, J., 2014. Sorption capacity of plastic debris for hydrophobic organic chemicals. *Science of the Total Environment*, 470-471, 1545-1552.
- Lee, J., Hong, S., Song, Y.K., Hong, S.H., Jang, Y.C., Jang, M., Heo, N.W., Han, G.M., Lee, M.J., Kang, D., and Shim, W.J., 2013, Relationships among the abundances of plastic debris in different size classes on beaches in South Korea, 77, 349-355.
- Leon, V. M., Garcia-Agüera, I., Molto, V., Fernandez-Gonzalez, V., Llorca-Perez, L., Andrade, J. M., Muniategui-Lorenzo, S., Campillo, J. A., 2019. PAHs, pesticides, personal care products and plastic additives in plastic debris from Spanish Mediterranean beaches. *Science of the Total Environment*, 670, 672-684.
- Li, J., Liu, H., Chen, J. P., 2018. Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects, and methods for microplastics detection. *Water Research*, 137, 362-374.
- Li, Q., Wu, J., Zhao, X., Gu, X., Ji, R., 2019. Separation and identification of microplastics from soil and sewage sludge. *Environmental Pollution*, 254, 1-9.
- Li, X., Chen, L., Mei, Q., Dong, B., Dai, X., Ding, G., Zeng, E., Y., 2018. Microplastics in sewage sludge from the wastewater treatment plants in China. *Water Research*, 142, 75-85.
- Lo, H., Wong, C., Tam, N. F., Cheung, S., 2019. Spatial distribution and source identification of hydrophobic organic compounds (HOCs) on sedimentary microplastic in Hong Kong. *Chemosphere*, 219, 418-426.
- Lozoya, J. P., Teixeira de Mello, F., Carrizo, D., Weinstein, F., Olivera, Y., Cedres, F., Pereira, M., Fossati, M., 2016. Plastics and microplastics on recreational beaches

- in Punta del Este (Uruguay): Unseen critical residents. *Environmental Pollution*, 218, 931-941.
- Lucia, L., Izaskun, P., Manuel, G., Larissa, A.N., Isabel, M., Antonio, P., and Alberto, S., 2017, Incidental ingestion of meso- and macro-plastic debris by benthic and demersal fish, 14, 1-5.
- Mani, T., Blarer, P., Storck, F. R., Pittroff, M., Wernicke, T., Burkhardt-Holm, P., 2019. Repeated detection of polystyrene microbeads in the lower Rhine River. *Environmental Pollution*, 245, 634–641.
- Mani, T., Hauk, A., Walter, U., Burkhardt-Holm, P., 2015. Microplastics profile along the Rhine River. *Scientific Reports*, 5, 1-7.
- Mato, Y., Isobe, T., Takada, H., Kanehiro, H., Ohtake, C., Kaminuma, T., 2001. Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment. *Environmental Science Technology*, 35, 318-324.
- MEB. 2012. Milli Eğitim Bakanlığı, Çevre Sağlığı “Pestisitler”.Ankara, 2012 http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/pestisitler.pdf. ErişimTarihi:03.06.2020, 16:44.
- Mintenig, S., Kooi, M., Erich, M., Primpke, S., Redondo-Hasselerharm, P., Dekker, S., Koelmans, A., van Wezel, A., 2020. A systems approach to understand microplastic occurrence and variability in Dutch riverine surface waters. *Water Research*, 176.
- Mintenig, S., M., Int-Veen, I., Löder, M., G., J., Primpke, S., Gerdt, G., 2017. Identification of microplastic in effluents of waste water treatment plants using focal plane array-based micro-Fourier-transform infrared imaging. *Water Research*, 108, 365-372.
- Mizukawa, K., Takada, H., Ito, M., Geok, Y. B., Hosoda, J., Yamashita, R., Saha, M., Suzuki, S., Miguez, C., Frias, J., Antunes, J. C., Sobral, P., Santos, I., Micaelo, C., Ferreira, A. M., 2013. Monitoring of a wide range of organic micropollutants on the Portuguese coast using plastic resin pellets. *Marine Pollution Bulletin*, 70, 296-302.
- Moore, C. J., Lattin, G. L., Zellers, A. F., 2011. Quantity and type of plastic debris flowing from two urban rivers to coastal waters and beaches of Southern California. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 11(1), 65-73.
