

**T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
BİYOLOJİ ANA BİLİM DALI**



**MERT IRMAĞI (SAMSUN)'NDA YAŞAYAN BAZI  
BALIKLARIN SİNDİRİM SİSTEMİNDE MİKROPLASTİK  
TESPİTİ**

Yüksek Lisans Tezi

**Esra ÇİNİ BARUTÇU**

Danışman

**Prof. Dr. Nazmi POLAT**

Bu çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından PYO.FEN.1904.21.004 proje numarası ile desteklenmiştir.

SAMSUN  
2022

## TEZ KABUL VE ONAYI

Esra ÇİNİ BARUTÇU tarafından, Prof. Dr. Nazmi POLAT danışmanlığında hazırlanan “MERT IRMAĞI (SAMSUN)’NDA YAŞAYAN BAZI BALIKLARIN SİNDİRİM SİSTEMİNDE MİKROPLASTİK TESPİTİ” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 8.9.2022 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı		
	Üniversitesi		
	Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	İmza	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Nazmi POLAT Ondokuz Mayıs Üniversitesi Biyoloji Ana Bilim Dalı		<input type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Prof. Dr. Derya BOSTANCI Ordu Üniversitesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Ana Bilim Dalı		<input type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Prof. Dr. Savaş YILMAZ Ondokuz Mayıs Üniversitesi Biyoloji Ana Bilim Dalı		<input type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

ONAY  
... / ... / ...  
Prof. Dr. Ali BOLAT  
Enstitü Müdürü

## BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Yüksek Lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet  (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır

İmza

24 /06 / 2022

Esra ÇİNİ BARUTÇU

## TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

**Tez Başlığı :** MERT IRMAĞI (SAMSUN)'NDA YAŞAYAN BAZI BALIKLARIN SİNDİRİM SİSTEMİNDE MİKROPLASTİK TESPİTİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 22.06.2022 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 6

Tek kaynak oranı : % 1 çıkmıştır.

İmza

24 /06/ 2022

Prof. Dr. Nazmi POLAT

## ÖZET

### MERT IRMAĞI (SAMSUN)'NDA YAŞAYAN BAZI BALIKLARIN SİNDİRİM SİSTEMİNDE MİKROPLASTİK TESPİTİ

Esra ÇİNİ BARUTÇU  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Biyoloji Ana Bilim Dalı  
Yüksek Lisans, Haziran/2022  
Danışman: Prof. Dr. Nazmi Polat

Bu çalışmada Mert Irmağı (Samsun)'nda yaşayan *Squalius cephalus* ve *Carassius gibelio* türlerinin sindirim sistemlerindeki mikroplastik tespiti ile Mert Irmağı'nın denize döküldüğü sahildeki plastik kirliliğinin saptanması amaçlanmıştır.

Örneklenen balıkların total boyları ölçülmüş ( $\pm 0.1$  cm), vücut ağırlıkları tartılmıştır ( $\pm 0.001$  g). Örnekler anüsten yutağa kadar kesilmiş sindirim kanalları çıkartılmış ve tartılmıştır ( $\pm 0.001$  g). Sindirim sistemleri %10'luk KOH içerisinde  $60^{\circ}\text{C}$ 'de etüvde bekletilmiştir. Sıvılaştıran sindirim sistemi içeriği filtrelenmiştir. Filtreler mikroskop altında incelenerek mikroplastik tespiti yapılmıştır. Mikroplastiklerin sayımı yapılmış, şekil, renk ve boyutlarına göre sınıflandırılmıştır. Aynı zamanda Mert Irmağı'nın döküldüğü sahil kıyısından  $100\text{ m}^2$ 'lik alanda 2 cm'den büyük plastik parçaları toplanmış, sayılmış, tartılmış ve "Temiz Sahil İndeksi" kullanılarak kıyının plastik kirlilik düzeyi hesaplanmıştır.

Mert Irmağı'nın denize döküldüğü sahil kıyısı 16.15 TSİ değeri ile "kirli" olarak değerlendirilmiştir. İncelenen balıkların (170) %92'sinde toplam 727 mikroplastik tespit edilmiştir. Birey başına düşen mikroplastik sayısı 4.66 olarak hesaplanmıştır. *Carassius gibelio* türünün %95'inde, *Squalius cephalus* türünün %84.3'ünde mikroplastik görülmüştür. Bireylerde 0.104 mm ile 12.621 mm arasında değişen boyutlarda plastik parçalarına rastlanmıştır. Mikroplastik şekillerinin görülme sıklıkları lif (%49), parçacık (%28), küresel (%14) ve film (%8) olarak belirlenmiştir. Siyah (%48.83) ve şeffaf renk (%17.19) sık görülen renkler olmuştur.

İnsanların kullanımından sonra devasa çöpler haline gelen plastikler, sulara karışmakta ve buradaki ekosistemi tehdit etmektedirler. Özellikle küçük boyutlu plastik parçaların canlı bünyesine girmesi daha kolay olmaktadır. Bugün birçok canlının çeşitli dokularında mikroplastığe rastlanılmaktadır. Yapılan her çalışma sorunun boyutunun netleşmesini sağlamaktadır. İnsan için önemli bir besin kaynağı olan balıkların ne kadar mikroplastığe maruz kaldığının bilinmesi, bu konu üzerine dikkat çekilmesine neden olacaktır. Ekosistemi tehdit eden mikroplastik sorununa karşı farkındalık kazanan insan çözüm arayışlarını hızlandıracaktır. Bu çalışma, Mert Irmağı'nda yayılış gösteren *Squalius cephalus* ve *Carassius gibelio* türlerinin sindirim sistemlerindeki mikroplastik tespiti ile ırmağın denize döküldüğü sahil bölgesindeki plastik kirlilik düzeyini belirlemeyi amaçlayan ilk araştırmadır.

**Anahtar Sözcükler:** Mikroplastik, Tatlı su, *Squalius cephalus*, *Carassius gibelio*, Samsun, Mert Irmağı

## ABSTRACT

### MICROPLASTIC DETECTION OF IN THE DIGESTIVE SYSTEM OF SOME FISHES INHABITING MERT RIVER (SAMSUN)

Esra ÇİNİ BARUTÇU  
Ondokuz Mayıs University  
Institute of Graduate Studies  
Department of Biology  
Master, June/2022  
Supervisor: Prof. Dr. Nazmi Polat

In this study, it was aimed to detect microplastics in the digestive systems of *Squalius cephalus* and *Carassius gibelio* species living in Mert River (Samsun) and to determine the plastic pollution on the coast where Mert River empties into the sea.

The total lengths of the sampled fish were measured ( $\pm 0.1$  cm), their body weights were weighed ( $\pm 0.001$  g). The samples were cut from the anus to the pharynx, the digestive tracts were removed and weighed ( $\pm 0.001$  g). Digestive systems were kept in disinfectant at 60°C in 10% KOH. The liquefied digestive system contents were filtered and microplastics were detected by examining the filters under a microscope. Microplastics were counted and classified according to their shape, colour and size. In addition to this plastic pieces larger than 2 cm were collected, counted, weighed and the plastic pollution level of the coast was calculated by using the "Clean Coast Index" in an area of 100 m<sup>2</sup> from the shore where the Mert River discharges into the sea.

The coast where the Mert River discharges the sea was evaluated as "dirty" with a CCI value of 16.15. A total of 727 microplastics were detected in 92% of the examined fish (170). The number of microplastics per individual was calculated as 4.66. Microplastics were observed in 95% of *Carassius gibelio* species and 84.3% of *Squalius cephalus* species. Plastic particles ranging in size from 0.104 mm to 12.621 mm have been found in individuals. The frequencies of microplastic shapes were determined as fiber (49%), particle (28%), spherical (14%) and film (8%). Black (48.83%) and transparent colors (17.19%) were the most common colors.

Plastics, which become huge waste after human use, mix into the waters and threaten the ecosystem here. Especially, it is easier for small sized plastic parts to enter the living body. Today, microplastics are found in various tissues of many living creatures. Each study made clears the size of the problem. Knowing how much fish is exposed to microplastics, which is an important food source for humans, will attract people's attention. People who become aware of the microplastic problem that threatens the ecosystem will accelerate the search for solutions. This study is the first research aiming to determine the level of plastic pollution in the coastal region where the river empties into the sea, with the detection of microplastics in the digestive systems of *Squalius cephalus* and *Carassius gibelio* species that spread in the Mert River.

**Keywords:** Microplastic, Fresh water, *Squalius cephalus*, *Carassius gibelio* Mert River, Samsun

## ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Çalışma konusu olarak beni bu araştırmaya yönlendiren ve çalışmam boyunca tecrübesi ve değerli fikirleriyle bana yol gösteren, hayatımda disiplinini ve prensiplerini örnek aldığım öğrencisi olmaktan gurur duyduğum kıymetli hocam Prof. Dr. Nazmi Polat'a teşekkür ederim.

Çalışma boyunca desteğini esirgemeyen Prof. Dr. Savaş Yılmaz hocama, yine çalışmamın her aşamasına dahil olup yardım eden, çalışmamı titizlikle takip eden, çalışmamın son aşamasına kadar bana destek olan Dr. Melek Özpiçak ve Dr. Semra Saygın hocalarıma, laboratuvar çalışmalarına "laboratuvar çalışmaları tek başına zor olur" diyerek destek veren doktora öğrencisi Canan İmamoğlu'na ve Coğrafya öğretmeni Akın Alarcın'a teşekkür ederim.

Çalışmamda çok desteğini gördüğüm eşim Mustafa Barutçu'ya, manevi desteklerini benden esirgemeyen ve bana inanan sevgili aileme teşekkür ederim.

Çalışmamı PYO.FEN.1904.21.004 projesi ile destekleyen Ondokuz Mayıs Üniversitesine de teşekkür ederim.

Esra Çini Barutçu

Adı SOYADI

# İÇİNDEKİLER

<b>TEZ KABUL VE ONAYI</b> .....	<b>i</b>
<b>BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI</b> .....	<b>ii</b>
<b>TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI</b> .....	<b>ii</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iv</b>
<b>ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR</b> .....	<b>v</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>vi</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>TABLolar DİZİNİ</b> .....	<b>x</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. LİTERATÜR ÖZETİ</b> .....	<b>3</b>
2.1. Sucul Ortamlarda Gerçekleştirilen Mikroplastik Çalışmaları .....	3
2.2. Balıklarda Mikroplastik Çalışmaları .....	6
<b>3. MİKROPLASTİKLER</b> .....	<b>9</b>
3.1. Mikroplastik Nedir ve Özellikleri .....	9
3.2. Mikroplastiklerin Çevreye Dağılması .....	12
3.3. Mikroplastiklerin Sucul Canlılar ile Balıklara Bulaşması ve Etkileri .....	14
<b>4. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>17</b>
4.1. Çalışma Alanı .....	17
4.2. Arazi Çalışmaları .....	18
4.2.1. Plastik parçalarının toplanması .....	18
4.2.2. Balık örneklerinin temini .....	19
4.3. Örneklenen Türlerin Genel Özellikleri .....	19
4.4. Laboratuvar Çalışmaları .....	22
4.4.1. Örneklerin saklanması .....	22
4.4.2. Mikroplastik bulaşmasını önleme .....	22
4.4.3. Morfometrik veri analizi .....	22
4.4.4. Sindirim kanalının çıkarılması ve kanalın kimyasal sindirimi .....	22
4.4.5. Filtreleme .....	24
4.4.6. Optik inceleme .....	25
4.5. İstatistiksel Analiz .....	26
<b>5. BULGULAR VE TARTIŞMA</b> .....	<b>27</b>
5.1. Mert Irmağı'nın Denize Döküldüğü Sahilin TSİ Değeri .....	27
5.2. Balık Örneklerinin Morfolojik Ölçümleri .....	28
5.3. Balık Örneklerinin Sindirim Sistemindeki Mikroplastik Sayısı .....	29
5.4. Balık Örneklerinde Gözlenen Mikroplastiklerin Boyutu .....	32
5.5. Balık Örneklerinde Gözlenen Mikroplastiklerin Şekli .....	33

5.6. Balık Örneklerinde Gözlenen Mikroplastiklerin Renkleri .....	34
5.7. Balık Türlerinde Lokasyonlara Göre Mikroplastik Varlığının Karşılaştırılması .....	36
5.7.1. <i>Carassius gibelio</i> türüne ait mikroplastik kirliliğinin lokasyonlar arası karşılaştırılması .....	37
5.7.2. <i>Squalius cephalus</i> türüne ait mikroplastik kirliliğinin lokasyonlar arası karşılaştırılması .....	37
<b>6. SONUÇ .....</b>	<b>38</b>
<b>KAYNAKÇA.....</b>	<b>40</b>

## SİMGELER VE KISALTMALAR

CH <sub>4</sub>	: Metan
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksit
DDT	: Dikloro difenil trikloroetan
Dp	: Plastik yoğunluğu
dw	: Kuru ağırlık
GİS	: Gastro instestinal sistem
H <sub>2</sub> O	: Su
K	: Katsayı
KOH	: Potasyum Hidroksit
KOK	: Kalıcı Organik Kirleticiler
Mak	: Maksimum
Min	: Minimum
MP	: Mikroplastik
Ort	: Ortalama
PAH	: Polisiklik aromatik hidrokarbonlar
PBDE	: Polibromlu difenil eter
PCB	: Poliklorlu bifeniller
PE	: Polietilen
PES	: Polyester
PET	: Polietilen teraftalat
PKİ	: Plastik Kirlilik İndeksi
PP	: Polipropilen
PS	: Polistiren
PVC	: Polivinil klorür
SS	: Standart sapma
TSİ	: Temiz Sahil İndeksi

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Birincil mikroplastikler (a. simler, b. kozmetik ürünlerde kullanılan mikroboncuklar, c. peletler (Yurtsever, 2018'den uyarlanmıştır) .....	9
Şekil 3.2. İkincil mikroplastikler (Yurtsever, 2018'den uyarlanmıştır) .....	10
Şekil 3.3. Kirleticilerin kokteyli (Rochman et al., 2013a) .....	12
Şekil 3.4. (a – f) <i>D. muroadsi</i> 'nin sindirim yollarındaki mavi mikroplastik örnekler ve (g) kopepod avı <i>Pontella sinica</i> erkek, (h) <i>Sapphirina</i> sp. ve (i) <i>Corycaeus</i> sp. Ölçek çubukları 0.5 mm'yi temsil eder (Ory et al., 2016).....	15
Şekil 3.5. Farklı organizma gruplarında mikroplastığın ekotoksikolojik etkileri (de Sá, 2018).....	16
Şekil 4.1. Çalışma alanı.....	18
Şekil 4.2. <i>Squalius cephalus</i> (L., 1758), (Tatlı su kefali) .....	20
Şekil 4.3. <i>Carassius gibelio</i> (Bloch, 1782).....	21
Şekil 4.4. <i>S. cephalus</i> ve <i>C. gibelio</i> türlerine ait sindirim sistemleri.....	23
Şekil 4.5. Filtreleme işlemi (a. Süzme işlemi düzeneği, b. Süzme işleminde kullanılan filtre kağıtları, c-d. petri kaplarına yerleştirilen filtre kağıtları) .....	24
Şekil 4.6. Optik inceleme .....	26
Şekil 5.1. Mert Irmağı'nın denize döküldüğü alanda plastik parçalarının toplanması .....	27
Şekil 5.2. Mert Irmağı'nın denize döküldüğü alanda toplanan plastikler .....	28
Şekil 5.3. Örneklerde gözlenen farklı renk ve boyutta lif (a-b-c), parçacık (d,e,f), film (g,h,i) ve küresel (k,l,m) mikroplastikler .....	30
Şekil 5.4. Mert Irmağı'ndan örneklenen <i>S. cephalus</i> ve <i>C. gibelio</i> türlerinde genel mikroplastik %'si ve birey başına düşen mikroplastik sayısı (A).....	31
Şekil 5.5. Türlerde görülen mikroplastik boyutlarının görülme sıklıkları (%).....	32
Şekil 5.6. İncelenen tüm bireylerdeki mikroplastik şekillerinin görülme sıklığı (%).....	33
Şekil 5.7. <i>S. cephalus</i> ve <i>C. gibelio</i> türlerinde mikroplastik şekillerinin görülme sıklığı (%) .....	34
Şekil 5.8. İncelenen balıklardaki mikroplastiklerde görülen renklerin sıklığı (%).....	35
Şekil 5.9. Türlerde görülen mikroplastik renklerinin sıklığı (%).....	36
Şekil 5.10. <i>S. cephalus</i> ve <i>C. gibelio</i> türlerinde lokasyona göre mikroplastik görülme sıklığı ve birey başına düşen mikroplastik sayısı .....	37

## TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1. Mikroplastik tiplerinin tanımlanması ve potansiyel kaynakları (Hidalgo-Ruz et al., 2012).....	10
Tablo 4.1. İndeks değerleri ve kirlilik düzeyleri.....	19
Tablo 4.2. Balıklarda tespit edilen mikroplastiklerin şekline, rengine ve boyutuna göre kategorileri.....	26
Tablo 5.1. Mert Irmağı'ndan örneklenen bireylerin aylara göre dağılımı.....	28
Tablo 5.2. Türlerin birey sayısı (N), bireylerin total boylarının, vücut ağırlıklarının ve GİS (sindirim kanalı) ağırlıklarının maksimum (mak) ve minimumun (min) değerleri, standart sapmaları ile birlikte ortalamaları .....	29
Tablo 5.3. Türlerle ait birey sayısı (N), Mikroplastik içeren birey sayısı (MP-N), tüm bireylerde mikroplastik bulunma sıklığı (MP %), toplam mikroplastik (TMP), bireylerde görülen maksimum mikroplastik (Mak MP), Mikroplastik içeren bireylerde birey başına düşen mikroplastik sayısı (A) .....	31
Tablo 5.4. Türlerde görülen plastiklerin boyutları ve gözlenen boyut gruplarındaki yüzdeleri.....	32
Tablo 5.5. Mikroplastik içeriği incelenen türlerde lif, parçacık, film, küresel şekilli mikroplastiklerin görülme sıklıkları (%).....	33
Tablo 5.6. İncelenen türlerde görülen mikroplastiklerin renklerinin görülme sıklıkları (%) .	34
Tablo 5.7. İncelenen türlerle ait bireylerin lokasyonlara göre birey sayısı (N), mikroplastik içeren birey sayısı (MP-N), tüm bireylerde mikroplastik bulunma sıklığı (MP %), toplam mikroplastik (TMP), mikroplastik görülen bireylerde birey başına düşen mikroplastik sayısı (A) .....	36

# 1. GİRİŞ

Hızla gelişmekte olan teknoloji, bugün etrafımızı saran çevresel sorunların en büyük kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Teknolojiyle gelişen, çok kısa sürede her alanda hayatımıza giren plastikler bugün sonuçlarını henüz tam olarak kestiremediğimiz büyük bir çevre sorunu haline gelmiştir. Hayatı her alanda kolaylaştıran, diğer ürünlere göre ekonomik olan plastiğin üretimi ve tüketiminin hızla artması, özellikle tek kullanımlık plastiklerin yaygınlaşması, kullanım sonrası bilinçsizce çevreye atılması plastik çöp sorununun katlanarak artmasına neden olmaktadır. Karalarda üretilip tüketilen plastikler birçok faktörle sulara akmaktadır. Sulara akan plastiğin yılda 8 milyon tonu bulunduğu, bunun 50 bin tonunun Türkiye’den sulara karıştığı ve şu ana kadar 150 milyon ton plastik atığın okyanuslarda biriktiği tahmin edilmektedir (Yenigün, 2018). Hidrofob özelliklerinden dolayı plastikler karıştıkları suda uzun süre çözünmeden kalmakta, bu süreçte yıpranma, çatlama sonucu kopmalar olmakta ve daha da küçük parçalara ayrılmaktadırlar (Yurtsever, 2018).

