

T.C.
SİNOP ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ TEMEL BİLİMLER ANABİLİM DALI



KARADENİZ'İN TÜRKİYE KIYILARININ
MİKROPLASTİK KİRLİLİĞİ

AYŞAH ÖZTEKİN

DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN
PROF. DR. LEVENT BAT

SİNOP -2021

Ayşah ÖZTEKİN tarafından hazırlanan “Karadeniz’in Türkiye Kıyılarının Mikroplastik Kirliliği” başlıklı bu çalışma, 15.12.2021 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak, jürimiz tarafından DOKTORA tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan	Prof. Dr. Kadir SEYHAN Karadeniz Teknik Üniversitesi / Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi	İmza
---------------	--	------

Üye (Danışman)	Prof. Dr. Levent BAT Sinop Üniversitesi / Su Ürünleri Fakültesi	İmza
---------------------------	--	------

Üye	Prof. Dr. Yalçın KAYA Sinop Üniversitesi / Su Ürünleri Fakültesi	İmza
------------	---	------

Üye	Doç. Dr. Ülgen AYTAN Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi / Su Ürünleri Fakültesi	İmza
------------	--	------

Üye	Dr. Öğr. Üyesi Fatih ŞAHİN Sinop Üniversitesi / Su Ürünleri Fakültesi	İmza
------------	--	------

ETİK BEYANI

Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Ayşah ÖZTEKİN

ÖZET

DOKTORA TEZİ

KARADENİZ’İN TÜRKİYE KIYILARININ MİKROPLASTİK KİRLİLİĞİ

AYŞAH ÖZTEKİN

SİNOP ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SU ÜRÜNLERİ TEMEL BİLİMLER ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: PROF. DR. LEVENT BAT

Plastik kirliliği, günümüzün en önemli kirlilik problemlerinden biri olarak tüm sucul ekosistemde karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada, Karadeniz’in Türkiye kıyılarından seçilen göl ve nehirlerin geçiş suyu sistemlerinin yüzey sedimanlarındaki mikroplastik varlığı, mikroplastiklerin miktarı, tipleri ve dağılımı araştırılmıştır. Araştırma sonucunda toplam 2532 adet mikroplastığe rastlanmıştır. Araştırma istasyonlarında sedimandaki mikroplastik miktarları en düşük ve en yüksek $31,6 \pm 14,2$ - $258,9 \pm 368,8$ adet.kg⁻¹ yaş sediman, $37,9 \pm 16$ - $347,8 \pm 122,1$ adet.kg⁻¹ kuru sediman ve 53 ± 20 - $514,3 \pm 742$ adet.L⁻¹ sediman arasında bulunmuştur. Örneklerde en sık rastlanan mikroplastik tipi parça (%52,4) olmuş, bunu fiber (%26,1), film (%19,2), köpük (%2,2) ve boncuk (%0,1) izlemiştir. Araştırma sırasında karşılaşılan mikroplastiklerdeki baskın renk grubu %51,7 oranla şeffaf olmuş ve bunu sırasıyla beyaz (%13,3) mavi (%9,8), gri (%6,6), siyah (%5,9), yeşil (%3,9), kırmızı (%3,9), sarı/turuncu (%3), pembe/mor (%1,4) ve çok renkli (%0,5) plastikler izlemiştir. Mikroplastiklerin boy gruplarının oransal miktarları ise <0,25 mm: %29,9; 0,25-0,5 mm: %30,3; 0,5-1 mm: %19,8; 1-2 mm: %12,4; 2-5 mm: %7,6 olmuştur. Mevcut çalışma ile Karadeniz’in ülkemiz sularından seçilen göl ve nehirlerin geçiş suyu sistemlerinden örneklenen tüm sedimanlarda mikroplastik ile karşılaşmıştır.