- Napper, I.E., Baroth, A., Barrett, A.C., Bhola, S., Chowdhury, G.W., Davies, B.F., Duncan, E.M., Kumar, S., Nelms, S.E., Niloy, M.N.H., 2021. The abundance and characteristics of microplastics in surface water in the transboundary Ganges River. *Environmental Pollution*, 274.
- Nie, H., Wang, J., Xu, K., Huang, Y., Yan, M., 2019. Microplastic pollution in water and fish samples around Nanxun Reef in Nansha Islands, South China Sea. *Science of the Total Environment*, 696, 1-7.
- Ogata, Y., Takada, H., Mizukawa, K., Hirai, H., Iwasa, S., Endo, S., Mato, Y., Saha, M., Okuda, K., Nakashima, A., Murakami, M., Zurcher, N., Booyatumanondo, R., Zakaria, M. P., Dung, L. Q., Gordon, M., Miguez, C., Suzuki, S., Moore, C., Karapanagioti, H. K., Weerts, S., McClurg, T., Burres, E., Smith, W., Velkenburg, M. V., Lang, J. S., Lang, R. C., Laursen, D., Danner, B., Stewardson, N., Thompson, R. C., 2009. International Pellet Watch: Global monitoring of persistent organic pollutants (POPs) in coastal waters. 1. Initial phase data on PCBs, DDTs, and HCHs. *Marine Pollution Bulletin*, 58, 1437-1446.
- Olguner, B., 2021. İstanbul Boğazı sedimentinde mikroplastik kirliliğinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 16-20.

- Özyurt, B., Erkekoğlu, P., 2016. Organoklorlu Pestisitler, Poliklorlu Bifeniller ve Kahve Tüketimi ile Pankreas Kanseri Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi, 36, 70-88.
- Pan, Z., Sun, Y., Liu, Q., Lin, C., Sun, X., He, Q., Zhou, K., Lin, H., 2020. Riverine microplastic pollution matters: a case study in the Zhangjiang River of Southeastern China. *Marine Pollution Bulletin*, 159.
- Prata, J., C., Costa, J., P., Duarte, A., C., Rocha-Santos, T., 2019. Methods for sampling and detection of microplastics in water and sediment: A critical review. *Trends in Analytical Chemistry*, 110, 150-159.
- Pozo, K., Urbina, W., Gómez, V., Torres, M., Nuñez, D., Příbylová, P., Audy, O., Clarke, B., Arias, A., Tombesi, N., Guida, Y., Klánová, J., 2015. Persistent organic pollutants sorbed in plastic resin pellet — “Nurdles” from coastal areas of Central Chile. *Marine Pollution Bulletin*, 151, 1-7.
- Rios, L. M., Moore, C., Jones, P.R., 2007. Persistent organic pollutants carried by synthetic polymers in the ocean environment. *Marine Pollution Bulletin* 54, 1230–1237.
- Rios, L. M., Jones, P. R., Moore, C., Narayan, U. V., 2010. Quantitation of persistent organic pollutants adsorbed on plastic debris from the Northern Pacific Gyre’s “eastern garbage patch”. *Journal of Environmental Monitoring*, 12, 2226-2236.
- Ribeiro, F., O’Brien, J.W., Galloway, T., and Thomas, K.V., 2018, Accumulation and fate of nano- and micro-plastics and associated contaminants in organisms, 111, 139-146.
- Rodrigues, J. P., Duarte, A. C., Santos-Echeandía, J., 2019. Significance of interactions between microplastics and POPs in the marine environment: A critical overview. *Trends in Analytical Chemistry*, 111, 252-260.
- Rodriguez, C., Fossatti, M., Carrizo, D., Sanchez-Garcia, L., Teixeira de Mello, F., Weinstein, F., Lozoya, J. P., 2020. Mesoplastics and large microplastics along a use gradient on the Uruguay Atlantic coast: Types, sources, fates, and chemical loads. *Science of the Total Environment*, 721.
- Ryan, P. G., Bouwman, H., Moloney, C. L., Yuyama, M., Takada, H., 2012. Long-term decreases in persistent organic pollutants in South African coastal waters detected from beached polyethylene pellets. *Marine Pollution Bulletin*, 64, 2756-2760.
- Sarı, M. F., Esen, F., 2021. Hava ve polen örneklerindeki organoklorlu pestisit (OCP) kalıntıları ve bu ortamlar arasındaki kirletici geçişlerinin belirlenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi*, 1-7.