Plastik atıklar büyüklüklerine göre megaplastik (>100 mm), makroplastik (>20 mm), mezoplastik (5-20 mm) ve mikroplastik (>5 mm) olarak isimlendirilmektedir (Arthur et al., 2009). Bir nanometreden küçük parçalara ise nanoplastik denilmektedir (Yenigün, 2018). Sulardaki plastik atıkların %92’sinin mikroplastik olduğu düşünülmektedir (Greenpeace, 2019). Mikroplastikler şekil ve yoğunluklarına göre sularda yüzeyde, su sütununda veya diplerde birikmektedirler (Cole et al., 2011). Biriktikleri bölgelerde suyun renk, bulanıklık ve ışık geçirgenliği gibi fiziksel kalite parametrelerini etkilemekte, plastiklerden zamanla sızabilecek toksin bileşenler de suyun kimyasal parametrelerini bozmaktadır (Koelmans et al., 2016). Mikroplastiklerin suyun fiziksel ve kimyasal parametrelerde neden olduğu değişikliklerin okyanuslardaki yenilenme kapasitesini azalttığı düşünülmektedir (Yurtsever, 2018).

Bilerek ya da bilmeyerek yutma veya solunum yoluyla sucul canlıların iç organlarına ulaşan mikroplastikler, organizmada birçok sağlık problemlerine neden olmaktadır. Bugün mikroplastiklerin besin zinciri ile kendisine kadar ulaşabileceğini fark eden insan, son yıllarda plastik sorununa daha çok dikkatini vermektedir. 2012 yılının sonlarına doğru mikroplastiklerin sucul organizmalara etkilerinin araştırıldığı çalışmalar önemli ölçüde artmıştır (Wright et al., 2012; Foekema, 2013; Sanchez et

al., 2014; Naidoo et al., 2016; Zhang et al., 2020; Wang et al. 2022). Bu çalışmalar daha çok Pisces (Balıklar), Crustacea (Kabuklular), Mollusca (Yumuşakçalar), Annelida, (Halkalı Solucanlar) Echinodermata (Derisidikenliler) ve Rotifera (Tekelekli Hayvanlar) türleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Deniz ve tatlı sularda mikroplastik içerikleri en çok araştırılan organizma grupları balıklar olmuştur (Futter et al., 2018). Balıkların insan için önemli bir besin ve geçim kaynağı olması, çalışmaların bu grup üzerine yoğunlaşmasının nedenleri arasında görülebilmektedir. Balık kalitesinin ve neslinin korunması için canlının ne kadar mikroplastığe maruz kaldığının araştırılması ve sağlığının bundan nasıl etkilendiğinin gösterilmesi büyük önem arz etmektedir. Balıktan insana besin zinciri ile mikroplastik bulaşma riski de düşünüldüğünde bu önem daha da artmaktadır. Bu konuda yapılan araştırmalar ile mikroplastığın canlı vücudundaki hareketi, birikip birikmediği ve neden olabileceği olası sağlık sorunları hakkında daha net bilgiler ortaya konulmaktadır. Çalışmalarda elde edilen veriler mikroplastik kirliliği ile mücadelede bilimsel yaklaşım kullanılarak çözümler üretilmesine de olanak sağlamaktadır. Denizel ortamlarda birçok mikroplastik çalışması mevcutken (Claessens et al., 2011; Rummel et al., 2016; Ahmed et al., 2021; Wang et al., 2022) tatlı sularda sınırlı sayıda araştırma yapılmıştır (Atıcı et al., 2021; Atamanalp et al., 2022).

Bu çalışma Mert Irmağı (Samsun)'nda yaşayan *Squalius cephalus* ve *Carassius gibelio* türlerinin sindirim sistemlerindeki mikroplastiklerin tespiti ile Mert Irmağı'nın denize döküldüğü sahilde plastik kirliliğinin belirlenmesi amaçlanarak yapılan bilimsel bir araştırmadır. Mert Irmağı'nda bu amaçla yapılmış başka bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

### 2.1. Sucul Ortamlarda Gerçekleştirilen Mikroplastik Çalışmaları

Dünyada ve ülkemizde sucul ortamlarda yapılan bazı mikroplastik çalışmaları aşağıda kronolojik olarak sunulmuştur:

Carpenter vd. (1972) Güney İngiltere'nin kıyı sularında ortalama 0.5 mm polistren kürelerin bol miktarda bulunduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca kürelerin üzerinde bakteri ve poliklorlu bifeniller de tespit etmişlerdir.

Colton vd. (1974) Kuzey Atlantik'in yüzey sularında ortalama  $1.23 \text{ g/cm}^3$  yoğunlukta beyaz opak polistren kürelerin,  $1 \text{ g/cm}^3$  ten az şeffaf polistren kürelerin, polietilen disklerin bulunduğunu bildirmişlerdir.

Bingel vd., (1987) Doğu Akdeniz'de yaptıkları çalışmalarında plastik materyal yönünden en çok birikimin İskenderun Körfezi'nde olduğu ve 0-50 m derinlikler arasında, ilkbaharda güzden daha çok birikim olduğu saptamışlardır.

Yılmaz vd. (2002) İskenderun Körfezi' nin güneydoğu kıyılarında Temmuz 1999 ve Haziran 2000 tarihleri arasında 0-50 m derinlik aralığında trolle toplam 15583 g ve 510 adet plastik materyal yakalamışlar, en düşük plastik materyal Nisan ayında (247 g-11 adet) ve en yüksek temmuz ayında (2519 g-110 adet) tespit etmişlerdir.

Thompson vd. (2004) Birleşik Krallık, Plymouth çevresindeki kumsallardan, nehir ağzı ve gelgit altındaki çökellerden tortu toplamışlar, mikroskobik plastik parçaların ve liflerin okyanuslarda yaygın olduğunu, pelajik bölgede ve tortul habitatlarda biriktiğini gözlemlemişlerdir.

Alkalay vd. (2007) Temiz Sahil İndeksi (TSİ)'ni sahillerin temizlik değerlendirilmesi için yeni bir yaklaşım olarak sunmuşlardır. Araştırmacılar sundukları bu yöntemle İsrail'in sahil kıyılarında (39 sahilde) TSİ düzeyini belirlemişlerdir.

Palatinus (2009) Slovenya sahillerinde beş farklı zamanda üç farklı lokasyondan topladığı katı çöplerin çoğunluğunun plastik olduğunu bildirmiştir.

Topçu vd. (2010) Güneybatı Karadeniz' de 25-100 m arasında değişen derinliklerden trolle topladıkları çöpün plastik malzeme bakımından yoğun olduğunu ve uzun süre suda kalmadan ötürü çoğunun parçalandığını belirtmişlerdir.

Claessens vd. (2011) çalışmalarında Belçika kıyılarının çökeltilerindeki mikroplastik konsantrasyonunu diğer çalışmalardan 15-20 kat daha fazla bulmuşlar, mikroplastiklerin sularda giderek arttığını belirtmişlerdir.

Topçu vd. (2013) Türkiye'nin Batı Karadeniz Kıyısı'ndaki 10 kumsalda 20 m uzunluğundaki kesitlerden mevsimsel olarak çöp toplamışlar, bunları türlerine, kullanım alanlarına ve köklerine göre kategorilere ayırmışlardır. Çöp yoğunluğunun m<sup>2</sup>' de 0.085 ile 5.058 parça arasında değiştiğini, çöplerin 2-7 cm arasında değişen plastik parçalarından, şişeler ve şişe kapaklarından oluştuğunu tespit etmişler, yaklaşık yarısının 25 farklı ülkeden akıntılarla ya da uluslararası gemicilik nedeniyle kumsallara taşındığı sonucunu çıkarmışlardır.

Güven vd. (2013) Antalya Körfezi'nde (Doğu Akdeniz) derinliği 200 ile 800 m arasında değişen örnekleme alanlarından bentik zonda trolle topladıkları çöplerin materyal, bolluk ve dağılımını araştırmışlardır. 32 kez gerçekleştirdikleri trolle toplama işleminde toplam 920 parçadan oluşan 220 kg enkaz içinde plastiğin en baskın malzeme olduğunu görmüşlerdir.

Koelmans (2015) katı atıkların doğal yollarla kendi halinde parçalanmasının yanı sıra denizdeki mikroplastiklerin en önemli kaynağının atık su tesisleri olduğu sonucuna varmışlardır.

De Tender vd. (2015) insan patojeni bakteri türlerini denizel ortamdaki mikroplastikler üzerinde kolonize halde bulmuşlar, bu parçaları sularda hastalıkların yayılmasını sağlayan potansiyel vektör olarak görmüşlerdir.

Aydın vd. (2016) Kuzeydoğu Akdeniz'de yer alan Kilikya bölgesinde 13 kumsalda örnekleedikleri makro çöpün ortalama yoğunluğunu  $0.92 \pm 0.36$  parça/m<sup>2</sup> olarak belirlemişlerdir. Plastik ürünlerin, çöpün %80'inden fazlasını oluşturduğunu gözlemlemişlerdir.

Kirstein vd. (2016) Kuzey Baltık Denizi'nden alınan su örneklerinden izole edilen bir dizi polietilen, polipropilen ve polistiren mikroplastik partiküller üzerinde patojenik potansiyeli olan *Vibrio parahaemolyticus* keşfetmişlerdir.

Corcoran vd. (2015) yaptıkları çalışmada Humber Körfezi kıyı şeridinden pelet örnekleri toplamışlar, örneklerin renklerinin Humber Nehri kıyısındakilere benzediğini görmüşlerdir. Nehrin körfeze plastik taşıyan bir yol olduğu sonucuna varmışlardır.

Schmidt vd. (2017) nehirlerin her boyuttaki plastik atığı denizlere taşıyan ana kaynak olduğunu göstermişlerdir. Özellikle nüfusu yoğun havzalara sahip nehirlerin taşıdığı plastik yükün oldukça yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Lebreton vd. (2017) çalışmaları sonucunda her yıl nehirlerden 1.15 - 2.41 milyon ton plastik atığın okyanusa girdiği tahminini yapmışlardır.

Wu vd. (2017) plastik çöplerin rüzgâr, sıcaklık gibi fiziksel ve kimyasal etkenlerle parçalandığını, nehirlerle karıştığını, nehirler ile göl ve denizlere taşındığını belirtmişlerdir.

Akarsu vd. (2017) ülkemiz sularında en büyük mikroplastik kaynağının deşarj suları olduğu sonucuna varmışlardır.

Terzi ve Seyhan (2017) Güney-Doğu Karadeniz Sahili'nde dokuz lokasyondan dört mevsim topladığı çöplerin yoğun olarak plastik olduğunu tespit etmişlerdir. Plastik çeşitliliği mevsimsel olarak çok büyük fark göstermemiş ancak doğu kıyılarında batı kıyılarına göre daha yoğun çöp çıkmıştır.

Gündoğdu (2017) Kuzeydoğu Levanten Sahili (Türkiye)'nde yer alan İskenderun Körfezi'nde 14 lokasyonda yüzeyin 15 cm altındaki sudan toplanan örneklerde boyut aralığı 55 µm – 4,9 mm arasında değişen ortalama 1.067.120 adet/km<sup>2</sup> mikroplastik saymıştır.

Esensoy Şahin vd. (2018) Sarayköy (Rize) Sahili'nde yaptıkları mevsimsel çalışmaları sonucunda plastik çöpün yazın en fazla, ilkbaharda en az olduğunu tespit etmişlerdir.

Zhao vd. (2019) gelgit etkilerini dikkate almadan, 2017 yılında Changjiang Nehri'nin yüzey suyu tabakasından 537.6-905.9 ton ağırlığındaki 16-20 trilyon mikroplastığın denize girdiğini bildirmişlerdir.

Atıcı vd. (2019) Zeve (Van) yerleşkesi Doğu Sahili'nde Plastik Kirlilik İndeksi (PKİ) belirleme çalışmaları yapmışlar ve sahilin Temiz Sahil İndeksine (TSİ) göre aşırı kirli olduğunu tespit etmişlerdir.

Zhang vd. (2020) Qin Nehri'ndeki su sütununda ve tortularda sırasıyla %67.2 ve %72.3 mikroplastik bulunduğunu, buralarda 1-5 mm aralığındaki büyük boyutlu partiküllerin hakim olduğunu belirtmişlerdir.

Öztekin vd. (2020) Güney Karadeniz'in Sinop Sarıkum Lagünü Sahili'nin kıyı

kirlilik düzeyini belirlemişler, bu çalışmada da plastik en fazla sahil çöprü olarak ortaya çıkmıştır.

Güngören ve Başaran (2021) Urla (İzmir/Türkiye) kumsallarında deniz çöplerini mevsimsel olarak araştırmışlar, toplanan örnekler arasında en fazla plastik atıklarını bulmuşlardır.

Büyükdeveci ve Gündoğdu (2021) İskenderun Körfezi avlanma alanlarında bentik çöprü incelediklerinde çöpün büyük çoğunluğunun tek kullanımlık (%74.9) olmak üzere %87'sinin plastik olduğunu tespit etmişlerdir.

Ahmed vd. (2021) Pakistan'ın Arap kıyısındaki 25 lokasyondan aldıkları deniz suyundaki mikroplastik bolluğunu ortalama 582.12 parçacık olarak bulmuşlardır.

Almas vd. (2022) Ulubat Gölü (Bursa) ve civarındaki havzadan gelen tüm deşarj sularının Marmara Denizi'ne aktığı deltada mikroplastik varlığının karşılaştırılmasını yapmışlardır. İlde genel olarak son on yılda mikroplastik birikiminin arttığı ve bunların havzadan denize ulaştığı sonucuna varmışlardır. Gölün RAMSAR sahası olmasıyla mikroplastik sayısının azaldığı araştırmalar sonucu ortaya çıkmıştır.

Wang vd. (2022) Çin Denizi'ndeki mikroplastiklerin bolluğunu deniz suyunda 0.1 - 27.840.0 parça m<sup>-3</sup>, çökeltelerde ise 13.0 - 14.712.0 parça kg<sup>-1</sup> dw arasında değiştiklerini bulmuşlardır.

## **2.2. Balıklarda Mikroplastik Çalışmaları**

Mikroplastığın sularda keşfinden sonra bunların üzerine özellikle 2012'den sonra birçok çalışma yapılmış ve araştırmalar sucul canlılar üzerine yoğunlaşmıştır. Dünyada ve ülkemizde balıklar üzerine yapılan mikroplastik çalışmalarından bazıları kronolojik olarak aşağıda sıralanmıştır:

Kashiwada (2006) *Oryzias latipes* türünün sindirim sistemindeki mikroplastiklerin bağırsak epitelyumlarından diğer dokulara dağılmasının ve buralarda hasara neden olmasının olası olduğunu belirtmiştir.

Boerger vd. (2010) Kuzey Pasifik Merkez Döngüsü'nden örnekledikleri Myctophidae familyasına ait planktivor balıkların %35'inin sindirim sisteminde 1 mm-2.79 mm boyutundaki mikroplastiklerin yaygın görüldüğünü bunların balıklar için birincil gıda kaynağı olan plankton türleriyle benzer boyut aralığında olduğunu vurgulamışlardır.

Edwards vd. (2011) uskumrular ile gerçekleştirdikleri çalışmada Syngnathidae familyasına ait yavrulara benzeyen renkli liflerin uskumrular tarafından daha fazla tüketildiğini bildirmişlerdir.

Wright vd. (2012) birçok balık türünün rengini ve tipini zooplankton gibi algılayarak plastik parçalarını (beyaz, krem, sarı) yuttuklarını belirtmişlerdir.

Foekema vd (2013) Kuzey Denizi'nde yaygın yedi türden (ringa, gri kırlangıçotu, bakalyora, istavrit, mezgıt, atlantik uskumru ve morina balıkları) Morina'da mikroplastik alım sıklığının fazla çıkmasını bu türün seçici olmayan fırsatçı beslenme davranışına bağlamışlardır.

Sanchez vd. (2014) Fransa nehirlerinden örnekledikleri *Gobio gobio* türünün %12'sinde mikroplastik bulmuşlardır.

Tanaka ve Takada (2016) Tokyo Körfezi (Japonya)'nden 64 Japon hamsinin (*Engraulis japonicus*) %74'ünün sindirim sistemlerinde mikroplastik bulmuşlardır.

Peters ve Bratton (2016) Brazos Nehir Havzası (ABD)'ndeki çalışmalarında inceledikleri balıkların (*Lepomis macrochirus*, *Lepomis megalotis*) %45'inde mikroplastik tespit etmişlerdir.

Naidoo vd. (2016) Güney Afrika kentsel limanından temin ettikleri 70 kefalın (*Mugil cephalus*) %73'ünün sindirim sisteminde mikroplastik örneklerine rastlamışlardır.

Güven vd. (2017) Akdeniz kıyılarında toplam 28 balık türünü içeren 1337 örneğin %58'nin sindirim sisteminde mikroplastik varlığını ortaya çıkarmışlardır.

Abbasi vd. (2018) Basra Körfezi Musa Halici'nden topladıkları demersal ve pelajik balıkların (*Platycephalus indicus*, *Saurida tumbil*, *Sillago sihama*, *Cynoglossus abbreviatus*) bağırsaklarında, derilerinde, kaslarında, solungaçlarında ve karaciğerlerinde mikroplastik tespit etmişlerdir.

Pellini vd. (2018) kuzey ve orta Adriyatik Denizi'nde altmış bölgeden yakaladıkları *Solea solea* türünün sindirim kanalında mikroplastik çöplerin varlığını, miktarını, tipolojisini ve mekansal dağılımını araştırmışlardır. İncelenen balıkların %95'inde mikroplastik görülmüştür.

Gündoğdu (2019) Marmara (İstanbul), Ege (İzmir) ve Akdeniz (Adana)'den yakalanan barbun (*Mullus barbatus barbatus*), tekir (*Mullus surmuletus*), istavrit

(*Trachurus mediterraneus*), kefal (*Chelon saliens*) ve mırmır (*Lithognathus mormyrus*)’da balıklarının %44.3’ünde mikroplastik belirlemiş, yoğunluk tüm şehirlerde en yüksek kefal (%64.8) ve barbunda (%63), en düşük istavritte (%26.7) görülmüştür.

Giani vd. (2019) Akdeniz’in üç farklı habitatta iki demarsal tür içeren (*Mullus barbatus barbatus*, *Merluccius merluccius*) toplam 229 örneğin sindirim sistemlerinde mikroplastik araştırmışlar, %23.3’ünün plastik yuttuğu tespit edilmiştir.

Hanachi vd. (2019) dört çeşit deniz kaynaklı ticari balık ununda mikroplastiklerin varlığını araştırmışlardır. Balık unu ile besledikleri kültürlenmiş sazan (*Cyprinus carpio*) üzerinde mikroplastik varlığını araştırma deneyleri yapmışlardır. Balık ununda bulunan ve o unla beslenen *C. carpio* türünde tespit edilen mikroplastik seviyesi arasında pozitif ilişkiler bulunmuştur.

Fu vd. (2019) Çin’in tatlı su ekosistemlerinde mikroplastiklerin yaygın olduğunu, özellikle nüfusu yoğun kentsel alanlarda bulunan nehir ağızlarında ve iç sularda miktarlarının daha da yükseldiğini belirtmişlerdir. Atıcı vd. (2021) Van Gölü’nde dört farklı lokasyondan aldıkları 101 adet *Alburnus tarichi* bireyelerinin sindirim sisteminde 3338 mikroplastik saymışlardır.

McIlwraith vd. (2021) Simcoe Gölü (Kanada)’den temin ettikleri balıklarda mikroplastiklerin varlığını, yer değiştirmesini ve birikimini incelemişler, büyük balıklarda mikroplastik yükünün küçük balıklara göre daha fazla olduğunu ve yer değiştirdiğini saptamışlardır.

Garcia vd. (2021) Garonne Nehri (Fransa)’deki balık ve omurgasızlarda mikroplastik alınımını büyüklüğe ve beslenme düzeylerine göre araştırmışlardır. Canlılarda büyüklüğe göre alım bolluğunun arttığı, doğrudan kazara alınımın baskın olduğu sonucuna varmışlardır.

Atamanalp vd. (2022) Karasu Nehri (Erzurum)’nde yaşayan balıkların (*Squalius cephalus*, *Cyprinus carpio* ve *Alburnus mossulensis*) sindirim sistemlerinde toplam 232 mikroplastik saymışlardır. Boyut olarak en fazla 1-2 mm aralığındaki örneklerde en belirgin renk siyah (%39-58), görünüm açısından %88’i lif , %6’sı fragman ve %6’sı pelet olarak belirlenmiştir. Çalışılan türler arasında en fazla mikroplastik *S. cephalus* türünde bulunmuştur.