ANAHTAR KELİMELE: Mikroplastik, Karadeniz, Sediman, Kirlilik, Geçiş suyu

Aralık 2021, 125 Sayfa

ABSTRACT

PH.D THESIS

MICROPLASTIC POLLUTION IN THE BLACK SEA COAST OF TURKEY

AYŞAH ÖZTEKİN

**SINOP UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF HYDROBIOLOGY
SUPERVISOR: PROF. DR. LEVENT BAT**

Plastic pollution is one of the most important pollution problems of nowadays, in all aquatic ecosystem. In this study, the presence, amount, types, and distribution of microplastics were investigated in the surface sediments of the transitional water systems of lakes and rivers located on the Black Sea coast of Turkey. As a result of the research, a total of 2532 microplastics were found. The lowest and highest amount of microplastics in the research stations were found 31.65 ± 14.21 - 258.9 ± 368.8 pieces.kg⁻¹ wet weight sediment, 37.9 ± 16 - 347.8 ± 122 pieces.kg⁻¹ dry weight sediment and 53 ± 20 - 514.3 ± 742 pieces.L⁻¹ sediment. The most common type of microplastic was the fragments (52.4%), followed by fibers (26.1%), films (19.2%), foams (2.2%) and beads (0.1%). The dominant microplastic color was transparent with 51.7%, followed by white (13,3%) blue (9.8%), gray (6.6%), black (5.9%), green (3.9%), red (3.9%), yellow/orange (3%), pink/purple (1.4%) and multi-colored (0.5%). Size groups of microplastics were <0.25 mm: 29.9%, 0.25-0.5 mm: 30.3%, 0.5-1 mm: 19.8%, 1-2 mm: 12.4% and 2-5 mm: 7.6%. In this study, the presence of microplastics in the transitional water systems of lakes and rivers of the Black Sea was investigated in Turkey coast and all investigated sediment samples were encountered with microplastics.

KEYWORDS:Microplastic, Black Sea, Sediment, Pollution, Transitional water

December 2021, 125 Page

TEŞEKKÜR

Akademik hayatımın başından beri her zaman yanımda olan ve desteğini esirgemeyen değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Levent BAT'a sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Tezimin arazi çalışmalarından, yazım sürecine dek her zaman destek olan ve özellikle yazım sürecinde bolca bunalttığım Dr. Öğr. Üyesi Fatih ŞAHİN'e, tezimin geliştirilmesinde verdikleri katkılardan dolayı Prof. Dr. Yalçın KAYA ve Prof. Dr. Kadir SEYHAN'a,

Her zaman destekleri ile yanımda olan Doç. Dr. Ülgen AYTAN ve Dr. Öğr. Üyesi Olgaç GÜVEN'e,

Tüm isyanlarımda yanımda olan canım arkadaşlarım Dr. Dilara KAYA ÖZTÜRK ve Dr. Uğur ÖZSANDIKÇI'ya,

Arazi çalışmaları sırasındaki yardımları için Öğr. Gör. Bora EYÜBOĞLU, Dr. Sevgi KUŞ, Zuhale ÖZTUTAN ve Mülkibar ÇİFTÇİOĞLU'na

çok teşekkür ederim.

Neredeyse akademik yolculuğumun başından beri yol arkadaşım eşim Hasan Can ÖZTEKİN,

ve son olarak tüm hayatım boyunca beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çokça özlemini çektiğim canım ailem

iyi ki varsınız...

Ayşah ÖZTEKİN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEZ_KABUL.....	ii
ETİK BEYANI	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÖZETİ.....	4
2.1. Mikroplastikler.....	8
2.2. Karadeniz’de Mikroplastik Kirliliği	13
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	21
3.1. Araştırma Bölgesi Hakkında Bilgiler	21
3.2. Yöntem Bilgisi.....	31
3.3. Veri Analizi.....	37
4. BULGULAR.....	38
4.1. Mikroplastik Miktarı.....	38
4.1.1. Mikroplastik miktarının zamansal değişimi	39
4.1.2. Mikroplastik miktarının havza genelinde değerlendirilmesi	41
4.2. Mikroplastik Çeşitliliği.....	46
4.2.1. Mikroplastiklerin tipleri	46
4.2.1.1. Mikroplastik tiplerinin zamanda bağlı değişimi	47
4.2.1.2. Mikroplastik tiplerinin havza genelinde değerlendirilmesi	50
4.2.2. Mikroplastiklerin renk dağılımı	52

4.2.2.1. Mikroplastiklerin renklerinin zamana bağıl değişimi	52
4.2.2.2. Mikroplastiklerin renklerinin havza genelinde değerlendirilmesi	55
4.2.3. Mikroplastik çeşitliliğinin genel değerlendirilmesi	57
4.3. Mikroplastiklerin Boyları	60
4.3.1. Mikroplastik tiplerinin ortalama boyları bakımından değerlendirilmesi	60
4.3.2. Mikroplastiklerin boy grupları bakımından değerlendirilmesi	64
5. TARTIşMA ve SONUÇ	67
KAYNAKLAR	86
ZGEMİş	104