- Shi, J., Sanganyado, E., Wang, L., Li, P., Li, X., Liu, W., 2020. Organic pollutants in sedimentary microplastics from eastern Guangdong: Spatial distribution and source identification. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 193.
- Schönlau, C., Karlsson, T., M., Rotander, A., Nilsson, H., Engwall, M., Bavel, B., Karrman, A., 2020. Microplastics in sea-surface waters surrounding Sweden sampled by manta trawl and in-situ pump. *Marine Pollution Bulletin*, 153, 1-8.
- Shi, J., Sanganyado, E., Wang, L., Li, P., Li, X., Liu, W., 2020. Organic pollutants in sedimentary microplastics from eastern Guangdong: Spatial distribution and source identification. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 193, 1-8.
- Song, Y., K., Hong, S., H., Jang, M., Han, G., M., Rani, M., Lee, J., Shim, W., J., 2015. A comparison of microscopic and spectroscopic identification methods for analysis of microplastics in environmental samples. *Marine Pollution Bulletin*, 93, 202-209.
- Steinman, A. D., Scott, J., Green, L., Partridge, C., Oudsema, M., Hassett, M., Kindervater, E., Rediske, R. R., 2020. Persistent organic pollutants, metals, and the

- bacterial community composition associated with microplastics in Muskegon Lake (MI). *Journal of Great Lakes Research*, 46, 1444-1458.
- Sulistiyowati, L., Nurhasanah, Riani, E., Cordova, M. R., 2022. The occurrence and abundance of microplastics in surface water of the midstream and downstream of the Cisadane River, Indonesia. *Chemosphere*, 291.
- Sutton, R., Mason, S., A., Stanek, S., K., Willis-Norton, E., Wren, I., F., Box, C., 2016. Microplastic contamination in the San Francisco Bay, California, USA. *Marine Pollution Bulletin*, 109, 230-235.
- Syakti, A., D., Hidayati, N., V., Jaya, Y., V., Siregar, S., H., Yude, R., Suhendy, Asia, L., Wong-Wah-Chung, P., Doumenq, P., 2018. Simultaneous grading of microplastic size sampling in the Small Islands of Bintan water, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 137, 593-600.
- Şener, M., 2019. İstanbul'un Karadeniz kıyılarında mikroplastik kirliliğinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, 18-27.
- Ta, A., T., Babel, S., 2019. Current status of microplastics contamination in marine and freshwater environments. *Water Perspectives in Emerging Countries*, 2-10.
- Tan, X., Yu, X., Cai, L., Wang, J., Peng, J., 2019. Microplastics and associated PAHs in surface water from the Feilaixia Reservoir in the Beijiang River, China. *Chemosphere*, 221, 834-840.
- Taiwo, A. M., 2019. A review of environmental and health effects of organochlorine pesticide residues in Africa. *Chemosphere*, 220, 1126-1140.
- Taniguchi, S., Colabuono, F. I., Dias, P. S., Oliveira, R., Fisner, M., Turra, A., Izar, G. M., Abessa, D. M. S., Saha, M., Hosoda, J., Yamashita, R., Takada, H., Lourenço, R. A., Magalhaes, C. A., Bicego, M. C., Montone, R. C., 2016. Spatial variability in persistent organic pollutants and polycyclic aromatic hydrocarbons found in beach-stranded pellets along the coast of the state of São Paulo, southeastern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 106, 87-94.
- Tankiewicz, M., Fenik, J., Biziuk, M., 2010. Determination of organophosphorus and organonitrogen pesticides in water samples. *Trends in Analytical Chemistry*, 29, 1050-1063.
- TMMOB Kimya Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Plastik ve Kauçuk Komisyonu, 2021. TÜRKİYE'DE PLASTİK GERİ DÖNÜŞÜMÜ VE ATIK İTHALATI RAPORU, 12-16.
- Tunçer, S., Artüz, O., B., Demirkol, M., Artüz, M., L., 2018. First report of occurrence, distribution, and composition of microplastics in surface waters of the Sea of Marmara, Turkey. *Marine Pollution Bulletin*, 135, 283-289.
- Tübitak Mam Çevre Enstitüsü, 2010, Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi Konya Kapalı Havzası Proje Nihai Raporu.
- Tübitak Mam-ÇŞB, 2017. Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı 2014-2016 Yılı Marmara Denizi Özet Raporu, Rapor no.5148704 (ÇTÜE.16.330) . Ankara.