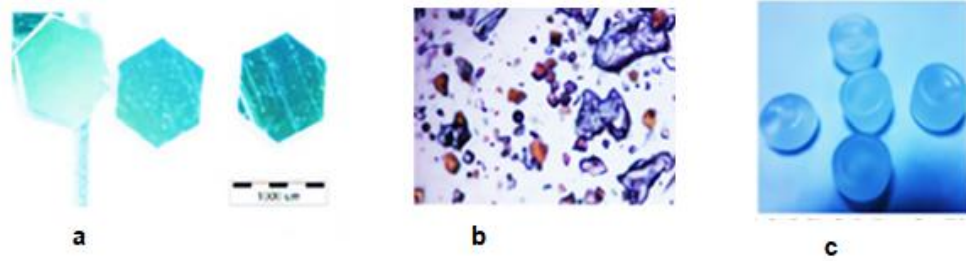
### 3. MİKROPLASTİKLER

#### 3.1. Mikroplastik Nedir ve Özellikleri

Thomson vd. (2004), 1 mm ile 5 mm arasındaki plastik parçalarını mikroplastik olarak tanımlarken, Browne vd. (2007) tarafından 1 mm'den küçük parçalar da mikroplastik olarak kabul edilmiştir. Çalışmalarda yer alan mikroplastik tanımları genelde boyut dikkate alınarak yapılmıştır. Verschoor (2015) ile Frias ve Nash (2019)'in çalışmaları sonucunda mikroplastığı daha açıklayıcı şu tanım önerilmiştir: "Mikroplastikler, birincil veya ikincil kaynaklı, suda çözünmeyen, boyutu 5 mm' den küçük, düzenli veya düzensiz şekilli olan herhangi bir sentetik katı parçacık veya polimerik matrikslerdir." Bu, mikroplastiklerin yapısı, özellikleri, kaynakları, boyutları ve şekillerinin de belirtildiği kapsamlı bir ifadedir.

Kaynaklarına göre mikroplastikler birincil (primer) ve ikincil (sekonder) olarak adlandırılmaktadır (Frias and Nash, 2019).

Birincil mikroplastikler, 5 mm'den küçük üretilen plastik parçaları için kullanılmaktadır. Kozmetikte kullanılan mikroboncuklar; plastik yapımında kullanılan peletler, tekstilde, elişlerinde kullanılan simler bu grupta yer almaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Birincil mikroplastikler (a. simler, b. kozmetik ürünlerde kullanılan mikroboncuklar, c. peletler (Yurtsever, 2018'den uyarlanmıştır)

İkincil mikroplastikler büyük plastiklerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik bozunmalarıyla oluşan parçalar için kullanılmaktadır (Hidalgo-Ruz et al., 2012). Daha çok parçacık ya da lif görünümlüdürler. Günlük yaşamda ev, mutfak ve dış mekanlarda kullanılan plastik ürünlerin aşınması, ufalanması sonucu ortama bırakılan parçalar, sentetik tekstil ürünlerinden kopan mikrolifler, araç lastiklerinin aşınmasıyla çevreye bırakılan lastik döküntüleri ikincil plastıklere örnek verilebilir (Şekil 3.2) (Aslan, 2018).



Şekil 3.2. İkincil mikroplastikler (Yurtsever, 2018'den uyarlanmıştır)

Doğada bulunan plastiklerin yaklaşık %90'ını Polietilen (PE), polistiren (PS), polipropilen (PP), polietilen teraftalat (PET) ve polivinil klorür (PVC) türü oluşturmaktadır (Sul and Costa, 2014).

Bugüne kadar yapılan çalışmalar mikroplastik türüne göre gruplandırıldığında çalışmalarda en çok PE (%23), PS (%22), PP (%12) ve Polyester (PES) (%9) türleri rapor edilmiştir (de Sá et al., 2018).

Çevrede yuvarlak, küresel, oval, dikdörtgen, silindirik, disk, amorf, geometrik şekilli, kaynağı olan plastiğin tipine ve özelliğine göre değişen çok çeşitli mikroplastik şekline rastlanmaktadır. Genel olarak şekilleri lif, parçacık, film, pelet, köpük şeklinde gruplandırılmaktadır (Tablo 3.1) (Hidalgo-Ruz, 2012).

Tablo 3.1. Mikroplastik tiplerinin tanımlanması ve potansiyel kaynakları (Hidalgo-Ruz et al., 2012).

Mikroplastik Tipi	Tanımı	Potansiyel Kaynağı
Parçacık	Sert, sivri plastik parçacık	Şişeler, sert, sağlam plastikler
Lif	İnce ve dayanıklı lif parçacık	Balık ağları; sentetikler ve giysiler
Pelet	Sert, yuvarlak plastik parçacık	Yüz temizleme malzemeleri
Film	İnce, hafif yüzey parçacık	Plastik çantalar, kâğıt, ambalaj kâğıdı
Köpük	İnce, hafif köpük plastik	Yüzen köpükler, plastik köpükler

Plastik işleme sırasında oluşan döküntüler pelet kaynağı olarak görülmektedir (Hidalgo-Ruz, 2012) ve bunlar çoğunlukla yuvarlak uçlu oval tablet benzeri, dikdörtgen, silindirik, küresel ve disk şekillerine sahip olabilmektedirler (Abu-Hilal,

2009). Özellikle plastiğin parçalanma sürecine ve çevrede kalma süresine göre şekilleri değişmektedir. Parçacığın keskin kenarlı olması su ortamına yeni girdiğini ya da büyük bir parçadan yeni koptuğunu, pürüzsüz kenarlı olması daha eski parçalar olduğunu göstermektedir (Doyle et al., 2011).

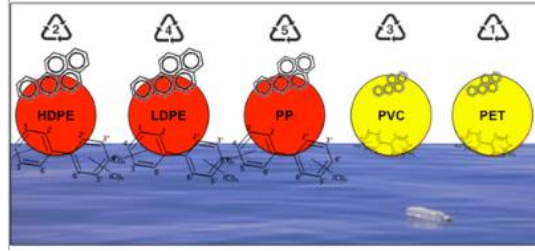
Mikroplastiklerin sahip oldukları şekiller onların çevreye yayılma biçimlerini de etkilemektedir (Yurtsever, 2018). Örneğin rüzgarlarla taşınan atmosferik serpintideki sentetik kumaş kaynaklı liflerin, karasal ve sucul ortamlara da bulaştığı gözlenmiştir (Dris et al., 2016).

Plastikler genellikle renksiz, şeffaf moleküllerdir, ancak üretim aşamasında renklendirilmektedirler. Ayrıca bozunmasına ve aşınmasına sebep olan çeşitli faktörlerin etkisiyle zamanla renkleri değişebilmektedir. Bu nedenle çevreye yayılan parçacıklar çok farklı görünümde karşımıza çıkmaktadır. Mikroplastığın solmuş rengine, pürüzsüz yüzeyine, parlaklığına bakılarak çevreye ne zaman bulaştığı ve bozunmaya uğrayıp uğramadığı anlaşılabilir (Yurtsever, 2018).

Mikroplastikler uzun hidrokarbon zincirlerine sahip olduklarından kendileri gibi uzun hidrokarbon zincirleri taşıyan yağlarla birleşme isteğinde olan lipofilik maddelerdir. Bunların sıvı moleküllerine ilgisi azdır. Su içeren sistemlerde bu maddeler hidrofob olarak adlandırılır (Gönül, 2000). Hidrofob özelliklerinden dolayı plastik parçaları karıştıkları suda uzun süre çözünmeden kalmakta, sulardaki miktarları da giderek artmaktadır.

Lipofilik yapıları sayesinde ise kendileri gibi olan Polibromlu difenil eter (PBDE), Dikloro difenil trikloroetan (DDT), Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), Poliklorlu bifeniller (PCB) gibi çeşitli kalıcı organik kirleticileri (KOK) ve pestisitleri (tarım ilaçları) çekmekte, onları adsorblayarak yüzeylerinde taşımaktadırlar (Rochman et al., 2013a). Mikroplastığın adsorbsiyon özelliği tipine, rengine, boyutuna, kimyasal kompozisyonuna bağlı olarak değişmektedir (Wang et al., 2018). Örneğin renklilere göre renksiz mikroplastiklerin daha fazla PCB adsorbe ettiği rapor edilmiştir (Alimi et al., 2018). Üzerinde KOK biriken plastik parçaları canlıların bünyesine geçtiğinde kirleticilerin zehirli etkilerini de taşıdığından canlılar için tehlikeli bir karışım olmaktadır (Şekil 3.3). Lipofilik özellik KOK'lardan başka mikroorganizmaların da plastiğe adsorbe olmasına, yüzeyine tutunup yayılmasına neden olmaktadır. Hatta mikroplastiklerin organik maddeleri doğal sediment ve topraklara göre iki kat daha fazla adsorbe ettiği gözlenmiştir (Mato et al., 2001). Ek

olarak plastiği kendine habitat yapan mikroorganizmalar plastiğin hareketi ile belki de hiç gidemeyeceği uzak mesafelere taşınmaktadır. Bylece organizmalar daha önce görülmediği farklı habitatlara sürüklenmiş olur.



şekil 3.3. Kirleticilerin kokteyli (Rochman et al., 2013a)

Plastikler, çoğu sudan daha az, yoğunluğu oldukça düşük ( $0.8-2.5 \text{ g/cm}^3$ ) polimerlerdir. Bu nedenle suda yzebilmekte ve suyun hareketi ile çok uzaklara kadar taşınabilmektedirler. Sudan daha yoğun plastik parçaları ise dibe çökmekte, dip akıntıları ile yer değiştirebilmektedirler (Aydın, 2019). Çevrede bulunduğu süreçte biyofilme dönüşmesi, KOK'ları adsorbe etmesi gibi nedenlerle mikroplastiklerin spesifik yoğunluğu değişebilmektedir (Rummel et al., 2017). Bu da su içindeki konumunun değişmesine neden olmaktadır.

Plastiklerin bozunma süreci ‘‘parçalanma’’ ve ‘‘mineralizasyon’’ olmak üzere ikiye ayrılır. İlk aşamada ortamda bulunan fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkenler karşısında plastiklerde; renk değişimi, gevreklik, çatlama ve polimer zincirinde kopmalar meydana gelmektedir. İkinci aşamada ise aerobik ve anaerobik koşullar altında  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  ve  $\text{CH}_4$  gibi doğada bozunabilen ürünlere dönüşmektedirler (Andrady, 1994; Krazan et al., 2006). Plastiklerde bozunma şekilleri termooksidatif, fotodegradasyon, termal bozunma, hidroliz ve biyobozunma olarak sınıflandırılmaktadır (Andrady, 2011). Günümüzde plastiğe kontrollü bir ömür sağlamak ve bozunmasını hızlandırmak için katkı maddeleri de eklenmektedir.

### 3.2. Mikroplastiklerin evreye Dağılması

Plastiklerin evreye dağılmaları ve canlı bünyesine girmeleri şekline, yapısına, boyutuna göre farklılık göstermektedir (Aydın vd., 2019). Yayılmaları ne şekilde olursa olsun mikroplastiklerin kaynağı karasal ortamlardır ve maalesef kirliliğin tamamı insan kaynaklıdır. Tatlı ve tuzlu tüm su kaynaklarında, içilen şişe ve eşe sularında, solunan havada, yenilen tüm su ürünlerinde, verimli-verimsiz topraklarda, güney ve kuzey kutup bölgelerinde, buzulların içinde, ıssız dağ göllerinde, hatta

okyanusun kilometrelerce altındaki dip sedimentlerde mikroplastiklere rastlanmış olması, insan eliyle oluşturulan bu kirliliğin doğal süreçlerle de çok uzak ve hiç beklenmeyen yerlere taşınabildiğini göstermektedir (Yurtsever, 2019).

Karasal ortamlarda öncelikli kirletici olan mikroplastikler, çeşitli insan faaliyetleri sonucu toprağa karışmaktadırlar. Bunlardan başlıcaları kompost gübrelerin kullanılması, geri dönüşümü yeterince yapılamayan plastiklerin çöp depolama alanlarında uzun süre bekletilmesi, arıtma çamurlarının toprağa serilmesi ve bilinçsizce çevreye çöp atılmasıdır.

Kompost gübre, yenebilir birtakım atıkların, ağaç, dal, yaprak parçalarının çürütülmesi, öğütülmesi sonucu elde edilen doğal gübredir. Endüstriyel kompost gübre üretimi sırasında kullanılan atıkların tane çapı 5 mm'den küçük olabildiğinden üretim sırasında gübrenin içine mikroplastik katılma riski de artmaktadır (Awasthi et al., 2016). Kompost gübrenin toprağa serilmesiyle bünyesindeki mikroplastikler toprağa karışmış olmaktadır. Atık su tesislerindeki dip çamurları toprağa serilerek de bertaraf edilmektedir (Nizzetto et al., 2016). Tarım arazilerinde verimi arttırmak adına yapılan bu uygulama ile dip çamurlara karışan birçok mikroplastik toprağa karıştırılmış olmaktadır. Bu iyi niyetli uygulama uzun vadede toprağı kirleten bir zarara dönüşmektedir. Verschoor vd. (2014) iyi tarım uygulaması amacıyla yapılan kompost gübre ve arıtma çamurlarının toprağa yayılmasını toprakta dikkate değer miktarlarda mikroplastik kaynağı olarak belirtmişlerdir. Mikroplastiklerin toprakta çözünmesi oldukça yavaş gerçekleşmektedir. Örneğin topraktaki polietilen 800 gün sonra yalnızca %0.1-0.4, polipropilen bir yıllık süre sonunda %0.4 ağırlık kaybına uğrarken, polivinil klorür 35 yıl boyunca parçalanmadan kalabilmektedir (Ali et al., 2014; He et al., 2018). Toprağa karışan plastik atıklar, maruz kaldıkları fiziksel ve kimyasal faktörler, tarımsal faaliyetler ile parçalanıp yer altı sularına sızabilmekte ya da yer altında yaşayan köstebek, sincap gibi canlıların bünyesine alınarak bu canlıların hareketi ile ve erozyonla farklı yerlere taşınabilmektedir (Hurley and Nizzetto, 2018).

Sucul ortamdaki mikroplastiklerin karasal ve denizel olmak üzere iki temel kaynağı bulunmaktadır. Araştırmalar denizlerdeki plastiklerin %80'inin karalardan geldiğini göstermektedir (Andrady, 2011). Çevreye atılan plastikler, endüstriyel atıklar, trafikte meydana gelen lastik parçaları, rüzgâr, hava ve akarsular aracılığı ile denizlere taşınmaktadır. Katı atıkların doğal yollarla kendi halinde parçalanmasının yanı sıra denizdeki mikroplastiklerin en önemli kaynağının atık su tesisleri olduğu

kabul edilmektedir (Koelmans, 2015; Waite et al., 2018). Deşarj edilen kentsel atık suların içinde özellikle çamaşır makinelerinden gelen sentetik elyaf ve temizlik malzemelerinden kaynaklanan mikroplastik ve mikrobuncuk parçacıkları bulunmaktadır (Kayhan, 2019). Balıkçılık, su ürünleri yetiştiriciliği ve denizcilik faaliyetleri de denizde plastik kirliliği sebeplerindendir. Bu kaynaklar denizdeki plastik atıkların %20'sini oluşturmaktadır (Andrady, 2011). Özellikle olta takımları denizlerde büyük miktarda plastik kirliliğe neden olmaktadır. Bunu fark eden ülkeler olta kirliliğini önlemek adına takip sistemi, depozito gibi tedbirler almaktadırlar (Kanlı and Kurt,2019).

### **3.3. Mikroplastiklerin Sucul Canlılar ile Balıklara Bulaşması ve Etkileri**

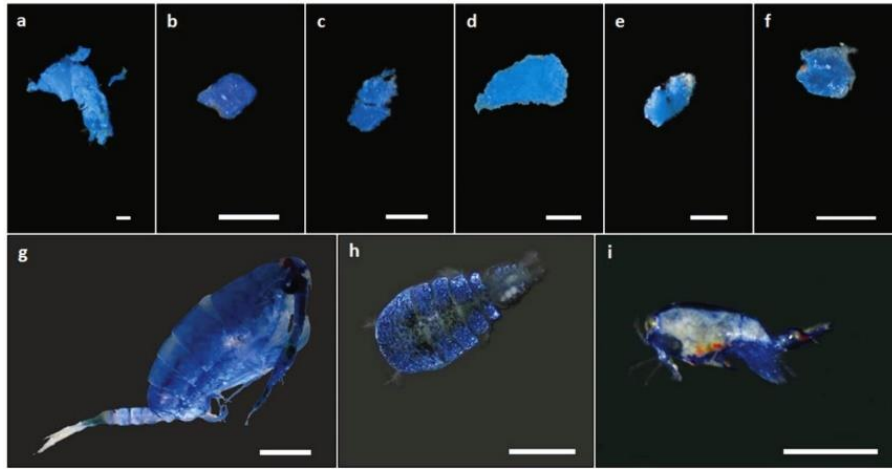
Sucul canlılar doğrudan ya da besin ağı yoluyla dolaylı şekilde mikroplastığı bünyelerine almaktadırlar. Parçacığın boyutu, rengi, şekli hatta kokusu, ortamdaki yoğunluğu canlıya bulaşmasında ve alınma şeklinde etkili olmaktadır. Organizmalar besin zannedip yutma (Brown et al., 2008; Cole et al., 2013), suyu filtreleyip beslenme (Cole et al., 2011), besin zinciri (Romeo et al., 2015) veya solunum yolu ile (Watts et al., 2014) mikroplastığı bünyelerine almaktadırlar.

Sucul çevrede çeşitli habitatlarda çok sayıda balık türü mikroplastığe maruz kalmaktadır (Wang et al., 2020). Ryan vd. (2016) mikroplastik bulaşan balık türü sayısını 93 olarak bildirirken bu rakam bir yıl sonra yapılan araştırmada 150' ye çıkmıştır (Jabeen et al., 2017). Markic vd. (2020) 1972'den beri yapılan mikroplastik çalışmalarını incelemişler %81'i ticari öneme sahip 323 deniz balığı türünün plastik yuttuğu sonucunu çıkarmışlardır. Bu konuda çalışmalar arttıkça mikroplastik bulaşan tür sayısı da katlanarak artmaktadır.

Balıklar boyut ve şekil olarak planktona benzettiği mikroplastığı kasıtlı veya kafa karışıklığı ile yutma (de Sá et al., 2015) veya filtreleme ile beslenme sırasında almaktadır (Besseling et al., 2015). Ayrıca Alomar ve Deudero (2017), araştırmalarında kara ağızlı kedi köpek balığının (*Galeus melastomus*) midesinde mikroplastik gözlenmesini besin zinciri ya da avlanma ile bulaşmaya kanıt olarak göstermişlerdir. Filtreleme ile ve tortulardan beslenen balıklar gibi seçici olmayan beslenme stratejilerine sahip türlerin, seçerek avlanan predatörlere göre daha fazla mikroplastığe maruz kaldıkları görülmüştür (Wesch et al., 2016). Dipteki bir pisi balığının tortuya karışmış parçacığı beslenme sırasında yanlışlıkla aldığı düşünülmüş (Claessens et al., 2011), morina balığında ise mikroplastik alım sıklığının fazla çıkması

seçici olmayan fırsatçı beslenme davranışına bağlanmıştır (Foekema et al., 2013). Omnivor balıkların karnivor ve herbivorlara göre daha yüksek miktarda mikroplastik tükettiği görülmüş, bunların sindirim sisteminde sayılan lif parçalarının, geniş beslenme kaynağıyla ilişkili olduğu varsayılmıştır (Mizraji et al., 2017).

Paskalya Adalar'ında yakalanan yirmi *Decapterus muroadsi* bireyinin on altısının (%80'inde) mide ve bağırsağında, mavi kopepod türlerine renk ve boyut olarak benzeyen mavi polietilen bulunması balıkların doğal avlarına benzettikleri mikroplastikleri yuttuğu hipotezini desteklemektedir (Şekil 3.4) (Ory et al., 2016).