TABLÖLER DİZİNİ

		Sayfa
Tablo 2.1	Yoğun üretimi gerçekleştirilen polimer tipleri ve bu polimerlerin kullanım alanları (Plastics – the Facts, 2020’den düzenlenerek).....	7
Tablo 2.2	Plastik çöplerin boy sınıfları (GESAMP, 2019’dan düzenlenerek).....	8
Tablo 2.3	Plastikleri tanımlama da kullanılan farklı boyut kategorileri.....	8
Tablo 2.4	Karadeniz’de mikroplastik kirliliği üzerine yapılan çalışmalar.....	16
Tablo 2.5	Karadeniz’de yaşayan sucül organizmalardaki mikroplastik miktarı...	20
Tablo 3.1	Araştırma istasyonları.....	21
Tablo 3.2	Sedimanda mikroplastiklerin örneklenmesi ve analizi için kullanılan kılavuzların özeti.....	32
Tablo 4.1	Örnekleme istasyonlarının ait oldukları havzalardaki mikroplastik miktarı.....	44
Tablo 4.2	Araştırma istasyonlarında bulunan ortalama mikroplastik miktarı.....	45
Tablo 4.3	Havzaların benzerlik ve farklılık oranları (%)......	57
Tablo 4.4	Araştırma istasyonları arasında mikroplastik çeşitliliği bakımından benzerlik ve farklılık oranları.....	58
Tablo 4.5	Mikroplastiklerin üç farklı örnekleme zamanındaki ortalama boy ve standart sapma değerleri.....	60
Tablo 5.1	Sedimanda mikroplastik varlığının araştırıldığı çeşitli çalışmalar.....	69
Tablo 5.2	Yoğunluk ayırtırmada yaygın olarak kullanılan solüsyonlar (Frias ve ark., 2018’den düzenlenmiştir).....	84

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Karadeniz Bölgesi (Bat ve ark., 2018'den düzenlenerek).....	13
Şekil 3.1 Araştırma sahası ve istasyonlar.....	22
Şekil 3.2 Örneklem ve laboratuvar uygulamaları görsel diyagramı.....	34
Şekil 4.1 Mayıs döneminde istasyonlardaki mikroplastik miktarı (Üst: Göl istasyonları/Alt: Nehir istasyonları).....	39
Şekil 4.2 Temmuz döneminde istasyonlardaki mikroplastik miktarı (Üst: Göl istasyonları/Alt: Nehir istasyonları).....	40
Şekil 4.3 Eylül döneminde istasyonlardaki mikroplastik miktarı (Üst: Göl istasyonları/Alt: Nehir istasyonları)	41
Şekil 4.4 İstasyonlardaki ortalama mikroplastik miktarı (Üst: Göl istasyonları/Alt: Nehir istasyonları)	42
Şekil 4.5 Göl (A) ve nehir (B) istasyonlarının farklı örneklem dönemlerine göre mikroplastik miktarı.....	43
Şekil 4.6 Araştırma istasyonlarında karşılaşılan mikroplastiklerden görüntüler (A-E: parça; F-K: fiber; L-N: film; P,R: köpük; S: boncuk. Ölçüm skalası 0,5 mm).....	46
Şekil 4.7 Mayıs dönemi mikroplastik tiplerinin % dağılımı (Grafiklerin altında yer alan veri tablosu mikroplastik tiplerinin istasyonlardaki oransal miktarını göstermektedir).....	47
Şekil 4.8 Temmuz dönemi mikroplastik tiplerinin % dağılımı (Grafiklerin altında yer alan veri tablosu mikroplastik tiplerinin istasyonlardaki oransal miktarını göstermektedir).....	48
Şekil 4.9 Eylül dönemi mikroplastik tiplerinin % dağılımı (Grafiklerin altında yer alan veri tablosu mikroplastik tiplerinin istasyonlardaki oransal miktarını göstermektedir).....	49
Şekil 4.10 Mikroplastiklerin tiplerine göre örneklem istasyonlarındaki oransal dağılımı (%).....	51
Şekil 4.11 Farklı örneklem zamanlarında mikroplastik tiplerinin renkleri.....	53
Şekil 4.12 Mikroplastik tiplerinin renk dağılımı.....	55
Şekil 4.13 Mikroplastiklerin (tiplerine bakılmaksızın) renklerine göre istasyonlardaki oransal dağılımı.....	56

Şekil 4.14	Çalışma süresince karşılaşılan mikroplastik tiplerinin ortalama boy ve standart sapmaları.....	63
Şekil 4.15	Farklı örnekleme zamanlarında mikroplastiklerin boy gruplarındaki oransal dağılımı.....	65
Şekil 4.16	Mikroplastiklerin boy grupları bakımından istasyonlardaki oransal dağılımı.....	66