- Tübitak-Mam, ÇŞB, 2017. Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı 2014-2016 Yılı Akdeniz Özet Raporu, Rapor No. 5148704 (ÇTÜE.16.332). Ankara.
- Tübitak-Mam, ÇŞB, 2017. Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı 2014-2016 Yılı Ege Denizi Özet Raporu, Rapor No.5148704 (ÇTÜE.16.331). Ankara.
- Tübitak-Mam, ÇŞB, 2017. Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı 2014-2016 Yılı Karadeniz Özet Raporu, Rapor no.5148704 (ÇTÜE.16.329). Ankara.
- Wang, W., Ndungu, A.W., Li, Z., Wang, J., 2017. Microplastics pollution in inland freshwaters of China: a case study in urban surface waters of Wuhan. *China. Science of the Total Environmental*, 575, 1369-1374.

- Wong, G., Löwemark, L., Kunz, A., 2020. Microplastic pollution of the Tamsui River and its tributaries in northern Taiwan: Spatial heterogeneity and correlation with precipitation. *Environmental Pollution*, 260, 1-12.
- Xu, Q., Xing, R., Sun, M., Gao, Y., An, L., 2020. Microplastics in sediments from an interconnected river-estuary region, 729, 1-9.
- Xu, X., Jian, Y., Xue, Y., Hou, Q., Wang, L., 2019. Microplastics in the wastewater treatment plants (WWTPs): Occurrence and removal. *Chemosphere*, 235, 1089-1096.
- Van, A., Rochman, C. M., Flores, E. M., Hill, K. L., Vargas, E., Vargas, S. A., Hoh, E., 2012. Persistent organic pollutants in plastic marine debris found on beaches in San Diego, California. *Chemosphere*, 89, 258-263.
- Viršek, M, K., Palatinus, A., Koren, Š., Peterlin, M., Horvat, M., Kržan, A., 2016. Protocol for Microplastics Sampling on the Sea Surface and Sample Analysis. *J. Vis. Exp.*, 118, 1-9.
- Yu, Q., Hu, X., Yang, B., Zhang, G., Wang, J., and Ling, W., 2020, Distribution, abundance and risks of microplastics in the environment, 249, 1-12.
- Yurtsever, M., 2015. Mikroplastiklere Genel Bir Bakış. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 17, 68-83.
- Yurtsever, M., 2018. Abiyotik bir su ürünü olan sofrta tuzunda mikroplastik kirliliği tehlikesi. *Su Ürünleri Dergisi*, 35, 243-249.
- Yurtsever, M., 2018. Küresel Plastik Kirliliği, Nano-mikroplastik Tehlikesi ve Sürdürülebilirlik. *Çevre, Bilim ve Teknoloji (1. Basım)*. Güven Plus Grup A.Ş. Yayınları. 171-197.
- Yurtsever, M . 2019. Nano- ve Mikroplastik'lerin İnsan Sağlığı ve Ekosistem Üzerindeki Olası Etkileri. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 5 (2) , 17-24.
- Zhang, W., Ma, X., Zhang, Z., Wang, Y., Wang, J., Wang, J., Ma, D., 2015. Persistent organic pollutants carried on plastic resin pellets from two beaches in China. *Marine Pollution Bulletin*, 99, 28-34.
- Zhang, W., Zhang, S., Wang, J., Wang, Y., Mu, J., Wang, P., Lin, X., Ma, D., 2017. Microplastic pollution in the surface waters of the Bohai Sea, China. *Environmental Pollution*, 231, 541-548.
- Zhang, L., Liu, J., Xie, Y., Zhong, S., Yang, B., Lu, D., Zhong, Q., 2020. Distribution of microplastics in surface water and sediments of Qin river in Beibu Gulf, China. *Science of the Total Environment*, 708, 1-9.
- Zheng, Y., Li, J., Cao, W., Xuehai, L., Jiang, F., Ding, J., Yin, X., Sun, C., 2019. Distribution characteristics of microplastics in the seawater and sediment: A case study in Jiaozhou Bay, China. *Science of the Total Environment*, 674, 27-35.
- Zobkov, M., Esiukova, E., 2017. Microplastics in Baltic bottom sediments: Quantification procedures and first results. *Marine Pollution Bulletin*, 114, 724-732.