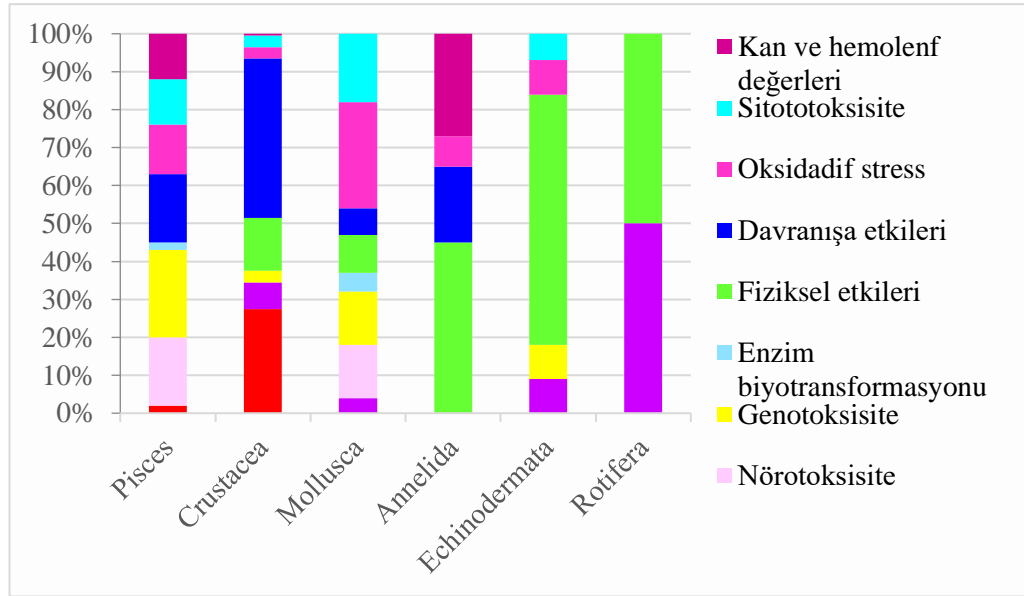


Şekil 3.4. (a – f) *D. muroadsi*'nin sindirim yollarındaki mavi mikroplastik örnekler ve (g) kopepod avı *Pontella sinica* erkek, (h) *Sapphirina* sp. ve (i) *Corycaeus* sp. Ölçek çubukları 0.5 mm'yi temsil eder (Ory et al., 2016)

Balığın yaşadığı su bölgesindeki plastik yoğunluğunun alım sıklığını etkileyebileceği de düşünülmektedir (Eriksson and Burton, 2003). Özellikle suya atık akışının yoğun olduğu yerleşim alanlarına yakın sahillerdeki türlerin açık denizlerdeki türlere göre daha fazla mikroplastik içerdiği tespit edilmiştir (Murphy et al., 2017).

Mikroplastiklerin sucul canlılara ekotoksikolojik etkilerini göstermek için daha çok Pisces, Crustacea, Mollusca, Annelida, Echinodermata ve Rotifera türleri üzerinde çalışılmıştır. Crustacea genellikle en fazla çalışılan (%45) gruptur, sonra sırasıyla Pisces (%21), Mollusca (%18), Annelida (%7), Ecinodermata (%7) ve Rotifera (%2) gelmektedir (Futter et al., 2018). Bu grupların besin zincirinde önemli rollerinin olması çalışmalarda kullanılmalarının başlıca nedeni olarak görülmektedir. Araştırmalar sonucunda mikroplastiklerin canlılarda beslenme aktivitesinin azaltılmasına (de Sá et al., 2015), oksidadif strese, genotoksisiteye (Della Torre et al., 2014), nörotoksisiteye (Ribeiro et al., 2017), büyüme gecikmesine (Della Torre et al., 2014), üreme sağlığının

bozulmasına ve ölüme (Cole et al., 2015) neden olduğu gösterilmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Farklı organizma gruplarında mikroplastığın ekotoksikolojik etkileri (de Sá, 2018)

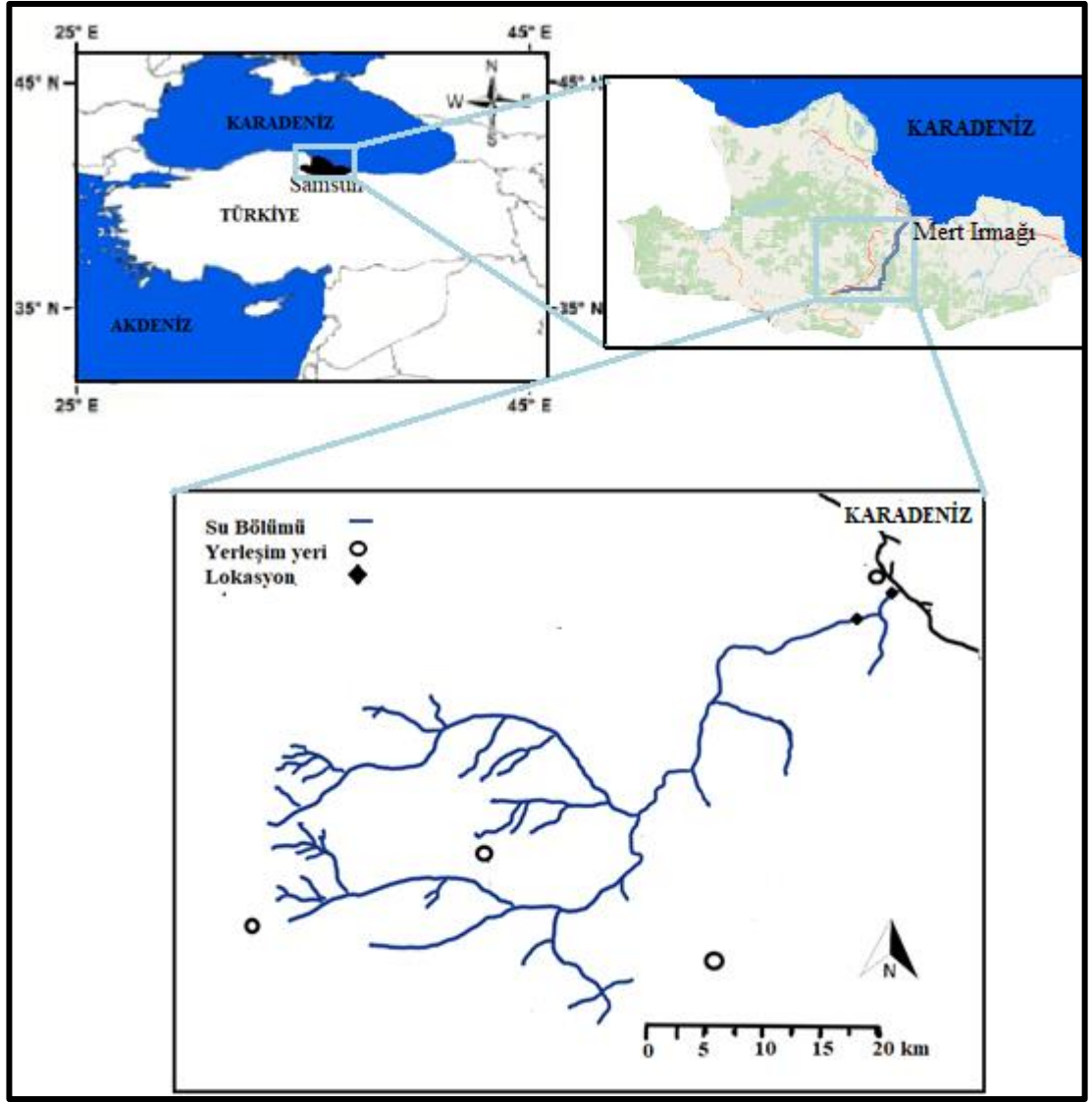
Beslenme ile alınan plastik parçası bağırsaktan geçerek atılabilmekte veya sindirim sisteminde tutulabilmektedir (Browne et al., 2008). Yutulan mikroplastiklerin en çok mide ve bağırsak da dahil olmak üzere balıkların sindirim sistemlerinde tutulduğu bildirilmektedir (Wright and Kelly, 2017). Sindirim sisteminde biriken mikroplastik parçacıkların yanlış bir doygunluk hissine yol açarak gıda tüketiminin azalmasına neden olabileceği öne sürülmektedir (Ryan, 1988). Ayrıca bunların bağırsaklarda lezyonlara (doku hasarlarına) sebep olduğu da deneysel olarak kanıtlanmıştır (Ahrendt et al., 2020). Gıda emilimini olumsuz etkileyecek bağırsak hasarlarının, enerji girişinin azalmasına, salgı, sindirim ve emilim süreçlerinin yavaşlamasına sonuçta bağırsak fonksiyonlarının bozulmasına neden olabileceği düşünülmektedir (Blikslager et al., 2007). Mikroplastiklerin adsorbladığı çevresel kirleticilerin canlının bünyesine geçmesi ve birikmesi riski de bulunmaktadır. Çevresel kirleticiler (polisiklik aromatik hidrokarbonlar, poliklorlanmış bifeniller, polikarbonlanmış difeniller) emdirilen polietilen taneciklere maruz bırakılan *Oryzias latipes* türlerinde bu kimyasalların biriktiği ve balığın karaciğerinde glikojen tükenmesine, yağlanmaya (küçük ve büyük vakuol artışı) neden olduğu gösterilmiştir (Rochman et al., 2013b).

## 4. MATERYAL VE YÖNTEM

### 4.1. Çalışma Alanı

Bu araştırma Samsun ilinde bulunan Mert Irmağı'nda gerçekleştirilmiştir. Seçilen bu ırmak kentin sulama suyunu sağlamakta, çevredeki halkın balık ihtiyacını karşılamaktadır (Uğurlu and Polat, 2002). Kavak Hacılar Dağı'ndan doğan ırmak Samsun'dan Karadeniz'e dökülmektedir. 816.4 km<sup>2</sup> lik bir alanda akan ırmak, 78 km uzunluğu sahiptir. Dar bir vadide akan ırmak denize karıştığı yerden 6 km yukarisından genişler ve delta şeklinde denize dökülür. İskanlaşma bu bölümde yoğunudur. Irmağın debisi ve akış hızı yaz ve kış arasında değişmekle birlikte yazın ortalama derinliği 50 cm'den daha aşağıda, kışın ise yağmur ve kar yağışlarının etkisiyle en fazla 4-5 m'yi bulmaktadır. Denizin 24 km yukarisında Karataş Deresi ile birleşmekte, denize yakın kısımda Yılanlı Dere ve altı yan dereyi de alıp denize dökülmektedir. Yılanlı dere ilin katı atıklarını döktüğü bir deredir. İslah çalışması yapılan kıyılarında yapısal faaliyetler yoğunlaşmıştır. Denize döküldüğü bölgelerde yer alan küçük sanayi işletmelerinin atıkları ile kıyısındaki iskanlara ait kanalizasyon ve yağmur suları bazı bölgelerden ırmağa boşaltılmaktadır (Bakan ve Şenel, 2000). Irmak üzerinde beşi bölünmüş yol köprüsü, biri yaya köprüsü olmak üzere toplam altı köprü bulunmaktadır.

Bu çalışmada Mert Irmağı'nın denizle bağlantısının olduğu nehir ağzı ile 4 km yukarisından olmak üzere iki lokasyondan balık örnekleme yapılmıştır (Şekil 4.1). Ayrıca ırmağın sahille bağlantısının olduğu kıyı kesiminden 50 m uzunluğunda 2 m eninde alan belirlenmiş, buralardan 2 cm'den büyük plastik parçaları toplanmış ve bu bölgenin plastik kirliliği hesaplanmıştır.



Şekil 4.1. Çalışma alanı

## 4.2. Arazi Çalışmaları

Örnekleme çalışmaları Mart 2021-Şubat 2022 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Irmağın denize döküldüğü sahil kısmından 2 cm'den büyük plastik parçaları toplanmış, belirlenen iki lokasyondan mevsimsel olarak sindirim sistemlerinde mikroplastik tespitinin yapılacağı balık örnekleri temin edilmiştir.

### 4.2.1. Plastik parçalarının toplanması

Çalışmada örnekleme yapılan kıyının plastik kirlilik düzeyinin belirlenmesi için Temiz Sahil İndeksi (TSİ) kullanılmıştır (Alkalay et al., 2007). Çalışmamızda ırmağın denize döküldüğü sahil kısmı seçilmiştir. Irmağın denize taşıdığı plastikleri bu bölgede bırakabileceği düşünülmüştür. Bu bölgeden 50 m uzunluğunda 2 m genişliğinde rastgele alanlar seçilmiştir ve buralardan 2 cm'den büyük plastik parçaları

toplanmıştır. Toplanan plastik parçaları ağırlıklarını etkileyecek toz, toprak, içine biriken su gibi etkenlerden kurtulmak için öncelikle temizlenmiş sonra sayımı yapılarak tartılmıştır.

Temiz Sahil İndeksi;

$$TSİ = Dp \times K \quad (4.1)$$

formülü kullanılarak hesaplanmaktadır (Alkalay et al.,2007).

$$Dp \text{ (Plastik yoğunluğu)} = \text{plastik sayısı} / (\text{sahil eni} \times \text{boyu}) \quad (4.2)$$

$$K = 20$$

Elde edilen TSİ sonucu Tablo 4.1’de yer alan indeks sınıflarına göre değerlendirilmiştir.

Tablo 4.1. İndeks değerleri ve kirlilik düzeyleri

İndeks	Kirlilik düzeyi
0-2	Çok temiz, hiçbir çöp görülmez.
2-5	Temiz, geniş bir alanda hiçbir çöp görülmez.
5-10	Orta, birkaç parça çöp tespit edilebilir.
10-20	Kirli, kıyıda enkaz şekline çöp birikmiştir.
20<	Aşırı kirli, plajın çoğu plastik enkaz ile kaplıdır.

#### 4.2.2. Balık örneklerinin temini

Balık örnekleri ırmağın belirlenen aşağı ve yukarı lokasyonlarında avlanan balıkçılardan satın alma yoluyla temin edilmiştir. Örnekleme Mart 2021-Şubat 2022 tarihleri arasında aylık yapılmıştır. Balıkçılardan temin edilen örnekler buzlu saklama kaplarına konularak Ondokuz Mayıs Üniversitesi İhtiyoloji Araştırma Laboratuvarı’na getirilmiştir. Örneklerin sistematik konumları, ilgili tayin anahtarları (Uğurlu and Polat, 2002; Geldiay ve Balık, 2007; Polat ve Uğurlu, 2011) kullanılarak belirlenmiştir. Belirlenen lokasyonlardan Mart 2021-Şubat 2022 tarihleri arasında *Carassius gibelio* türüne ait toplam 119 birey, *Squalius cephalus* türüne ait 51 birey temin edilmiştir.

#### 4.3. Örneklenen Türlerin Genel Özellikleri

Bu çalışmada *Squalius cephalus* ve *Carassius gibelio* türlerinin sindirim sistemleri mikroplastik içeriği bakımından incelenmiştir.

*Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758) türünün ilk bulunuş yeri Avrupa'dır. Uğurlu ve Polat (2002) tarafından Mert Irmağı (Samsun)'nda kayıtlanmıştır. Kuru (1996)'ya göre türün sistematığı aşağıda belirtilmiştir.

Alem : Animalia

Şube : Chordata

Sınıf : Osteichthyes

Takım : Cypriniformes

Aile : Cyprinidae

Cins : *Squalius*

Tür: : *Squalius cephalus* (Tatlı su kefali)

*Squalius cephalus* türü akarsu balığıdır. Temiz ve hızlı akan suları tercih etseler de acı sularda ve göllerde de bulunabilmektedirler. Suların yüzeye yakın zonlarında gruplar halinde yaşamaktadırlar. Boyları en fazla 80 cm, ağırlığı ise 4 kg kadar olabilmektedir. Omnivor beslenmektedirler. Genellikle sucul böcekleri, kurtları, yumuşakçaları, balık yumurtalarını, çeşitli su bitkilerini ve bitki tohumlarını yiyebilmektedirler. Yaşlanan fertleri predatör özellik kazanabilmekte diğer balıkların yavrularıyla beslenebilmektedir. Eti tazeysen lezzetli olmasına rağmen kılıcı çok olduğundan tüketimi pek tercih edilmemektedir. Genellikle ilkbahar ve yaz aylarında avlanmaktadır. Dünya'da Bütün Avrupa, Karadeniz, Hazar Denizi ve Azak Denizi havzaları ile Kafkasya'da yayılış göstermektedirler. Anadolu'daki tüm iç sularda rastlanmıştır (Geldiay ve Balık, 2007:337) (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. *Squalius cephalus* (L., 1758), (Tatlı su kefali)

*Carassius gibelio* (Bloch, 1782) türünün ilk bulunuş yeri Asya'dır. Ülkemiz iç sularına sonradan giren bir türdür. Türün Türkiye'deki ilk kaydı Trakya Bölgesi'nde Gala Gölü'nde Baran ve Ongan (1988) tarafından bildirilmiştir. Uğurlu ve Polat (2007) tarafından Mert Irmağı (Samsun)'nda kayıtlanmıştır. Kuru (1996)'ya göre türün sistematigi aşağıda belirtilmiştir.

Alem : Animalia

Şube : Chordata

Sınıf : Osteichthyes

Takım : Cypriniformes

Aile : Cyprinidae

Cins : *Carassius*

Tür : *Carassius gibelio* (İsrail sazanı)

*Carassius gibelio* vejetasyonca zengin ötrof göllerde doğal olarak yayılış göstermektedir. Cinsel olgunluğa kısa sürede ulaşmaktadır. Ayrıca yüksek toleransları sayesinde girdikleri ortamda rekabet şansları artmakta ve ekosistemde kısa sürede baskın hale gelmektedirler. Omnivor beslenmektedirler. Total boyları genellikle 15-20 cm olsa da 40 cm'ye ulaşan bireylere de rastlanılmıştır. Çok fazla kılçıklı olduğundan besin olarak tercih edilmemektedirler. Ülkemizde Trakya ve Kuzeydoğu Anadolu kesimlerinde yayılış gösteren bu tür, günümüzde birçok göl, gölet ve barajlarda gözlenmektedir (Şekil 4.3) (Geldiay ve Balık, 2007:288).



Şekil 4.3. *Carassius gibelio* (Bloch, 1782)

#### **4.4. Laboratuvar Çalışmaları**

##### **4.4.1. Örneklerin saklanması**

Sistemik konumları belirlenen balıklar türlerine göre ayrılıp örneklendiği lokasyona ve yakalandığı tarihe göre etiketlenmiştir. Sonrasında Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Araştırma Laboratuvarı'nda bulunan -20<sup>0</sup> C'ye ayarlanmış derin dondurucu içerisine yerleştirilmiş ve bir sonraki laboratuvar işlemlerine kadar muhafaza edilmiştir.

##### **4.4.2. Mikroplastik bulaşmasını önleme**

Örneğe mikroplastik bulaşmasını önlemek için tedbirler alınmıştır. İşlem sırasında pamuk önlük giyilmiş, nitril eldivenler takılmış ve yüz maskesi kullanılmıştır. Hazırlanan çözeltiler kullanılmadan önce mikroplastik içermemesi için filtre edilmiştir. Kullanılacak tüm cam kaplar, petri kapları, beherler, önce bulaşık deterjanı ile yıkanmış, damıtılmış su ile durulanmış, sonra etanolle yıkanıp kurutulmuştur (Karami et al., 2017). Balığın sindirim sisteminin çıkarılması saf su ile yıkanmış metal tepsi üzerinde yapılmıştır, kullanılan makas, pens de işlem öncesi saf su ile yıkanıp temizlenmiştir. Hazırlanan malzemeler kullanılıncaya kadar kapalı çelik dolaplarda muhafaza edilmiştir. Laboratuvarda havadan olası mikroplastik kirlenmesini tespit edebilmek için işlem yapılan balığa yakın bölgelere su dolu petri kapları konularak prosedürel boşluklar oluşturulmuştur (Abbasi et al., 2018). Sonrasında bu kaplardaki sular filtrelenerek optik incelemeye tabi tutulmuş, optik inceleme sonucu tespit edilen mikroplastiklere benzer plastikler balığın sindirim sisteminde görüldüğünde sayımdan çıkartılmıştır. Bu şekilde elde edilen verilerin sapması minimum düzeye indirilmeye çalışılmıştır.