KISALTMALAR DİZİNİ

AB:	Avrupa Birliği
ABS:	Akrilonitril butadien stiren
ÇŞB:	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
DBP:	Dibütil ftalat
DSÇD:	Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi
CA:	Selüloz asetat
ER:	Epoksi reçine
EVA:	Etilen-vinil asetat
HFFR:	Halojen içermeyen alev geciktirici
NBR:	Akrilonitril butadien kauçuk
PA:	Poliamid
PAC:	Poliakrilik
PAN:	Poliakrinonitril
PBP:	Polibutylmetakrilat
PBT:	Polibütülen tereftalat
PC:	Polikarbonat
PE:	Polietilen (LD: Düşük yoğunluklu/ HD: Yüksek yoğunluklu)
PET:	Polietilen tereftalat
PP:	Polipropilen
PS:	Polisitren
PMMA:	Polimetil metakrilat
PTFE:	Politetrafloroetilen
PUR:	Poliüretan
PVC:	Polivinil klorür
PVF:	Polibinil florid
SAC:	Stiren akrilonitril kopolimer

1. GİRİŞ

İnsanlık, doğrudan veya dolaylı olarak atık olarak kabul edilen malzemeleri elden çıkarmak için okyanusları ve denizleri de kullanmıştır. Bu nedenle denizel ortamda biriken atık miktarında zamanla ciddi bir artış olmuştur. Deniz çöpleri, denizel veya kıyısız bölgeye atılan ya da bu alanlarda bırakılan, üretim sonucu ortaya çıkmış veya işlenmiş katı malzemelerdir ve günümüzün en önemli çevresel problemlerden biri olarak karşımıza çıkmıştır. Dünyada plastikler deniz çöplerini domine ederek, deniz çöplerinin yaklaşık %60-80'ini oluşturmaktadır (Gregory ve Ryan, 1997; Derraik, 2002).

Dünyanın en geniş kullanım alanına sahip ürünlerinden olan plastikler, günlük yaşama çok geniş alanda dahil olmuş ve neredeyse tüm üretim alanlarına katkı sağlamıştır (Hammer vd., 2012). Plastiklerin ucuz ve uzun ömürlü olmaları nedeniyle üretimleri son yıllarda önemli ölçüde artmıştır (Hopewell vd., 2009; Andrady ve Neal 2009).

Plastiklerin dayanıklılığı ve artan kullanım miktarı beraberinde atık yönetim sorununu da getirmektedir. Plastik atıkların bir kısmı geri dönüştürülürken bir kısmı da çevrede ve katı atık sahalarında büyük miktarlarda birikime neden olmaktadır (Thompson vd., 2009). Plastiklerin doğadaki birikimi ve parçalanması en önemli sorunlardan biridir (Barnes vd., 2009). Plastiklerin çoğu çevreye girişini takiben termal oksidasyon, foto-oksidatif bozunma, biyolojik bozunma ve hidroliz gibi faktörlerle bozunma süreçlerine maruz kalmaktadır (Hammer vd., 2012). Genel olarak boyutu 1 µm ila 5 mm arasında değişen sentetik katı parçacık veya polimerik matris mikroplastik olarak adlandırılmaktadır (Frias ve Nash, 2018).

Mikroplastiklerin denizel ortamda ve tatlı su sistemlerindeki varlıklarının yanında, besin zincirindeki organizmalar tarafından tüketimi de hem saha çalışmaları hem de deneysel çalışmalar ile çeşitli araştırmacılar tarafından ortaya konulmuştur (Farrel ve Nelson, 2013; Desforges vd., 2014; Free vd., 2014; Li vd., 2016; Carlin vd., 2020).

Üretim sırasında plastıklara çeşitli sebeplerle katkı maddeleri eklenmekte ve buna ek olarak çevredeki kirleticileri de adsorbe olup üzerlerinde birikebilmektedir (Andrady ve Neal 2009; Napper ve Thompson, 2018; Teuten vd., 2009). Çeşitli kirleticileri bünyesinde barındırabilen plastikler, bu kirleticileri organizmalara taşımak için bir vektör görevi

görebilir (Browne vd., 2007). Plastiklerin canlılar tarafından tüketimi ile besin zincirinde aktarımı insan sağlığı üzerinde de tehdit oluşturabilir (Carbery vd., 2018).

Karadeniz dünyanın sayılı iç denizlerinden biridir. Karadeniz havzasında yer alan ülkelerde yaşayan insanların günlük aktiviteleri Karadeniz'i etkilemektedir (Mee, 2005; BSC, 2009). Toksik ve tehlikeli maddeler de dahil olmak üzere her türlü atık, Karadeniz havzasında verimsiz bir şekilde kullanılmakta, depolanmakta ve taşınmaktadır (Bat vd., 2018). Havzada üretilen atıklardan bazıları direkt kıyılardan deniz ile buluşmakta, bazıları ise nehirler vasıtasıyla (Tuna, Dinyeper ve Don'dan ve diğer nehirlerden) Karadeniz'e dökülmektedir (Bat vd 2018). Denize ulaşan atıklar, Karadeniz'in sahip olduğu dinamik akıntı sistemi ile denizle buluştukları bölgede kalmayıp sınır ötesine taşınmaktadır (Topçu ve Öztürk, 2010). Sonuç olarak Karadeniz, kontrolsüz balık avcılığı ve gemicilik faaliyetleri, toksik atıkların boşaltılması, Karadeniz kıyısındaki şehirlerinden gelen evsel atıklar ve nehirlerden gelen kirleticiler tarafından hızla kirlenmiştir (BSC, 2009).

Karadeniz'de deniz çöpleri (Topcu ve Öztürk, 2010; Topçu vd., 2013; Suaria vd., 2015; Simenova vd., 2017; Terzi ve Seyhan 2017; Aytan vd., 2020a; Öztekin vd., 2020) ve mikroplastiklerin (Aytan vd., 2020b; Pojar vd., 2021a,b) varlığı birçok araştırmacı tarafından sahillerde, deniz tabanında, deniz yüzeyinde ve biyota örneklerinde rapor edilmiştir (Şentürk vd., 2020; Tonay vd., 2020; Aytan vd., 2022a,b). Karadeniz'de deniz çöpi ve mikroplastikler üzerine yapılan çalışmalardan elde edilen verilerle bahsi geçen kirlilik durumunun oldukça yoğun bir biçimde var olduğu gözler önüne serilmektedir ve bu durumun Karadeniz'i yüksek tehdit altındaki bir ekosisteme dönüştürdüğü ortaya çıkmıştır (Bat vd., 2018).

Plastiklerin önemli bir kısmı kara kökenli kaynaklardan gelmekte ve deniz ile bağlantısı olan nehirler mikroplastiklerin denizel ortama taşınmasında önemli bir rol oynamaktadır (Schmidt vd., 2017). Karadeniz havzasında gerçekleştirilen araştırmalarda Karadeniz'e dökülen nehirlerin yüksek oranda plastiği Karadeniz'e taşıdığı bildirilmiştir (Lechner vd., 2014; González-Fernández vd., 2020). Yine Karadeniz havzasında yer alan lagün gölleri karasal ortamda gerçekleşen insan aktiviteleri, kaynak aldıkları akarsular ve göl içerisinde gerçekleştirilen çeşitli aktivitelerden kaynaklı olarak kirlilikten etkilenmektedir. Türkiye'nin Karadeniz kıyısında yürütülen araştırmalarda daha çok denizel ortamlardaki mikroplastiklerin varlığına odaklanılmış, tatlı su ve geçiş suyu sistemlerinde ise oldukça sınırlı sayıda araştırma yapılmıştır. Bu çalışmada, Karadeniz'in Türkiye kıyılarında yer alan

göl ve nehirlerin geçiş suyu sistemlerinden seçilen araştırma istasyonlarının, yüzey sedimanındaki mikroplastik varlığı, mikroplastiklerin miktarı, tipleri ve dağılımı araştırılmıştır. Çalışma kapsamında seçilen geçiş suyu ekosistemlerinin mikroplastiklerden ne ölçüde etkilendiğine dair araştırma sayısı oldukça sınırlı kalmış, bu nedenle de Karadeniz'in ülkemiz sularında mevcut çalışma ile hem göl hem de nehirlerin geçiş suyu sistemlerinin sedimanındaki mikroplastik varlığı ilk kez bu denli geniş bir alan da araştırılmıştır.



2. GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÖZETİ

Deniz çöpleri “Denizel veya kıyısal bölgeye atılan ya da bu alanlarda bırakılan, üretim sonucu ortaya çıkmış veya işlenmiş katı malzemeler” olarak tanımlanmaktadır (UNEP, 2005; Galgani vd., 2010). Antropojenik kökenli deniz çöpleri; plastik, metal, cam, kauçuk, tekstil, kâğıt ve ahşap materyallerden oluşmaktadır. Deniz çöpleri, denizel ortamdaki (deniz kökenli: balıkçılık/gemicilik faaliyetleri, yetiştiricilik tesisleri vs.) ve karasal ortamdaki (kara kökenli: evsel atıklar/atıksular, endüstriyel faaliyetler vs.) aktivitelerden kaynak olarak denizel ortama ulaşmaktadır (UNEP, 2005, 2009). Deniz çöpleri çevresel, ekonomik, güvenlik, sağlık ve kültürel açılardan olumsuzluklara sebebiyet vermektedir (UNEP, 2005; Galgani vd., 2010, 2013). Deniz çöplerine, kıyılardan derin denizlere, ekvatorlardan kutuplara dek her yerde rastlanmaktadır (Thompson, 2009; Pham vd., 2014; Bergman vd., 2017). Ülkemizde de çeşitli denizel ortamlarda deniz çöpu varlığı rapor edilmiştir (Topçu ve Öztürk, 2010; Topçu vd., 2013; Güven vd. 2013; Aydın vd., 2016; Gündoğdu vd., 2019; Aytan vd., 2020a; Terzi vd., 2020),