##### **4.4.3. Morfometrik veri analizi**

Derin dondurucuda muhafaza edilen balıklar çıkartılarak oda sıcaklığında çözdürülmüştür. Çözünen örneklerin total boyları ( $\pm 0.1$  cm) ölçüm tahtasında ölçülmüş, vücut ağırlıkları ( $\pm 0.001$  g) elektronik terazi kullanılarak tartılmıştır. Balıkların eşey tespiti üreme organları kontrol edilerek yapılmıştır.

##### **4.4.4. Sindirim kanalının çıkarılması ve kanalın kimyasal sindirimi**

Ölçümleri alınan örneklerin her biri önceden temizliği yapılmış metal tepsi üzerinde yutaktan anüse kadar açılmış, pens ve makas kullanılarak sindirim kanalı

yemek borusunun yutak kısmından kesilerek çıkartılmıştır (Lusher et al., 2013). Çıkarılan sindirim kanalı, darası alınan 250 ml'lik cam behere konulmuş, ağırlığı (0.001 g) elektronik terazi ile tartılıp kaydedilmiştir. Üzerine sindirim kanalının hacminin üç katı olacak şekilde %10'luk KOH çözeltisi eklenmiştir. Son çalışmalarda KOH balık bağırsak içeriğini eritip sıvılaştırmak için için en uygun çözelti olarak tanımlanmıştır (Foekema et al., 2013; Hermsen et al., 2017). Cam beherlerdeki KOH çözeltisinin buharlaşıp çözelti oranının değişmemesi ve çevreden mikroplastik bulaşmaması için cam beherlerin üzerine alüminyum folyo kapatılmış, toplu iğne yardımıyla beş yerinden delinmiştir. Daha fazla delindiğinde çözeltinin erken buharlaştığı gözlenmiştir. Örneğin türü, örneklenme tarihi, örneklendiği lokasyon ve örneğe verilen numara etiket üzerine yazılarak behere yapıştırılmıştır (Şekil 4.4). Bu şekilde hazırlanan örnekler 60 °C'ye ayarlanmış etüve yerleştirilmiş ve 5 gün boyunca etüvde bekletilmiştir (Bessa et al., 2018). Etüve yerleştirilen çözeltilerin kurumaması ve ayarlanan ısının düşmemesi için etüvün kapağı açılarak sık kontroller yapılmamıştır. Beherlerdeki organik maddenin çözülüp çözülmediği günde bir sefer kontrol edilmiştir. Kontrolde katı parçalar görüldüğünde etüvde bir süre daha, çözünme gerçekleşene kadar, bekletilmiştir. Çözelti miktarının azalmasına rağmen içinde katı parçaların gözlendiği örneklerin üzerlerine bir miktar KOH çözeltisi ilavesi yapılmıştır. Bu şekilde tüm organik maddenin çözünmesi sağlanmıştır (Şekil 4.4). Bazı örneklerin, özellikle sindirim sistemi ağırlığı az olan *Carassius gibelio* örneklerinin, üç günde sıvılaştığı görülmüştür. Bazı *Squalius cephalus* örneklerinin sıvılaşması ise yedi günü bulmuştur.



Şekil 4.4. *S. cephalus* ve *C. gibelio* türlerine ait sindirim sistemleri

#### 4.4.5. Filtreleme

%10'luk KOH çözeltisi içinde, 60 °C'ye ayarlanmış etüvde sindirim kanalları sıvılaştıran örnekler etüvden çıkarılmıştır. Filtrasyon işlemi sırasında çözeltideki mikroskobik partiküllerin, döküntülerin, yağlı organik içeriğin filtreleri tıkaçabileceğinden filtrelemede elektronik vakum sistemi kullanılmıştır. Filtrelerin tıkanma riskini azaltmak için büyük gözenekli filtre kullanılarak ön filtreleme de yapılmıştır. Çözeltiler önce daha büyük gözenekli 1.2 µm Whatman GF / C mikrofiber filtre kağıtları ile sonra ızgaralı 0.45µm Selüloz Nitrat Membran Filtre ile filtrelenmiştir. Kademeli olarak gerçekleştirdiğimiz bu filtreleme işlemi ile mikroplastiklerin önce büyük olanları sonra daha küçük olanları sıvılardan uzaklaştırılıp filtrelerde toplanmıştır. Mikroplastiklerin laboratuvar malzemelerinin duvarlarına yapışma riski nedeniyle filtreleme sırasında cam duvarlar filtre üzerinde saf su ile tekrar tekrar durulanmıştır (Wang and Wang, 2018). Filtre kağıtları örneğe ait etiketin yapıştırıldığı kapaklı cam petri kaplarına yerleştirilmiş ve optik incelemeye kadar bu şekilde saklanmıştır (Şekil 4.5) (Bessa et al., 2018).



Şekil 4.5. Filtreleme işlemi (a. Süzme işlemi düzeneği, b. Süzme işleminde kullanılan filtre kağıtları, c-d. petri kaplarına yerleştirilen filtre kağıtları)

#### 4.4.6. Optik inceleme

Süzme işlemi sonucunda filtre kağıtlarında kalan parçacıkları doğru bir şekilde tanımlamak için streomikroskop kullanılmıştır (Bessa et al., 2018). İncelemeler Leica Application Suit Ver. 3.8 görüntü analiz mikroskobu kullanılarak yapılmıştır (Şekil 4.6). Görüntülenen parçaların mikroplastik olup olmadığına karar verirken öncelikle şekil ve renklerine bakılmıştır (Rose et al., 2016). Bu konuda daha önce yayınlanan mikroskop görüntüleri tanımlamada referans olmuştur. Tanımlama sonuçlarının doğruluğunu arttırmak için, mikroplastikleri görsel olarak incelerken şu kriterler de göz önünde bulundurulmuştur:

- Mikroplastikler hücresel ve organik yapılara sahip olup olmadığı,
- Görünen lif şeklinde parçacık mikroplastik ise tüm uzunluk boyunca kalınlığı ve renginin tutarlı olması,
- Parçacıkların mikroplastik ise net ve homojen bir renk göstermesi (Hidalgo-Ruz, 2012),
- Lif şeklinde mikroplastiklerin bazılarının uç kısımlarının yıpranmış olup olmaması

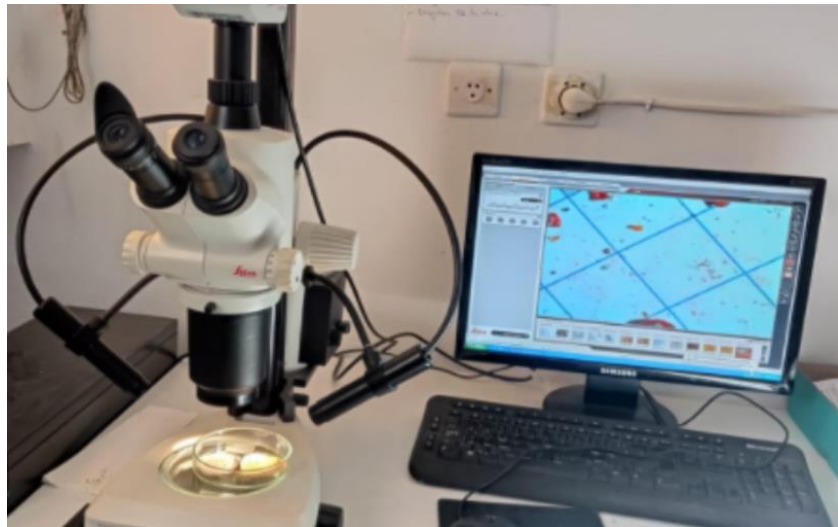
Bu kriterlere rağmen hala mikroplastik olup olmadığı hususunda tereddüte düşülen parçalar için ısıtıcı iğne kullanılarak karar verilmiştir (Hermsen et al., 2018). İrmak balıkları olduğundan çok fazla taş, toprak ve cam parçaları gözlenmiştir. Bu nedenle iğne ile dokunarak taş mı, cam mı olduğuna karar verilmiştir. Toprak parçaları dokunur dokunmaz dağılmış, taş ve camda bir değişiklik olmazken, plastiğe iğne batmış, dokusunda değişiklik gözlenmiştir. Siyah parçalar oldukça yoğun olarak gözlenmiştir. Bu nedenle en çok bu siyah parçaların plastik olup olmadığı hususunda karar vermek için ısıtıcı iğne kullanılmıştır. Yine siyah parçaların renklerine de dikkatli bir şekilde bakılmış homojen bir renk gözlenmeyen parçalar plastik olarak kabul edilmemiştir.

Her bir mikroplastığın boyutu görüntü analiz sistemi aracılığı ile belirlenmiştir. Çalışmamızda  $\leq 5$  mm parçalar sayıma dahil edilmiştir. Plastikler şekline, boyutuna ve rengine göre Tablo 4.2'deki gibi sınıflandırılmıştır. Görüntülerde en kolay ayırđedilen şekil lifler olmuştur. Sentetik iplikler ve şeffaf misina parçaları lif olarak değerlendirilmiştir. Film olarak sınıflandırdığımız mikroplastikler de ince ve daha çok poşet parçaları olduğundan kolay ayırt edilmiştir. Keskin kenarlı hacimli parçalar,

parçacık olarak kabul edilmiştir. Pelet ve mikroboncuk gibi keskin kenarlı olmayan küreye benzer parçalar küresel olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 4.2. Balıklarda tespit edilen mikroplastiklerin şekline, rengine ve boyutuna göre kategorileri

Şekline Göre Mikroplastikler	Renklerine Göre Mikroplastikler	Boyutuna Göre Mikroplastikler
Lif	Beyaz	>1 mm (mikroplastik)
Parçacık	Şeffaf	1-2 mm (mikroplastik)
Film	Siyah	2-5 mm (mikroplastik)
Küresel	Mavi	5-25 mm (mezoplastik)
	Kırmızı	25 mm (makroplastik)
	Yeşil	
	Turuncu	
	Sarı	



Şekil 4.6. Optik inceleme

#### 4.5. İstatistiksel Analiz

İncelenen türlerde mikroskop altında mikroplastik mevcudiyetine karar verilip kayıt altına alındıktan sonra verilerin normal dağılıma uyup uymadıkları test edilmiştir (Shapiro-Wilk,  $p>0.05$ ). Dağılımın normal çıktığı durumda Bağımsız Örneklem Testi uygulanırken, verilerin normal dağılıma uymaması durumunda Mann-Whitney U Testi uygulanarak lokasyonlar mikroplastik kirliliği bakımından karşılaştırılmıştır.

## 5. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 5.1. Mert Irmağı'nın Denize Döküldüğü Sahilin TSİ Değeri

Mert Irmağı'nın denize döküldüğü sahilden 100 m<sup>2</sup>'lik dört alanda 2 cm'den büyük 323 plastik parçası toplanmıştır (Şekil 5.1). Plastik parçaların toplam ağırlığı 4.282 g olarak tartılmıştır.

Toplamda 400 m<sup>2</sup>'lik alanda daha çok pet şişeler, poşetler, ambalajlar, köpük tabaklar, pet bardaklar toplanmıştır. Bunun yanında terlikler, çeşitli ebatlarda borular, afişler de kıyıda görülmüştür (Şekil 5.2). Mert Irmağı'nın denize döküldüğü kıyıda TSİ değeri;

$$TSİ = (323/400) \times 20 = 16.15$$

olarak bulunmuştur. Tablo 4.3'te verilen indeks değerlerine göre Mert Irmağı'nın döküldüğü sahil "kirli" olarak çıkmıştır. Fernandino vd. (2016), Salvador (Brezilya) kıyılarında örnekleme yaptıkları istasyonlarda plajları TSİ'ye göre son derece kirli olarak değerlendirmişlerdir. Terzi ve Seyhan (2017) Güney-Doğu Karadeniz Sahili'nde dokuz lokasyondan dört mevsim topladığı çöplerin yoğun olarak plastik olduğunu, plastik çeşitliliğinin mevsimsel olarak çok büyük fark göstermediğini doğu kıyılarında batı kıyılarına göre daha yoğun kirlilik gözlemlendiğini vurgulamışlardır. Esensoy Şahin vd. (2018) Sarayköy (Rize) Sahili'nde mevsimsel olarak topladıkları plastik çöplerin miktarını, en fazla yazda, en az ilkbaharda kaydetmişlerdir. Atıcı vd. (2020) Zeve (Van) Sahili'ni TSİ'ye göre "aşırı kirli" olarak belirlemişlerdir.



Şekil 5.1. Mert Irmağı'nın denize döküldüğü alanda plastik parçalarının toplanması



Şekil 5.2. Mert Irmağı'nın denize döküldüğü alanda toplanan plastikler

## 5.2. Balık Örneklerinin Morfolojik Ölçümleri

Çalışmada *Squalius cephalus* (51) ve *Carassius gibelio* (119) türlerinden toplam 170 birey incelenmiştir (Tablo 5.1). Yapılan morfolojik ölçümler Tablo 5.2'de verilmiştir.

Tablo 5.1. Mert Irmağı'ndan örneklenen bireylerin aylara göre dağılımı

ZAMAN	<i>Squalius cephalus</i>		<i>Carassius gibelio</i>	
	Birey Sayısı(N)		Birey Sayısı(N)	
	Yukarı Mert	Aşağı Mert	Yukarı Mert	Aşağı Mert
Mart	6	0	2	7
Nisan	6	5	0	5
Mayıs	8	6	3	0
Haziran	4	3	5	6
Temmuz	2	3	10	10
Ağustos	0	0	6	12
Eylül	1	2	6	5
Ekim	1	0	1	9
Kasım	0	0	2	9
Aralık	0	1	2	9
Ocak	1	1	2	3
Şubat	1	0	2	3
Toplam	30	21	41	78

Tablo 5.2. Türlerin birey sayısı (N), bireylerin total boylarının, vücut ağırlıklarının ve GİS (sindirim kanalı) ağırlıklarının maksimum (mak) ve minimum (min) değerleri, standart sapmaları ile birlikte ortalamaları

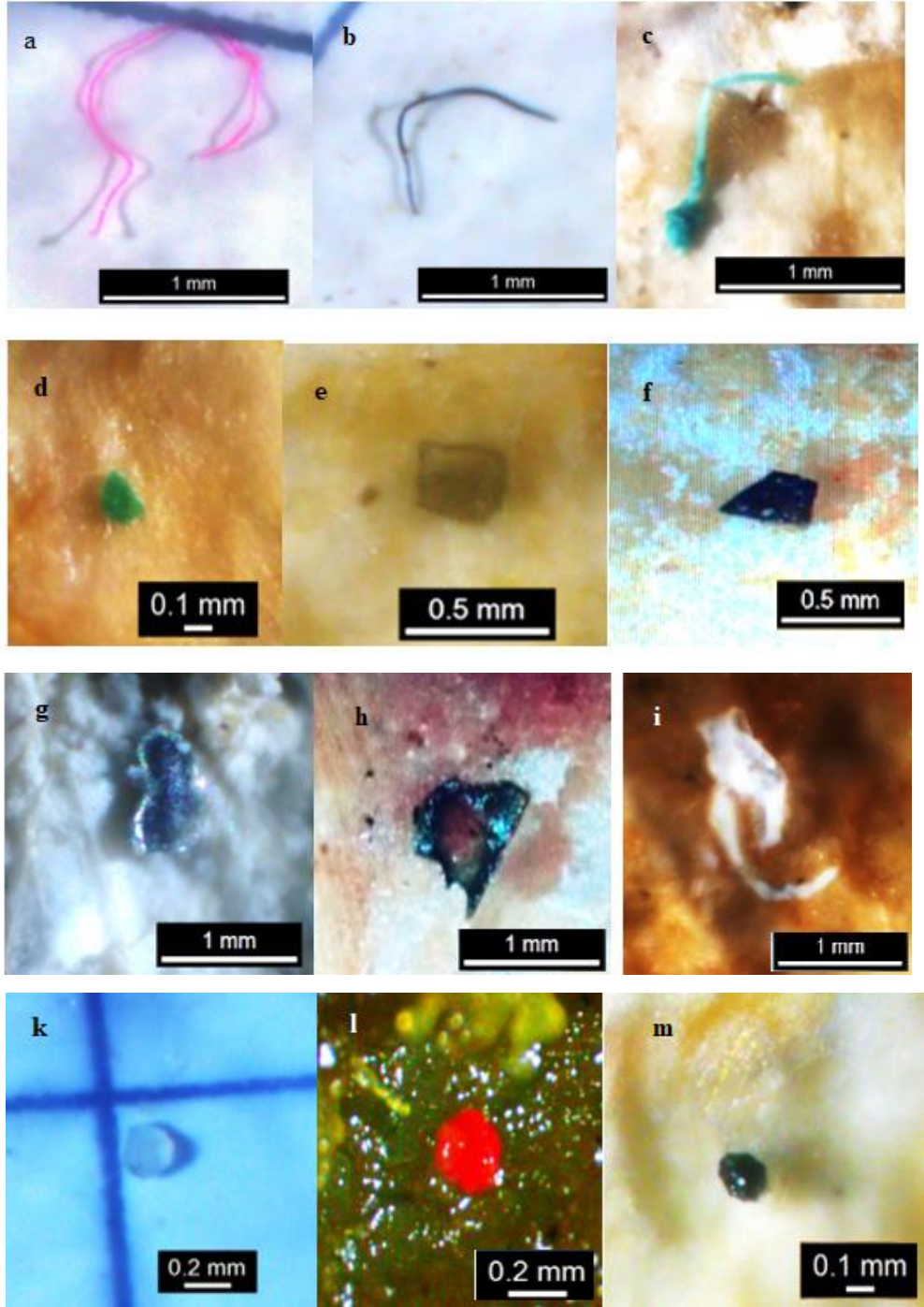
Tür	Total Boy (cm)			Ağırlık (g)			GİS Ağırlığı (g)		
	Min	Mak	Ort±ss	Min	Mak	Ort±ss	Min	Mak	Ort±ss
I (N:51)	14.5	27	17.48±2.33	35.98	279.04	78.63±41	2.34	23.82	7.85±4
II (N:119)	9	21	13.87±1.88	24.33	173.61	52.51±24	1.23	17.82	5.11±2.9

I: *Squalius cephalus*, II: *Carassius gibelio*

Örneklenen *Squalius cephalus* bireylerinde total boy 14.5 cm - 27 cm aralığında ölçülmüş, vücut ağırlığı 35.98 g - 279.04 g, GİS ağırlığı 1.23 g - 23.82 g aralığında tartılmıştır. *Carassius gibelio* türünde ise total boy 9 cm - 21 cm, ağırlık 24.33 g - 171.63 g, GİS ağırlığı 1.23 g - 17.82 g aralığında değişkenlik göstermiştir.

### 5.3. Balık Örneklerinin Sindirim Sistemindeki Mikroplastik Sayısı

Mert Irmağı'nda Mart 2021-Şubat 2022 arasında temin edilip incelenen *Carassius gibelio* bireylerinin (119), %95'inin, *Squalius cephalus* örneklerinin (51) %84.3'ünün sindirim kanallarında mikroplastik gözlenmiştir (Şekil 5.3). Totalde (170 birey) %92 olmaktadır. Örneklenen balıklarda mikroplastik bulunma oranı %92 olarak belirlenmiştir. Bu oran Fransız nehirlerinden (11 nehirde) örneklenen balıklarda (*Platichthys flesus*, *Osmerus eperlanus*) %12 (Sanchez et al., 2014); Brazos Nehir Havzası (ABD)'nden örneklenen temin edilenlerde (*Lepomis macrochirus*, *Lepomis megalotis*) %45 (Peters and Bratton, 2016); Times Nehri (İngiltere) ağzında yakalanıp incelenenlerde (*Platichthys flesus*, *Osmerus eperlanus*) %73 (McGoran et al., 2017) olarak çıkmıştır. Van Gölü'nde yakalanan *Alburnus tarichi* bireylerinin tümünün sindirim sistemlerinde mikroplastığe rastlanılmıştır (Atıcı et al., 2021).