Deniz çöpleri sorununa Avrupa Birliği mevzuatında da hedef alınmakta olup, 2008 yılında kabul edilen Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifinde (2008/56/EC) (DSÇD) üye devletlerin en geç 2020 yılına kadar ‘İyi Çevresel Durum’ sağlamaları veya sürdürmeleri için gerekli önlemleri içeren çerçeve olarak yayınlanmıştır (İyi Çevresel Durum; Deniz sularının ekolojik olarak çeşitli, dinamik ve kullanım durumları ile sağlıklı, temiz, üretken, süregelen ve gelecekteki ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde sürdürülebilir kullanımlarının garanti edilebildiği çevresel durumu temsil eder). DSÇD uygulamasının temel yönlerinden biri, İyi Çevresel Durumu tanımlayıcıları (11 adet) için ölçütler ve metodolojik standartlar geliştirmektir (Galgani vd., 2010, 2013). Direktif kapsamında belirtilen 11 tanımlayıcıdan biri de deniz çöpleri (Tanımlayıcı 10) ile ilgilidir.

Tanımlayıcı 10. Denizel katı atıklarının (çöplerinin) özellikleri ve miktarları kıyı ve deniz çevresine zarar vermez (2010/477/EU).

10.1. Denizel ve kıyısal çevredeki katı atıkların özellikleri

10.1.1. Sahile atılan ve/veya sahillerde biriken atık miktarı, içeriği, zamana bağlı değişimine yönelik trendin takibi ve mümkünse kaynağının tespiti

10.1.2. Su kolonunda (yüzeyde yüzen dahil) ve deniz tabanında (zeminde) birikmiş olan atıkların içeriği, dağılımı ve mümkünse kaynağının tespiti

10.1.3. Mikro-partiküllerin (özellikle mikro-plastiklerin) miktarı, dağılımı ve mümkünse içeriğinin tespiti

10.2. Denizel yaşama katı atıkların etkileri

10.2.1. Deniz canlıları tarafından besin sanılarak alınan atıkların miktar ve içeriğinin takibi (örneğin mide analizleri)

Ülkemiz Avrupa Birliğine aday ülke olarak, AB yasalarını ve direktiflerini ulusal mevzuatına uyarlamaya ve uyum sağlamaya çalışmaktadır (Güven vd., 2017). Bu kapsamda deniz çöpleri ve mikroplastikler konusunda ulusal düzeyde, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri, Avrupa Birliği gereklilikleri ve Bölgesel Deniz Sözleşmeleri sorumlulukları çerçevesinde T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığınca (ÇŞB) projelendirilen “Türkiye Deniz Çevresi Stratejisinin Oluşturulması Projesi” ile tüm Türkiye denizlerini kapsayacak (denizel alanlarının korunması ve sürdürülebilir kullanımının sağlanması ile ilgili araştırma, izleme, değerlendirme, sosyo-ekonomik analiz ve önlemler) ve ulusal deniz politikalarına yön veren bir eylem planının oluşturulması hedeflenmiş ayrıca yine ulusal düzeyde T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ve TÜBİTAK-MAM işbirliği ile yürütülen “Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programına (Den-İZ) deniz çöpleri ve mikroplastikler de dahil edilmiştir (ÇŞB, 2017a,b,c,d). 2019 yılında ise Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından Deniz Çöpleri İl Eylem Planlarının Hazırlanması ve Uygulanması Genelgesi yayınlanmıştır.

Denizel ortamında bulunan çöplerin yaklaşık %80'i kara kaynaklı aktivitelerden kaynaklandığı ve bu kaynakların sadece kıyılarda yapılan aktivitelerle değil nehirler yoluyla ya da rüzgar ve sel gibi doğal olaylar vasıtasıyla da denizel ortama taşındığı bilinmektedir. Buna ek olarak denizel ortamda gerçekleşen, balıkçılık aktiviteleri, deniz taşımacılığı, petrol platformları ve akuakültür tesisleri de denizel ortamda bulunan çöpün geri kalan kısmına katkıda bulunur (UNEP, 2009; Galgani vd., 2015). Deniz çöplerinin büyük çoğunluğunu plastik çöpler oluşturmaktadır. Plastik çöplerin deniz çöpleri içindeki oranının araştırma yapılan bölgelere bağlı olarak %60-80 arasında olduğu, bazı bölgelerde ise %95'in üzerine çıktığı bildirilmektedir (Gregory ve Ryan, 1997; Derraik, 2002; Öztekin vd., 2020).

Plastik materyallerin kullanımı oldukça hızlı bir şekilde artmaktadır. Çeşitli türlerdeki polimerlerden üretilen plastikler; hafif, işlenmeleri ve şekillendirilmeleri kolay, birçok kimyasala karşı dayanıklı, tekrar kullanılabilir ve rejenere edilebilir, ilave katkı maddeleri (örn: Bisfenol A, ftalatlar, Pb-Cd metalleri, fungusitler) ile özellikleri geliştirilebilir ve

oldukça dayanıklı plastikler üretilebilir oluşu gibi özelliklere sahiptir (Yurtsever, 2018). Sağladığı tüm bu avantajlar sayesinde plastikler hayatımızın her alanına dahil olmuşlardır. Büyük ölçekli plastik üretiminin başladığı 1950'lerde 1,5 milyon ton olan plastik üretim miktarı 2019 yılında 368 milyon tona ulaşmıştır (Plastics-the Facts, 2020). Polimer türlerinin talep oranları (2019 yılı verileri) ve bu polimerlerin kullanım alanları Tablo 2.1'de verilmiştir (Plastics-the Facts, 2020).

Dünya okyanuslarında var olan plastik çöpler, denizlerde mekanik erozyon ve kimyasal aşınmayla bozunma süreci çok yavaş ilerlediğinden (Corcoran vd., 2009), sürekli ve artan miktarlarda kıyılarda ve okyanuslarda depolanmaktadır (Laist, 1987). Plastik materyaller UV ışınlarına, rüzgar, akıntı, dalga ve gel-git vs. birçok fiziksel sürece maruz kalarak (Corcoran vd., 2009) metreden mikrometreye çeşitli boyut aralıklarında denizel ortama girmektedirler (Hidalgo-Ruz vd., 2012). Meso-, makro- ve mega- gibi tanımlamalar ile plastikler boyutlarına göre gruplandırılmaktadır (GESAMP, 2019-Tablo 2.2). Büyüklüğü 5 mm'den küçük olan plastikler ise mikroplastik olarak adlandırılmaktadır (Arthur vd., 2009).

Tablo 2.1 Yoğun üretimi gerçekleştirilen polimer tipleri, üretim miktarları, polimer yoğunlukları ve kullanım alanları (Plastic Europe, 2020'den düzenlenerek)

Polimer tipi	Kısaltma	Polimer yoğunluğu (g.cm ⁻³)	Toplam üretimdeki oranı	Yaygın kullanım alanı
Polipropilen	PP	0,9–0,91	%19,4	Gıda ambalajları, şeker ve atıştırmalık ambalajları, menteşeli kapaklar, mikrodalga kapları, borular, otomotiv parçaları, kağıt paralar vb.
Polietilen-Düşük Yoğunluklu	PE-LD/ PE-LLD	0,910–0,940	%17,4	Yeniden kullanılabilir poşetler, tabak ve kaplar, tarımda kullanılan filmler, besin ambalajları, filmler vb.
Polietilen-Yüksek Yoğunluklu	PE-HD/ PE-MD	0,940-0,970	%12,4	Oyuncaklar, süt şişeleri, şampuan şişeleri, borular, ev eşyaları vb.
Polivinilklorür	PVC	1,16–1,58	%10	Pencere kasaları, profiller, yer ve duvar kaplamaları, borular, kablo izolasyonları, bahçe hortumları, şişme havuzlar vb.
Poliüretan	PUR	1,2	%7,9	Bina yalıtımı, yastıklar ve şilteler, buzdolapları için yalıtım köpükleri vb.
Polietilen Tereftalat	PET	1,37–1,45	%7,9	Su şişeleri, alkolsüz içecekler, meyve suları, temizleyiciler vb.
Polistiren/Geliştirilmiş Polistiren Köpük	PS+EPS	1,04–1,1	%6,2	Gıda ambalajları (süt ürünleri, balıkçılık), bina yalıtımı, elektrikli ve elektronik ekipmanlar, buzdolapları için iç astar, gözlük çerçeveleri vb.
Diğer Termoplastikler:				
Akrilonitril bütadien stiren	ABS		%11,3	Jant kapakları (ABS); optik fiberler (PBT); gözlük camları, çatı kaplama levhaları (PC); dokunmatik ekranlar (PMMA); telekomünikasyonda kablo kaplaması (PTFE); ve diğerleri havacılık, tıbbi implantlar, cerrahi cihazlar, membranlar, valfler ve contalar, koruyucu kaplamalar vb.
Polibütülen Tereftalat	PBT	-		
Polikarbonat	PC			
Polimetil Metakrilat/Akrilik	PMMA			
Politetrafloroetilen	PTFE			
Diğer Plastikler (Fenolik reçineler, Epoksi reçineler, melamin reçineleri, üre reçineleri ve diğerleri)		-	%7,5	Koruyucu kaplama malzemeleri vb.