Şekil 5.3. Örneklere gözlenen farklı renk ve boyutta lif (a-b-c), parçacık (d,e,f), film (g,h,i) ve küresel (k,l,m) mikroplastikler

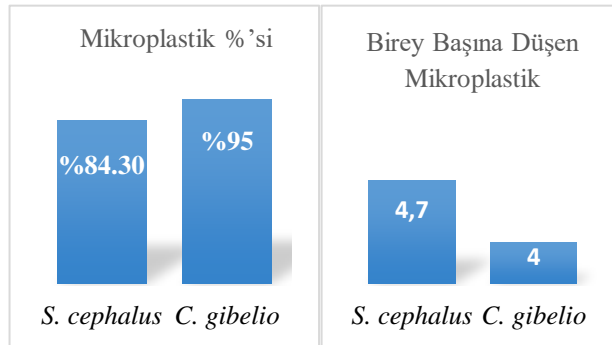
Çalışmada incelenen 170 bireyin sindirim sisteminde toplam 727 mikroplastik sayılmıştır. Bunlardan 202'si (%27.7) *S. cephalus*, 525'i (%72.3) *C. gibelio* örneklerinde görülmüştür. Karasu Nehri (Erzurum)'nden örneklenen *Squalius cephalus* (N=29), *Cyprinus carpio* (N=25), *Alburnus mossulensis* (N=24) türlerinde

sayılan toplam 232 mikroplastığın türlerdeki dağılım yüzdeleri sırasıyla %75, %15 ve %10 olarak belirtilmiştir (Atamanalp et al., 2022). Van Gölü'nden örneklenen *A. tarichi* bireylerinde (N=101) toplam 3338 mikroplastik sayılmıştır (Atıcı et al., 2021).

Mikroplastik içeren balıklarda (156) birey başına düşen MP sayısı 4.66 olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.4) (Tablo 5.3). Karasu Nehri'nden temin edilen bireylerde (78) birey başına 2.9 (Atamanalp et al., 2022), Van Gölü'ndeki balıklarda (101) birey başına 33 mikroplastik (Atıcı et al., 2021) kaydedilmiştir. Mert Irmağı'nda örneklenen balıklarda (*S. cephalus*, *C. gibelio*) birey başına düşen mikroplastik sayısının, Karasu Nehri'nde incelenenlerden (*Squalius cephalus*, *Cyprinus carpio*, *Alburnus mossulensis*) biraz fazla, Van Gölü'nden temin edilenlerden (*A. tarichi*) oldukça az olduğu görülmektedir. Türler göre birey başına düşen mikroplastik sayısının ise Mert Irmağı'ndaki *S. cephalus* ve *C. gibelio* türlerinde sırasıyla 4.7 , 4.64; Karasu Nehri'nden örneklenen *Squalius cephalus*, *Cyprinus carpio*, *Alburnus mossulensis* türlerinde sırasıyla 5.9, 1.4, 1 (Atamanalp et al., 2022); Van Gölü'nden alınan *A. tarichi* türünde 33 (Atıcı et al., 2021) olduğu görülmüştür. Araştırma bölgesinden temin edilen *S. cephalus* bireylerinde (N=51) birey başına düşen mikroplastik sayısının, Karasu Nehri'nden yakalanan (N=29) türdeşlerine göre daha az olduğu görülmektedir.

Tablo 5.3. Türler ait birey sayısı (N), Mikroplastik içeren birey sayısı (MP-N), tüm bireylerde mikroplastik bulunma sıklığı (MP %), toplam mikroplastik (TMP), bireylerde görülen maksimum mikroplastik (Mak MP), Mikroplastik içeren bireylerde birey başına düşen mikroplastik sayısı (A)

Türler	N	MP-N	MP(%)	TMP	Mak. MP	A
<i>S. cephalus</i>	51	43	%84,3	202	8	4.7
<i>C. gibelio</i>	119	113	%95	525	12	4.64
Toplam	170	156	%92	727	12	4.66



Şekil 5.4. Mert Irmağı'ndan örneklenen *S. cephalus* ve *C. gibelio* türlerinde genel mikroplastik %'si ve birey başına düşen mikroplastik sayısı (A)

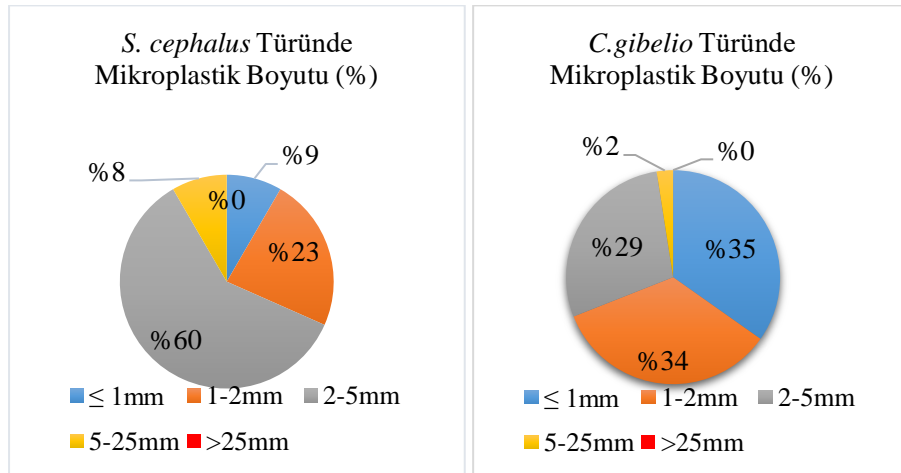
#### 5.4. Balık Örneklerinde Gözlenen Mikroplastiklerin Boyutu

Mert Irmağı'nda örneklenen *Squalius cephalus* ve *Carassius gibelio* türlerinin sindirim sistemlerinde gözlenen en büyük, en küçük ve ortalama mikroplastik boyutları ile kategorilendirilmiş boyutların görülme sıklıkları (%) Tablo 5.4'te verilmiştir.

Tablo 5.4. Türlerde görülen plastiklerin boyutları ve gözlenen boyut gruplarındaki yüzdeleri

Boyut-Boyut (%)	<i>Squalius cephalus</i>	<i>Carassius gibelio</i>
Mak.boyut (mm)	7.778	12.621
Min.boyut (mm)	0.216	0.104
ORT BOYUT (mm)	2.04	2.02
≤ 1 mm (%)	9	35
1-2 mm (%)	23	34
2-5 mm (%)	60	29
5-25 mm (%)	8	2
>25 mm (%)	0.00	0.00

En büyük (12.621 mm) ve en küçük (0.104 mm) plastik parçacığı *Carassius gibelio* bireylerinde görülmüştür. *Squalius cephalus* türünde ise en büyük plastik boyutu 7.778 mm, en küçüğü ise 0.216 mm olarak belirlenmiştir. *S. cephalus* türünün sindirim kanalında görülen plastiklerin %92'si mikroplastik, %8'i mezoplastiktir. *Carassius gibelio* türlerinde ise mikroplastik %98, mezoplastik %2 oranlarında görülmüştür. Her iki türde de makroplastik (>25) görülmemiştir. *Squalius cephalus* bireylerinde 2–5 mm (%60), *Carassius gibelio* türlerinde ise <0.1 mm (%35) ile 1–2 mm (%34) boyutlarına sık rastlanmıştır (Şekil 5.5).



Şekil 5.5. Türlerde görülen mikroplastik boyutlarının görülme sıklıkları (%)

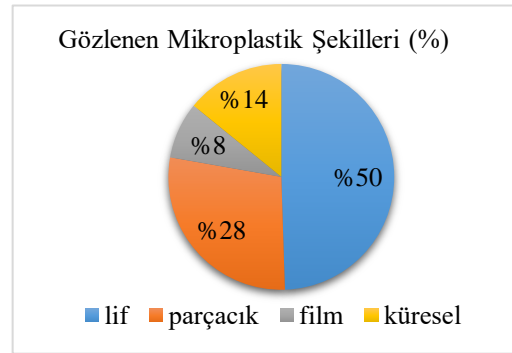
Van Gölü'nden örneklenen *A. tarichi* bireylerinde boyut <0.1 mm (%25), 0.1–0.3 mm (%25) ve 1.0–5.0 mm (%27) olarak ölçülmüş olup türde en fazla (%50) 1 mm'den küçük mikroplastik görüldüğü bildirilmiştir (Atıcı et al., 2021). Karasu Nehri'nden örneklenen bireylerden *S. cephalus*, *C. carpio*, *A. mossulensis* türlerinde ise en fazla 1-2 mm boyutunda mikroplastiklere sırasıyla %32, %45, %35 sıklıkla rastlanılmıştır (Atamanalp et al., 2022) . Çalışmamızda örneklenen bireylerden *Carassius gibelio* türlerinin daha çok 2 mm'den küçük, *Squalius cephalus* türlerinin ise 2-5 mm aralığındaki mikroplastiklere maruz kaldığı görülmektedir.

### 5.5. Balık Örneklerinde Gözlenen Mikroplastiklerin Şekli

İncelenen balıkların sindirim sisteminde gözlenen mikroplastikler şekil bakımından lif, parçacık, film ve küresel olarak gruplandırılmıştır. Toplamda sayılan 727 plastik parçasının 353 tanesi lif (%49), 204 tanesi parçacık (%28), 100 tanesi küresel (%14), 61 tanesi film (%8) şeklinde görülmüştür. Verilere bakıldığında Mert Irmağı'ndaki balıklarda en fazla lif, en az film şekli gözlenmiştir (Tablo 5.5) (Şekil 5.6).

Tablo 5.5. Mikroplastik içeriği incelenen türlerde lif, parçacık, film, küresel şekilli mikroplastiklerin görülme sıklıkları (%)

	Lif (%)	Parçacık (%)	Film (%)	Küresel (%)
<i>S. cephalus</i>	43	27	15	11
<i>C. gibelio</i>	51	28	6	15
<b>Toplam</b>	<b>49</b>	<b>28</b>	<b>8</b>	<b>14</b>

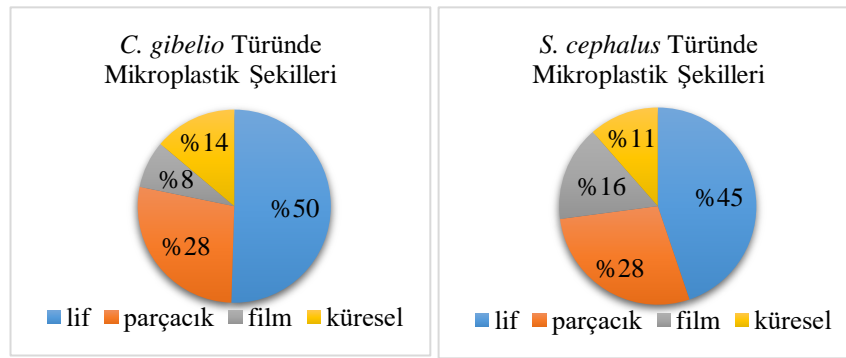


Şekil 5.6. İncelenen tüm bireylerdeki mikroplastik şekillerinin görülme sıklığı (%)

Araştırmada incelenen iki türde gözlenen mikroplastik şekillerinin görülme sıklıkları Tablo 5.5'te verilmiştir. Tablo incelendiğinde her iki türde de ipliğin en yoğun gözlenen şekil olduğu görülmektedir. Parçacık iplikten sonra en sık görülen

şekil olmuştur ve her iki türde birbirine yakın değerlerde gözlenmiştir. Bunları *Squalius cephalus* türünde film ve küresel yapı, *Carassius gibelio* bireylerinde ise küresel ve film izlemiştir (Şekil 5.7).

Tatlısularda balıkların sindirim sistemlerinde mikroplastik tespiti çalışmalarında lif çoğunlukta görülmüş, bunu parçacıklar takip etmiştir (Sanchez et al., 2014; Peters and Bratton, 2016; McGoran et al., 2017). Karasu Nehri' nde örneklenen *S. cephalus* türlerinde, %89 lif, %7 pelet ve %4 parçacık tespit edilirken *C. carpio* bireylerinde %84 lif, %9 parçacık, %7 pelet şekilli plastik parçaları, *A. mossulensis* örneklerinde, %86 lif, %10 parçacık, %3 pelet şekilleri kaydedilmiştir (Atamanalp et al., 2022). Van Gölü'ndeki *A. tarichi* bireylerinin sindirim sisteminde de lif en sık görülen (%74) şekil olmuştur (Atıcı et al., 2021). Yapılan çalışmada türlerde lifin en yüksek sıklıkla görülmesi diğer çalışmalarla uygunluk göstermiştir.



Şekil 5.7. *S. cephalus* ve *C. gibelio* türlerinde mikroplastik şekillerinin görülme sıklığı (%)

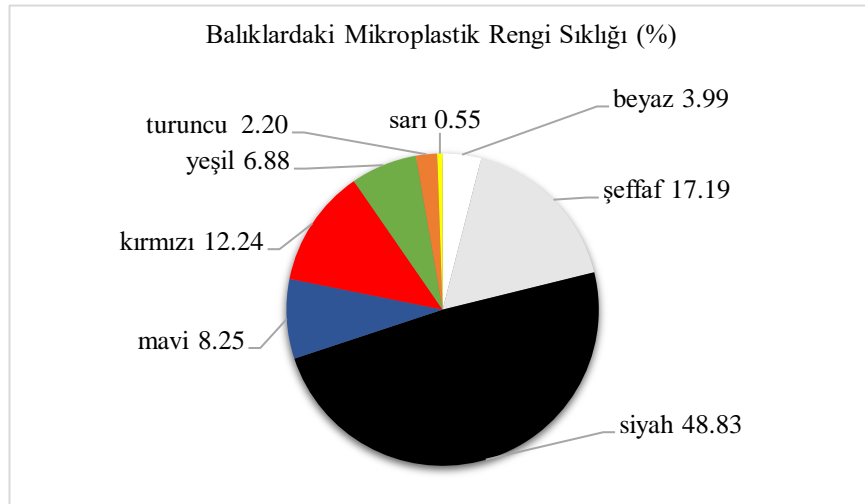
## 5.6. Balık Örneklerinde Gözlenen Mikroplastiklerin Renkleri

Çalışılan balıkların sindirim sistemlerinde görülme sıklıklarına göre sırasıyla siyah, şeffaf, kırmızı, mavi, yeşil, beyaz, sarı ve turuncu renkli mikroplastikler gözlenmiştir (Tablo 5.6).

Tablo 5.6. İncelenen türlerde görülen mikroplastiklerin renklerinin görülme sıklıkları (%)

Renkler (%)	<i>Squalius cephalus</i>	<i>Carassius gibelio</i>	TOPLAM
Beyaz	6.9	2.9	3.99
Şeffaf	9.4	20.2	17.19
Siyah	53	47.2	48.83
Mavi	10.9	7.2	8.25
Kırmızı	9.4	13.3	12.24
Yeşil	9.9	5.7	6.88
Turuncu	0.00	3	2.2
Sarı	0.5	0.6	0.55

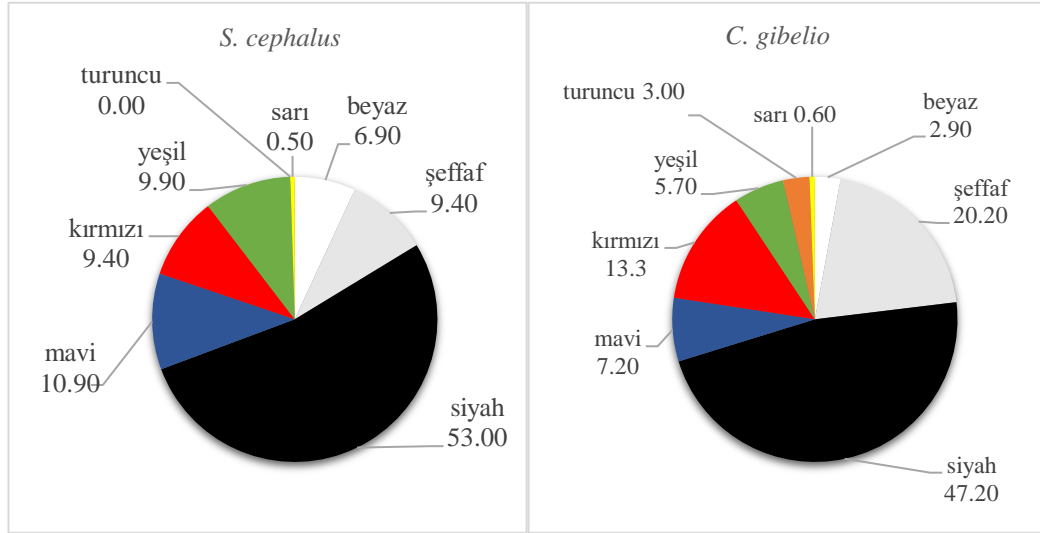
Örneklenen bireylerde siyah renk totalde %48.83 görülme sıklığı ile oldukça fazladır. Thames Nehri'nde incelenen türlerde de siyah baskın renk olarak çıkmıştır (McGoran et al., 2017). Karasu Nehri'ndeki balıklarda sık görülen renkler sırasıyla siyah ve mavi iken (Atamanalp et al., 2022), Van Gölü'ndeki *A. tarichi* türünde mavi (%58), siyah (%17) ve şeffaf (%17) olarak belirlenmiştir (Atıcı et al., 2021). Mert Irmağı'nın karayolu ile kesiştiği trafiği yoğun bölgeleri bulunduğuundan araba lastiği döküntülerinin nehre karışması büyük olasıdır. Irmakta siyah rengin yoğun çıkmasının nedeninin bu olacağı tahmin edilmektedir. Siyahtan sonra en fazla şeffaf renk görülmüştür. Nehir kıyısının plastik kirlilik düzeyini belirlemek için yapılan çalışmada toplanan plastik parçalarının çoğunluğunun pet su şişeleri ve şeffaf naylon olduğu belirlenmiştir. Ayrıca nehirde olta balıkçılığı da yaygın olarak yapılmaktadır ve şeffaf misina parçaları ile oldukça sık karşılaşmıştır. Kırmızı, iplik ve küresel şekillerde görülmüştür. Kırmızı, iplik ve küresel şekillerde görülmüştür. Kırmızı küresellerin kozmetikte ya da deterjanlarda kullanılan mikroboncuk olduğu düşünülebilir. Mavi rengin kaynağı pet su şişelerinin etiketleri olabilir. Yeşil renge çoğunlukla film çok az da iplik şeklindeki mikroplastiklerde rastlanmıştır. Nehrin kıyısında yeşil renkli pet şişeler de toplanmıştır. Beyaz ve sarı renk daha çok fibril, turuncu renk de küresel olarak gözlenmiştir (Şekil 5.8).



Şekil 5.8. İncelenen balıklardaki mikroplastiklerde görülen renklerin sıklığı (%)

İki türde de renkler genel olarak ortak görülürken turuncu renk sadece *C. gibelio* bireylerinde tespit edilmiştir. Renklerin görülme sıklıkları ise türlere göre değişiklik göstermiştir. Her iki türde baskın olan siyah renk *S. cephalus* bireylerinde (%53) diğer türe göre (%47.20) daha fazla gözlenmiştir. *Squalius cephalus* türünde renklerin

görülme sıklığı sıralaması siyahtan sonra, mavi (%10.90), yeşil (%9.90), şeffaf (%9.40), kırmızı (%9.40), beyaz (%6.90) ve sarı (%0.50) iken, *C. gibelio* türünde şeffaf (%20.20), kırmızı (%13.30), mavi (%7.20), yeşil (%5.70), turuncu (%3.00), beyaz (%2.90) ve sarı (%0.60) olarak ortaya çıkmıştır (Şekil 5.9).



Şekil 5.9. Türlerde görülen mikroplastik renklerinin sıklığı (%)

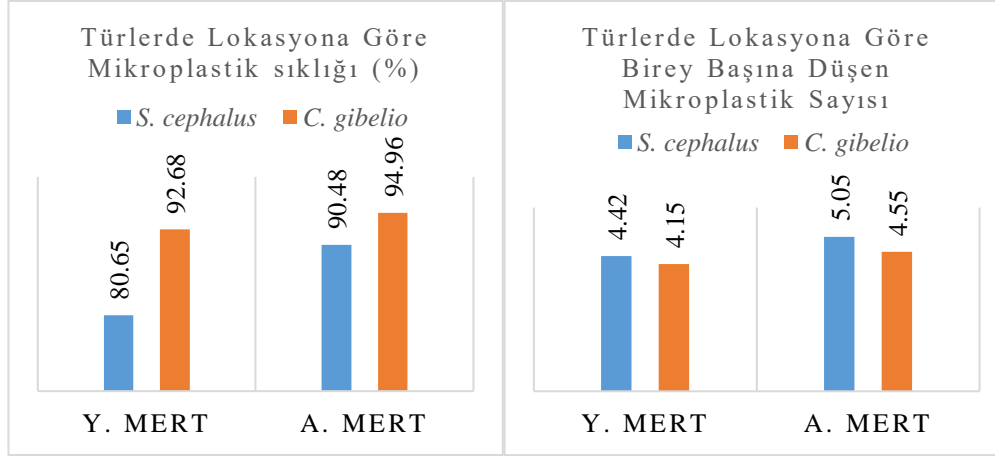
### 5.7. Balık Türlerinde Lokasyonlara Göre Mikroplastik Varlığının Karşılaştırılması

İncelenen balıklarda lokasyonlara ait birey sayıları, mikroplastik içeren birey sayısı, sayılan toplam mikroplastik ve bireylerde görülme sıklığı ile birey başına düşen miktarları Tablo 5.7’de verilmiştir.

Tablo 5.7. İncelenen türlere ait bireylerin lokasyonlara göre birey sayısı (N), mikroplastik içeren birey sayısı (MP-N), tüm bireylerde mikroplastik bulunma sıklığı (MP %), toplam mikroplastik (TMP), mikroplastik görülen bireylerde birey başına düşen mikroplastik sayısı (A)

LOKASYON	<i>Squalius cephalus</i>					<i>Carassius gibelio</i>				
	N	MP-N	TMP	MP %	A	N	MP-N	TMP	MP %	A
Y. MERT	30	24	106	80	4.42	41	38	170	92.68	4.15
A. MERT	21	19	96	90.48	5.05	78	75	355	96.15	4.55
TOPLAM	51	43	202	84.31	4.7	119	113	525	94.96	4.41

Aşağı lokasyondaki örneklerde her iki türde de mikroplastığın görülme sıklığı ile birey başına düşen miktarı diğer örnekleme bölgesindeki oranla fazla çıkmıştır. *S. cephalus* bireylerinde *C. gibelio* türüne göre mikroplastik görülme sıklığının (%84.31) az ancak birey başına düşen miktarın (4.7) fazla olduğu görülmüştür (Şekil 5.10).



Şekil 5.10. *S. cephalus* ve *C. gibelio* türlerinde lokasyona göre mikroplastik görülme sıklığı ve birey başına düşen mikroplastik sayısı

### 5.7.1. *Carassius gibelio* türüne ait mikroplastik kirliliğinin lokasyonlar arası karşılaştırılması

Mert Irmağının iki farklı noktasından örneklenen *Carassius gibelio* türüne ait verilerin normal dağılıma uyduğu tespit edildiğinden Bağımsız t-testi uygulanmış örneklerde görülen plastik kirliliği ile istasyonlar arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $F= 0.195$ ,  $p=0.525$ ).

Mert Irmağı'nın farklı noktalarından alınan *Carassius gibelio* türüne uygulanan testlerin (Bağımsız t testi) sonucuna göre Mert Irmağı'nda belirlenen istasyonlar arasında genel bir MP kirliliği söz konusudur.

### 5.7.2. *Squalius cephalus* türüne ait mikroplastik kirliliğinin lokasyonlar arası karşılaştırılması

Irmağın iki farklı noktasından toplanan *Squalius cephalus* bireylerine ait veriler normal dağılıma uymadığı için Mann-Whitney U Testi uygulanmış balıklardaki plastik kirliliği ile istasyonlar arasında anlamlı bir fark bulunmuştur ( $p=0.042$ ).

Uygulanan testler *Squalius cephalus* bireylerinde lokalite olarak değişen mikroplastik yoğunluğuna işaret etmektedir.

## 6. SONUÇ

Dünya genelinde tatlı sularda mikroplastiklerin denizel ortamlara göre az çalışıldığı, çok fazla sayıda tatlı su kaynağına sahip ülkemizde ise bu oranının daha da düşük olduğu görülmüştür. Tatlı suların canlılar için önemi büyüktür. Özellikle nehirler içme suyu ve sulama kaynağı olarak kullanılmaktadır. Bu sulardaki balıklar da insan için önemli bir besin kaynağı olmaktadır. Bu nedenle tatlı suların kalitesinin ve içerdiği faunanın korunması gerekmektedir. Son yıllarda sularda artan mikroplastik kirliliğinin net anlaşılması, bu probleme karşı çözüm yollarının üretilmesi ve bir an önce ülke ve yerel çevre koruma planlamalarında daha fazla yer alması için bu tür çalışmaların artırılması gerekmektedir. Bu çalışma ile Mert Irmağı (Samsun)'ndaki bazı balıkların (*Squalius cephalus* ve *Carassius gibelio*) sindirim sistemlerinde mikroplastik araştırılması yapılmış, ırmağın denize döküldüğü kıyı şeridinde de plastik kirlilik düzeyi tespit edilmiştir. Kıyı şeridinde yapılan plastik kirlilik tespiti çalışması hem balıklardaki mikroplastik içeriğinin kaynaklarının tahmininde referans olmuş hem de nehrin taşıdığı plastik kompozisyonu hakkında bilgi vermiştir. Çalışma ülkemizde oldukça az veriye sahip bu alanda yapılacak araştırmalar için yeni bilgiler de sunmuştur. Araştırmadan elde edilen bulgular ışığında yeni çalışmalar yaparken aşağıdaki şu hususların göz önünde bulundurulması önerilmektedir:

1. Ülke ve yerel yönetimlerin, halkın, giderek artan ve küresel çevre sorunu haline gelen mikroplastik kirliliğine dikkatini yöneltmesi ve çözüm arayışlarına girmesi için bu tür araştırmaların önemi büyüktür ve daha da artırılması gerekmektedir.

2. Mikroplastik çalışmalarında tam yerleşmiş bir yöntem ve tekniğin olmadığı görülmüştür. Yeni araştırmalarla eksiklikler belirlenip kullanılan yöntem ve teknikler geliştirilmektedir. Bu nedenle mikroplastik araştırmalarında son çalışmaların iyi değerlendirilmesi önerilmektedir.

3. Örnek sayısı ve türünün geniş tutulması verilerin daha net ve sağlıklı olması için önemli görülmektedir.

4. Nehir çalışmalarında lokasyon sayısının artırılmasının da net veriler elde etmede ve balıkların yuttuğu mikroplastik sayısına bakarak nehrin mikroplastik durumunun yorumlamasını yapmakta faydalı olacağı düşünülmektedir.

5. Çalışmanın örnekleme yapılan istasyonlarda sudan numuneler alınıp

mikroplastik tespiti yapılması ile desteklenmesinin balıklardaki mikroplastik yoğunluğu ve içeriğinin, nehirlerdeki ile ilişkisini açıklamada etkili olabileceği öngörülmektedir.

6. Çalışmaları; mikroplastiklerin tespitinin yanında, kaynaklarının, suda ve canlı vücudundaki hareketinin ve birikiminin de incelenmesi yönünde genişletilmesi bu sorunun neden olacağı çevre tahribatı ve sağlık sorunlarını tahmin etmede önemli görülmektedir.

Tam olarak 1950'lerde hayatımıza giren ve yaşamımızda bize ucuz yoldan büyük konfor sağlayan plastiğin ekosistemde meydana getirdiği yıkıcı etki kısa sürede kendisini göstermiştir. Başta ekonomikliği nedeniyle her sektörde kullanılan plastik mikroplastik ve nanoplastik olarak okyanusların en derin çukurlarından dağların zirvelerine kadar taşınmakta, döngüde yerini alırken hem doğayı hem organizmaların sağlığını bozmakta ve doğaya, canlılara bedel ödetmektedir. Sorunun asıl kaynağı olan insanın da bedel ödeme sırası yaklaşmış bulunmaktadır. Mikroplastiğin, insanda neden olabileceği sorunların yıkıcı olmaması için bu konuda daha fazla araştırma yapıp sorun çok daha net bir şekilde ortaya konulmalıdır. Sadece insan sağlığı için değil tüm ekosistemin devamı için mikroplastik sorununa karşı önlemler bir an önce alınıp uygulamada geç kalınmamalıdır.

## KAYNAKÇA

- Abbasi, S., Soltani, N., Keshavarzi, B., Moore, F., Turner, A., and Hassanaghaei, M. (2018). “*Microplastics in different tissues of fish and prawn from the Musa Estuary, Persian Gulf*”. *Chemosphere*. 205. 80–87.
- Abu-Hilal, A. H.; Al-Najjar, T. H. (2009). “*Plastic pellets on the beaches of the northern Gulf of Aqaba, Red Sea*”. *Aquat. Ecosyst. Health Manage.* 12. 461–470.
- Ahmed, Q., Ali, Q. M., Bat, L., Öztekin, A., Memon, S., Baloch, A. (2021). “*Preliminary study on abundance of microplastic in sediments and water samples along the coast of Pakistan (Sindh and Balochistan)-Northern Arabian Sea*”. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 22. 19998.
- Ahrendt, C., Perez-Venegas, D.J., Urbina, M., Gonzalez, C., Echeveste, P., Aldana, M., Pulgar, J. and Galbán-Malagón C. (2020). “*Microplastic ingestion cause intestinal lesions in the intertidal fish *Girella laevis**”. *Marine Pollutein Bulletin*.151. 110795
- Akarsu, C., Kıdeys, A.E. ve Kumbur, H., (2017). “*Eysel atık su arıtma tesislerinin sucül ekosisteme mikroplastik tehditi*”. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 74(EK-1). 73-78
- Ali, M.I., Ahmed, S., Robson, G., Javed, I., Ali, N., Atiq, N. and Hameed, A. (2014). “*Hameed, Isolation and molecular characterization of polyvinyl chloride (PVC) plastic degrading fungal isolates*” *Journal of Basic Microbiology*. 54. 18-27.
- Alimi, O.S., Farner Budarz, J., Hernandez, L.M. and Tufenkji, N. (2018). “*Microplastics and nanoplastics in aquatic environments: aggregation, deposition, and enhanced contaminant transport*”. *Environmental Science & Technology* 52 (4). 1704-1724.
- Alkalay, R., Pasternak, G. and Zask, A. (2007). “*Clean-coast index-A new approach for beach cleanliness assessment*”. *Ocean & Coastal Management*, 50. 352–362.
- Almas FF, Bezirci G, Çağan AS, Gökdağ K, Çırak T, Başaran Kankılıç G, Paçal E, Tavşanoğlu ÜN. (2022). “*Tracking the microplastic accumulation from past to present in the freshwater ecosystems: A case study in Susurluk Basin, Turkey*”. *Chemosphere*. 26. 303(Pt 2). 135007
- Alomar, C. and Deudero, S. (2017). “*Evidence of microplastic ingestion in the shark *Galeus melastomus* Rafinesque, 1810 in the continental shelf off the western Mediterranean*”. *Environmental Pollution*. 223. 223-229.
- Andrady, A.L. (1994). “*Assessment of environmental biodegradation of synthetic polymers*”. *J Macromol Sci Rev Macromol Chem Phys*. 34. 25-76.
- Andrady A.L. (2011). “*Microplastics in the marine environment*”. *Marine Pollution Bulletin*. 62 (8). 596–1605.
- Arthur C, Baker J and Bamford H. (eds) (2009). “*Proceedings of the international research workshop on the occurrence. Effects and Fate of Microplastic Marine Debris*”. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-30. The Center for Urban Waters University of Washington Tacoma, Tacoma.
- Aslan, R. (2018). “*Mikroplastikler; hayatı kuşatan yeni tehlike*”. *Göller Bölgesi Aylık Hakemli Ekonomi ve Kültür Dergisi*. 6 (66). 61-67.
- Atamanalp M, Köktürk M, Parlak V, Ucar A, Arslan G, Alak G. (2022). “*A new record for the presence of microplastics in dominant fish species of the Karasu River Erzurum, Turkey*”. *Environ Sci Pollut Res Int*. 29(5):7866-7876.

- Atıcı, A.A., Sepil, A. and Şen, F. (2020). “*High levels of microplastic ingestion by commercial, planktivorous Alburnus tarichi in Lake Van, Turkey*”. Review of Hydrobiology, 13,1-2:1-10
- Atıcı, A.A., Sepil, A. ve Şen, F. (2021) “*High levels of microplastic ingestion by commercial, planktivorous Alburnus tarichi in Lake Van, Turkey*”. Food Additives &Contaminants: Part A, 38 (10). 1767-1777.
- Awasthi, M.K., Pandey, A.K., Bundela, P.S., Wong, J.W., Li, R., Zhang, Z., (2016). “*Co-composting of gelatin industry sludge combined with organic fraction of municipal solid waste and poultry waste employing zeolite mixed with enriched nitrifying bacterial consortium*”. Bioresource technology, 213, 181-189.
- Aydın, M. E. (2019). *Suda Mikrokirleticiler ve Muhtemel Etkileri*. Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları. No: 31. s.100. Ankara.
- Aydın, S., Ulvi, M., Aydın, M.E. ve Ulvi, A. (2019). “*Mikroplastikler ve Çevresel Etkileri*”. 4. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi, Yalova,.
- Bakan, G., Şenel, B., 2000. “*Samsun Mert Irmağı-Karadeniz deşarjında yüzey sediman (Dip çamur) ve su kalitesi araştırması*”. Turk J Engin Environ Sci. 24. 135 – 141.
- Baran, İ. ve Ongan, T. “*Gala Gölü'nün limnolojik özellikleri, balıkçılık sorunları ve öneriler.*” Gala Gölü ve Sorunları Sempozyumu, İstanbul, Türkiye, 1988.
- Bessa, F., Barría, P., Neto, J.M., Frias, J.P.G.L., Otero, V., Sobral, P., Marques, J.C., (2018). “*Occurrence of Microplastics in Commercial Fish from a Natural Estuarine Environment*”. Marine Pollution Bulletin. 128. 575–584.
- Besseling, E., Foekema, E.M., Van Franeker, J.A., Leopold, M.F., Kühn, S., Rebolledo, E.B. and Koelmans, A.A. (2015). “*Microplastic in a macro filter feeder: humpback whale Megaptera novaeangliae*”. Mar. Pollut. Bull. 95 (1). 248–252.
- Bingel, F., Avşar, D. ve Ünsal, M., 1987. “*A note on plastik materials in trawl catches in the north-eastern Mediterranean. Meeresforsch*”, 31:227-233
- Blikslager, A. T., Moeser, A. J., Gookin, J. L., Jones, S. L. and Odle, J. (2007). “*Restoration of Barrier Function in Injured Intestinal Mucosa*”. Physiological Reviews 87 (2). 545-64.
- Boerger, C.M., Lattin, G.L., Moore, S.L. and Moore C.J., (2010). “*Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North pacific Central Gyre*”. Marine Pollution Bulletin. 60. 2275–2278.
- Browne, M.A., Galloway, T.S., Thompson, R., (2007). “*Microplastic – an emerging contaminant of potential concern?*” Integr. Environ. Assess. Manag. 3. 559–561.
- Browne, M. A., Dissanayake, A., Galloway, T. S., Lowe, D. M. and Thompson, R. C. (2008). “*Ingested Microscopic Plastic Translocates to the Circulatory System of the Mussel, Mytilus edulis*”. Environmental Science&Technology. 42. 5026-5031.
- Büyükdeveci, F. and Gündoğdu, S. (2021) “*Composition and abundance of benthic marine litter in the fishing grounds of Iskenderun Bay, northeastern Levantine coast of Turkey*”. Marine Pollution Bulletin. 172. 112840.
- Carpenter, E.J., Anderson, S.J., Harvey, G. R., Milkas, H. P., Peck, B. B. (1972) “*Polystyrene spherules in coastal waters*”. Science 178. 749-750.
- Carr, S. A., Liu, J. and Tesoro, A. G. (2016). “*Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment plants*”. Water Research. 91. 174-182.
- Claessens, M., DeMeester, S., Van Landuyt, L., De Clerck, K. and Janssen, C.R. (2011). “*Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast*”. Marine Pollution Bulletin. 62. 2199–2204.

- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C. and Galloway, T.S. (2011). “*Microplastics as contaminants in the marine environment: A review*”. Marine Pollution Bulletin. 62 (12). 2588-2597.
- Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Goodhead, R., Moger, J. and Galloway, T. S. (2013). “*Microplastic Ingestion by Zooplankton*”. Environmental Science&Technology. 17 (12). 6646-6655.
- Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C. and Galloway, T.S. (2015). “*The impact of polystyrene microplastics on feeding, function and fecundity in the marine copepod Calanus helgolandicus*”. Environ. Sci. Technol. 49. 1130–1137.
- Colton, J. B., Burns, B. R., Knapp, F. D. (1974). “*Plastic particles in surface waters of the Northwestern Atlantic*” Science 185.4150. 491-497
- Corcoran PL, Norris T, Ceccanese T, Walzak MJ, Helm PA and Marvin CH. (2015). “*Hidden plastics of Lake Ontario, Canada and their potential preservation in the sediment record*”. Environ Pollut. 204. 17-25.
- de Sá, L.C., Luís, L.G. and Guilhermino, L. (2015). “*Effects of microplastics on juveniles of the common goby (Pomatoschistus microps): confusion with prey, reduction of the predatory performance and efficiency, and possible influence of developmental conditions*. Environ. Pollut. 196. 359–362.
- de Sá, L.C., Oliveria, M., Riberio, F., Rocha, T.L., Futter, M.N. (2018). “*Studies of the effects of microplastics on aquatic organisms: What do we know and where should we focus our efforts in the future?*”. Science of the Total Environment. 645. 1029–1039.
- De Tender, C. A., Devriese, L. I., Haegeman, A., Maes, S., Ruttink, T. ve Dawyndt, P. (2015). “*Bacterial community profiling of plastic litter in the Belgian part of the North Sea*”. Environmental science & technology. 49 (16). 9629-9638.
- Della Torre, C., Bergami, E., Salvati, A., Faleri, C., Cirino, P., Dawson, K.A. and Corsi, I. (2014). “*Accumulation and embryotoxicity of polystyrene nanoparticles at early stage of development of sea urchin embryos Paracentrotus lividus*”. Environ. Sci. Technol. 48 (20). 12302–12311.
- Demir, V., 2015. “*Mert Irmağı (Samsun) Taşkın Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Belirlenmesi*”. OMÜ Fen Bilimleri Enstitüsü. 110 s.
- Doyle, M. J.; Watson, W.; Bowlin, N. M. and Sheavly, S. B. (2011). “*Plastic particles in coastal pelagic ecosystems of the Northeast Pacific ocean*”. Marine Environmental Research. 71. 41–52.
- Dris, R., Gasperi, J., Saad, M., Mirande, C., Tassin, B. (2016). *Synthetic fibers in atmospheric fallout: A source of microplastics in the environment?*. Marine Pollution Bulletin. 104. 290–293.
- Edwards, M., Helaouet, P., N, H., Beaugrand, G., Fox, C., Johns, D.G., Licandro, P., Lynam, C., Pitois, S., Stevens, D. and Coombs, S. (2011). *Fish larvae atlas of the NE Atlantic. Results from the continuous plankton recorder survey 1948-2005*. Sir Alister Hardy Foundation for Ocean Science (SAHFOS). Plymouth. ISBN 978-0-9566301-2-7. 22.
- Eriksson, C. and Burton, H., 2003. “*Origins and biological accumulation of small plastic particles in fur seals from Macquarie Island*”. AMBIO A Journal of the Human Environment. 32 (6). 380–384.
- Esensoy Şahin, F.B., Karacan, F., Aytan, Ü. (2018). “*Güneydoğu Karadeniz Rize Sarayköy Plajında Plastik Kirliliği*”. Aquatic Research, 1(3). 127-135
- Foekema, E.M., Gruijter C., Mergia M.T., Franeker J.A., Murk A.T.J., Koelmans A. A. (2013). “*Plastic in North Sea Fish*”. Environmental Science and Technology. 47. 8818-8824.

- Fernandino, G., Elliff, C.I., Silva, I.R., Souza Brito, T. and Silva Pinto Bittencourt, A.C. (2016). "Plastic fragments as a major component of marine litter: a case study in Salvador, Bahia, Brazil" *Journal of Integrated Coastal Zone Management*. 16 (3). 281-287.
- Frias, J.P.G.L., Nash, R., (2019). "Microplastics: Finding a consensus on the definition". *Marine Pollution Bulletin*, 138, 145-147.
- Fu Z, Wang J. Current practices and future perspectives of microplastic pollution in freshwater ecosystems in China. *Sci Total Environ*. 2019 Nov 15;691:697-712.
- Futter M. N., Carlos de Sá, L., Oliveira, M., Ribeiro, F. and Lopes Rocha, T. (2018). "Studies of the effects of microplastics on aquatic organisms: What do we know and where should we focus our efforts in the future?". *Science of the Total Environment*. 645. 1029–1039.
- Garcia F, de Carvalho AR, Riem-Galliano L, Tudesque L, Albignac M, Ter Halle A, Cucherousset J. (2021). "Stable Isotope Insights into Microplastic Contamination within Freshwater Food Webs". *Environ Sci Technol*. 55 (2). 1024-1035.
- Geldiay, R. ve Balık S. (2007). "Türkiye Tatlı su Balıkları". Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi yayınları. Bornova, İzmir.
- Giani, D., Bains, M., Galli, M., Casini, S. and Fossi, M.C. (2019). "Microplastics occurrence in edible fish species (*Mullus barbatus* and *Merluccius merluccius*) collected in three different geographical sub-areas of the Mediterranean Sea". *Marine Pollution Bulletin*. 140. 129-137
- Gönül, N. (2000). "Çok Fazlı Sistemler". Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları. No:81.
- Greenpeace (2019). "Türkiye'de deniz canlılarında mikroplastik kirliliği" roporu. Erişim 10 Ekim 2021. <http://www.greenpeace.org.turkey>.
- Günaydın, O., Gökdağ, K., Jovanović, B., and Kideys, A. (2017). "Microplastic litter composition of the Turkish territorial waters of the Mediterranean Sea, and its occurrence in the gastrointestinal tract of fish". *Environmental Pollution*. 223. 286-294.
- Gündoğdu, S. (2017). "High level of micro-plastic pollution in the Iskenderun Bay NE Levantine coast of Turkey". *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34(4), 401-408
- Gündoğdu, S. (2019). "Türkiye'deki deniz canlılarında mikroplastik kirliliği". Greenpeace Akdeniz. İstanbul.
- Güngören, Z. and Başaran, A. (2021). "Seasonal investigation of marine litter on beaches of Urla (Izmir/Turkey)". *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 38 (1). 53-61.
- Güven, O., Gülyavuz, H., and Deval, M. C. (2013). "Benthic debris accumulation in bathyal grounds in the Antalya Bay, Eastern Mediterranean". *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13(1).
- Güven, O., Gökdağ, K., Jovanović, B., Kideys, A.E. (2017). "Microplastic litter composition of the Turkish territorial waters of the Mediterranean Sea, and its occurrence in the gastrointestinal tract of fish". *Environmental Pollution*. 223. 286-294
- Hanachi P, Karbalaei S, Walker TR, Cole M, Hosseini SV. (2019). "Abundance and properties of microplastics found in commercial fish meal and cultured common carp (*Cyprinus carpio*)". *Environ Sci Pollut Res Int*. 26 (23). 23777-23787.
- He, D., Luo, Y., Lu, S., Liu, M., Song, Y. and Lei, L. (2018). "Microplastics in soils: Analytical methods, pollution characteristics and ecological risks" *Trends in Analytical Chemistry*. 109. 163-172.

- Hermesen, E., Pompe, R., Besseling, E. and Koelmans, A.A. (2017). “*Detection of Low Numbers of Microplastics in North Sea Fish Using Strict Quality Assurance Criteria*”. Mar. Pollut. Bull. 122. 253–258.
- Hermesen, E., Mintenig, S. M., Besseling, E. and Koelmans, A. A. (2018) “*Quality Criteria for the Analysis of Microplastic in Biota Samples: A Critical Review*”. Environmental Science & Technology 52 (18), 10230-10240.
- Hidalgo-Ruz V., Gutow L., Thompson R.C. and Thiel M. (2012). “*Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification*”. Environmental Science and Technology. 46 (6). 3060–3075.
- Hurley, R.R. and Nizzetto, L. (2018). “*Fate and occurrence of micro(nano)plastics in soils: knowledge gaps and possible risks*”. Current Opinion in Environmental Science & Health. 1. 6-11.
- İnnal, D., Erk’akan, F. (2006). “*Effects of exotic and translocated fish species in the inland waters of Turkey*”. Rev Fish Biol Fisheries. 16, 39–50
- Jabeen, K., Su, L., Yang, D., Tong, C., Mu, J. and Shi, H. (2017). “*Microplastics and mesoplastics in fish from coastal and fresh waters of China*”. Environ. Pollut. 221.
- Kanlı, İ.B. ve Kurt, Y., 2019. “*Türkiye'nin Çevre Politikaları Kapsamında Mikroplastik Kirlilik Üzerine Bir Değerlendirme*”. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Dergisi (IBAD). (ICES-2019). 495-514. DOI: 10.21733/ibadjournal.585043. 11.01..2021
- Karami, A., Golieskardi, A., Choo, C.K., Romanoc, N., Ho, Y. B. and Salamatinia B. (2017). “*A high-performance protocol for extraction of microplastics in fish*”. Science of the Total Environment. 578. 485–494.
- Kashiwada, S. (2006). “*Distribution of nanoparticles in the see-through medaka (Oryzias latipes)*”. Environ Health Perspect. 114 (11). 1697–1702.
- Kayhan, F.E. (2019) “*Mikroplastiklerin (MP) Sucul Organizmalar Üzerindeki Risk Profillerinin Değerlendirilmesi*”. Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi, 45(2), 126-135
- Kirstein, I. V., Kirmizi, S., Wichels, A., Garin-Fernandez, A., Erler, R., Löder, M. ve Gerdt G. (2016). “*Dangerous hitchhikers? Evidence for potentially pathogenic Vibrio spp. on microplastic particles*”. Marine Environmental Research.120. 1-8.
- Koelmans, A.A. (2015). Marine Anthropogenic Litter. M. Bergmann, L. Gutow, M. Klages (eds). “*Modeling the role of microplastics in bioaccumulation of organic chemicals to marine aquatic organisms. A critical review*”. 70. 309–324.
- Koelmans, A. A., Bakir, A., Burton, G. A. and Janssen, C. R. (2016). “*Microplastic as a vector for chemicals in the aquatic environment: critical review and model-supported reinterpretation of empirical studies*”. Environmental science & technology, 50 (7). 3315-3326.
- Krazan, A., Hemjinda, S., Miertus, S., Corti, A. and Chiellini, E. (2006). “*Standardization and certification in the area of environmentally degradable plastics.*, Polymer Degradation and Stability. 91. 2819-2833.
- Kuru, M. (1996) “*Omurgalı Hayvanlar*”. Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Yayını. Ankara.
- Lebreton, L., van der Zwet, J., Damsteeg, JW. et al. (2017). “*River plastic emissions to the world’s oceans*”. Nat Commun. 8. 15611.
- Lusher, A.L., McHugh, M. and Thompson, R.C., (2013). “*Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel*”. Marine Pollution Bulletin. 67. 94–99.

- Markic, A., Gaertner, J.C., Gaertner N., Koelmans M., and Albert A. (2020). “*Plastic ingestion by marine fish in the wild, Critical Reviews in Environmental*”. Science and Technology. 50 (7). 657-697.
- Mato, Y., Isobe, T., Takada, H., Kanehiro, H., Ohtake, C. and Kaminuma, T. (2001). “*Plastic Resin Pellets as a Transport Medium for Toxic Chemicals in the Marine Environment*”. Environmental Science and Technology. 35. (2). 318-324.
- McGoran, A.R., Clark, P.F. ve Morritt, D. (2017). “*Presence of microplastic in the digestive tracts of European flounder, Platichthys flesus, and European smelt, Osmerus eperlanus, from the River*”. Thames. Environ. Pollut. 220, 744–751.
- McIlwraith HK, Kim J, Helm P, Bhavsar SP, Metzger JS, Rochman CM. (2021) “*Evidence of Microplastic Translocation in Wild-Caught Fish and Implications for Microplastic Accumulation Dynamics in Food Webs*”. Environ Sci Technol. 55 (18). 12372-12382.
- Mizrajia R., Ahrendta C., Perez-Venegasb D., Vargasa J., Pulgara J., Aldanac M., Patricio Ojedad F., Duarteae C., Galbán-Malagónaf C. (2017). “*Is the feeding type related with the content of microplastics in intertidal fish gut?*”. Marine Pollution Bulletin. 116(1-2). 498-500.
- Murphy, F., Russellb, M., Ewinsa, C. and Quinna, B. (2017). “*The uptake of macroplastic & microplastic by demersal & pelagic fish in the Northeast Atlantic around Scotland*” Marine Pollution Bulletin. 122. 353–359.
- Naidoo, T., Smit, A.J. and Glassom, D. (2016). “*Plastic ingestion by estuarine mullet Mugil cephalus (Mugilidae) in an urban harbour, KwaZulu-Natal, South Africa*”. Afr. J. Mar. Sci. 38. 145–149.
- Nizzetto, L., Futter, M. and Langaas, S. (2016). “*Are agricultural soils dumps for microplastics of urban origin?*”. Environ. Sci. Technol. 10777-10779.
- Ory, N.C., Sobral, P., Ferreira, J.L. and Thiel, M. (2016). “*Amberstripe scad Decapterus muroadsi (Carangidae) fish ingest blue microplastics resembling their copepod prey along the coast of Rapa Nui (Easter Island) in the South Pacific subtropical gyre*” Science of the Total Environment. 586. 430–437.
- Öztekin, A., Bat, L. and Gökkurt Baki, O. (2020). “*Beach litter pollution in Sinop Sarikum Lagoon Coast of the Southern Black Sea*. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 20. 197-205.
- Palatinus, A. (2009). “*Pollution of the Slovenian Coast with solid wastes*”. Varstvo Narave. 22. 137–145.
- Pellini G, Gomiero A, Fortibuoni T, Ferrà C, Grati F, Tassetti AN, Polidori P, Fabi G, Scarcella G. (2018). “*Characterization of microplastic litter in the gastrointestinal tract of Solea solea from the Adriatic Sea*”. Environ Pollut. 234. 943-952.
- Peters, C.A. and Bratton, S.P., (2016). “*Urbanization is a major influence on microplastic ingestion by sunfish in the Brazos River Basin, Central Texas, USA*”. Environmental Pollution. 210. 380–387.
- Polat, N. ve Uğurlu, S., 2011. “*Samsun İli Tatlı Su Balık Faunası.*” İlkadım Belediyesi Kültür ve Sosyal İşler Müdürlüğü Kültür-Sanat Yayınları: 2
- Ribeiro, F., Garcia, A.R., Pereira, B.P., Fonseca, M., Mestre, N.C., Fonseca, T.G., Ilharco, L.M. and Bebianno, M.J. (2017). “*Microplastics effects in Scrobicularia plana*”. Mar. Pollut. Bull. 122 (1–2). 379–391.
- Rochman CM, Hoh E, Hentschel BT, Kaye S. (2013a). “*Long-Term Field Measurement of Sorption of Organic Contaminants to Five Types of Plastic Pellets: Implications for Plastic Marine Debris*”. Environmental Science&Technology. 47 (3). 1646-1654.
- Rochman C.M., Hoh E., Kurobe T. and Teh, S.J., (2013b). “*Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress*”. Scientific Reports. 3. Article number: 3263.

- Romeo, T., Pietro, B., Pedà, C., Consoli, P., Andaloro, F., and Fossi, M. C. (2015). “*First evidence of presence of plastic debris in stomach of large pelagic fish in the Mediterranean Sea*”. Marine pollution bulletin. 95 (1). 358-361.
- Rose, M. T., Cavagnaro, T. R., Scanlan, C. A., Rose, T. J., Vancov, T., Kimber, S., Kennedy, I. R., Kookana, R. S. and Van Zwieten, L. (2016). “*Impact of Herbicides on Soil Biology and Function*”, Advances in Agronomy, 136. 133-220.
- Rummel, C. D., Löder, M.G.J., Fricke, N.F., Lang, T., Griebeler E.-M., Janke, M. and Gerdt G. (2016). “*Plastic ingestion by pelagic and demersal fish from the North Sea and Baltic Sea*”. Marine Pollution Bulletin. 102. 134–141.
- Rummel, C.D., Jahnke, A., Gorokhova, E., Kuhnel, D. and Jansen, M.S. (2017). “*Impacts of biofilm formation on the fate and potential effects of microplastic in the aquatic environment*”. Environ. Sci. Technol. 4 (7). 258–267.
- Ryan P.G. (1988). “*The characteristics and distribution of plastic particles at the sea-surface off the southwestern Cape Province, South Africa*”. Marine Environmental Research. 25. 249–273.
- Ryan, P.G., 2016. Hazardous chemicals associated with plastics in the marine environment H. Takada and H. K. Karapanagioti (Eds.). “*Ingestion of plastics by marine organisms*”. (s. 235–266). Cham, Switzerland. Springer International Publishing.
- Sanchez, W., Bender, C. and Porcher, J.M. (2014). “*Wild gudgeons (Gobio gobio) from French rivers are contaminated by microplastics: preliminary study and first evidence*”. Environmental Research. 128. 98-100.
- Schmidt, C., Krauth T. and Wagner, S. (2017). “*Export of plastic debris by rivers into the sea*”. Environmental Science & Technology. 51 (21). 12246-12253.
- Sul J. and Costa M. (2014). “*The present and future of microplastic pollution in the marine environment*”. Environmental Pollution. 185. 352–364.
- Tanaka, K. and Takada, H. (2016). “*Microplastic fragments and microbeads in digestive tracts of planktivorous fish from urban coastal waters*”. Scientific Reports. 6. 34351.
- Terzi, Y. and Seyhan, K. (2017). “*Seasonal and spatial variations of marine litter on the south-eastern Black Sea coast*” Marine Pollution Bulletin. 120 (1-2). 154-158.
- Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W. ve Russell, A. E. (2004). “*Lost at sea: where is all the plastic?*” Science, 304(5672), 838-838.
- Topçu, E. N., Tonay, A. M., Dede, A., Öztürk, A. A., & Öztürk, B. (2013). “*Origin and abundance of marine litter along sandy beaches of the Turkish Western Black Sea Coast*”. Marine environmental research, 85, 21-28.
- Uğurlu S. and Polat, N. (2002) “*An investigation on fish fauna of the River Mert (Samsun)*,” Turkish Journal of Zoology: 26. No. 1. Article 8.
- Uğurlu, S., Polat, N., (2007). “*Samsun İli Tatlı Su Kaynaklarında Yaşayan Egzotik Balık Türleri*”. Journal of Fisheries Sciences.com, 1(3): 139-151. doi: 10.3153/jfscom.2007017
- Verschoor, A., de Poorter, L., Roex, E. and Bellert, B. (2014). “*Quick scan and prioritization of microplastic sources and emissions.*” RIVM letter report. 20140156.
- Verschoor, A.J., (2015). “*Towards a definition of microplastics. Considerations for the specification of physico-chemical properties*”. RIVM Letter report, 116
- Waite, H.R., Donnelly, M.J. and Walters, L.J. 2018. “*Quantity and types of microplastics in the organic tissues of the eastern oyster Crassostrea virginica and Atlantic mud crab Panopeus herbstii from a Florida estuary*”. Marine Pollution Bulletin. 129. 179–185.

- Wang, F., Wong, C. S., Chen, D., Lu, X. and Zeng, E.Y. (2018). “Interaction of toxic chemicals with microplastics: A critical review”. *Water Research*. 139. 208-219.
- Wang, W. and Wang, J. (2018). “Investigation of microplastics in aquatic environments: An overview of the methods used, from field sampling to laboratory analysis”, *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 108. 195-202.
- Wang, W., Ge, J. and Yu, X. (2020). “Bioavailability and toxicity of microplastics to fish species: A Review” *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 189. 109913.
- Wang Q, Guan C, Han J, Chai M, Li R. (2022) *Microplastics in China Sea: Analysis, status, source, and fate*. *Sci Total Environ*. 803:149887.
- Watts A.J.R., Lewis, C., Goodhead, R.M., Beckett, S.J., Moger, J., Tyler, C.R. and Galloway, K.T.S. (2014). “Uptake and Retention of Microplastics by the Shore Crab *Carcinus Maenas*”. *Environmental Science&Technology*. 48 (15). 8823–8830.
- Wesch, C., Bredimus, K., Paulus, M. and Klein, R. (2016). *Towards the suitable monitoring of ingestion of microplastics by marine biota: a review*. *Environ. Pollut*. 218. 1200–1208.
- Wright, S.L., Thompson, R.C. and Galloway, T.S., (2012). “The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review”. *Environmental Pollution*. 178. 483-492.
- Wright, S.L., Kelly, F.J. (2017). “Plastic and Human Health: A Micro Issue?”. *Environ. Sci. Technol*. 51. (12). 6634–6647.
- Wu, W. M., Yang, J., & Criddle, C. (2017). “Microplastics pollution and reduction strategies”. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*. 11(1). 6.
- Yenigün, O. (2018). “Mikroplastik Kirliliği Nedir?”. Erişim 20 Eylül 2021. <https://sarkac.org>.
- Yilmaz, A. B., Basusta, N., & Ismen, A. (2002). “A study on plastic materials accumulation in the south-eastern Iskenderun Bay”. *Su ürünleri dergisi/Journal of fisheries and aquatic sciences*, 19(3), 485-488.
- Yurtsever, M., (2018). Çevre bilim ve teknoloji. A. Akdoğan Eker, F. İ. Türkdoğan, F. G. İskender, N. Tüfekçi ve S. Övez (ed.). “Küresel Plastik Kirliliği, Nano-Mikroplastik Tehlikesi ve Sürdürülebilirlik”. 171-191.
- Yurtsever, M. (2019). “Nano- ve mikroplastik’lerin insan sağlığı ve ekosistem üzerindeki olası etkileri”. *Menba Kastamonu Üniversitesini Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*. 5(2). 17-24.
- Zhang W, Zhang S, Zhao Q, Qu L, Ma D, Wang J. (2020). “Spatio-temporal distribution of plastic and microplastic debris in the surface water of the Bohai Sea China”. *Mar Pollut Bull*. 158. 111343.
- Zhao S, Wang T, Zhu L, Xu P, Wang X, Gao L, Li D. *Water Res*. (2019). “Analysis of suspended microplastics in the Changjiang Estuary: Implications for riverine plastic load to the ocean”. *Water Res*. 15 (161). 560-569.

## ÖZ GEÇMİŞ

Samsun İmam Hatip Lisesi'ni bitirdikten sonra Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi , Biyoloji bölümünden 1999 tarihinde mezun oldum. 2019 yılında OMÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans programına girdim. 2002'den bu yana T.C. Milli Eğitim Bakanlığı'na bağlı Biyoloji Öğretmeni olarak görev yapmaktayım.

### İletişim Bilgileri

ORCID ID : <https://orcid.org/0000-0001-5782-5052>

### Yayımlar:

1.Çini Barutçu, E. Polat, N., 2021. Detection of Microplastics in the Digestive System of Prussian Carp (*Carassius gibelio*) Inhabiting Mert River. 6. *International Congress on Environmental Research and Technology (ICERAT'21)*, 13-14 December, Adana.

### Kazanılan Ödüller, Teşvikler ve Burslar

1. Başarı Belgesi. 16/02/2016. Çalışkanlık/Samsun Canik Kaymakamlığı
2. Başarı Belgesi 11/06/2020. Çalışkanlık/Samsun Valiliği
3. Başarı Belgesi 17/01/2022. Çalışkanlık/T.C. Milli Eğitim Bakanlığı
4. Üstün Başarı Belgesi 07/03/2022. Çalışkanlık/Samsun Canik Kaymakamlığı
5. Başarı Belgesi 01/06/2022. Çalışkanlık/ T.C. Milli Eğitim Bakanlığı