Tablo 2.2 Plastik çöplerin boy sınıfları (GESAMP, 2019'dan düzenlenerek)

Tanımlama	Boyut	Boy aralığı
Mega	Çok büyük	>1 m
Makro	Büyük	2,5 cm -1 m
Meso	Orta	5- 25 mm
Mikro	Küçük	<5 mm
Nano	Çok küçük	<1 µm

2.1. Mikroplastikler

Son yılların en önemli çevresel problemlerinden biri plastiklerin doğadaki birikimi ve parçalanmasıdır (Barnes vd., 2009). Plastiklerin çoğu çevreye girişini takiben çeşitli faktörlerin etkisiyle bir takım bozunma süreçlerine maruz kalmakta (Hammer vd., 2012) ve boyutu 5 mm'den küçük olduğunda “mikroplastik” olarak tanımlanmaktadır (Arthur vd., 2009). Mikroplastiklere ilişkin üst (5 mm veya 1 mm) ve alt (1 µm veya 20 µm) boyut sınırları konusunda hala tam net bir tanımlama olmasa da (Tablo 2.3) yakın zamanda, Frias ve Nash (2019) tarafından “Mikroplastikler, birincil veya ikincil üretim kaynaklı, suda çözünmeyen, düzenli veya düzensiz şekil ve 1 µm ila 5 mm arasında değişen boyutta sentetik katı parçacık veya polimerik matris” olarak tanımlanmıştır.

Tablo 2.3 Plastikleri tanımlama da kullanılan farklı boyut kategorileri

Boy Kategorileri	Hanke vd., 2013	Frias vd., 2018	Hartmann vd., 2019
Makroplastik	>2,5 cm	>2,5 cm	>1 cm
Mesoplastik	0,5 – 2,5 cm	0,5 – 2,5 cm	1 – 10 mm
Mikroplastik	20 µm – 5 mm	1 µm –5 mm	1µm – 1 mm

Mikroplastikler, birincil ve ikincil mikroplastikler olarak sınıflandırılmaktadır; Birincil mikroplastikler, endüstriyel üretimde kullanılan plastik reçineler ve kişisel bakım ürünlerinde bulunan mikro boncuklar gibi mikroskobik boyutta üretilen mikroplastiklerdir, İkincil mikroplastikler ise daha büyük plastiklerin çeşitli fiziksel süreçler bağlı olarak parçalanmasıyla oluşur (Cole vd., 2011; Hidalgo -Ruz vd., 2012; Rogers, 2020). Plastiklerin parçalanma süreçleri bozunmaya neden olan sebeplere göre; biyodegradasyon (canlı organizmaların etkisi ile), fotodegradasyon (ışığın etkisi ile genelde dış ortamda güneş ışığına maruz kalındığında), termooksidatif degradasyon (ılıman sıcaklıklarda yavaş oksidatif bozunma), termal degradasyon (çevresel bozunma mekanizmasından ziyade

yüksek sıcaklıkların etkisi altına bozunma) ve hidroliz (su ile reaksiyon) olarak sıralanabilir (Andrady, 2011).

Mikroplastiklerin kaynakları ve dağılımı karasal ve denizel ortamda oluşan çeşitli insan aktiviteleriyle ilişkilidir. Mikroplastiklerin kaynaklarına; Okyanuslardaki Birincil Mikroplastikler: Kaynakların Küresel Değerlendirmesi (Boucher ve Friot, 2017) adlı raporda detaylı olarak değinilmiş olup raporda bozunmaları nedeniyle ikincil mikroplastiklerin kökenlerini izlemenin ve makroplastiklerin ne kadarının mikroplastiklere dönüştüğünü anlamlı bir şekilde değerlendirmenin zor olduğundan, birincil mikroplastiklerin nicelleştirilmesine odaklanılmıştır.

Birincil mikroplastikler, küçük partiküller şeklinde çevreye doğrudan 5 mm boyun altında salınan plastikler olarak tanımlanmaktadır. Bununla birlikte kişisel bakım ürünleri (örneğin, duş jelleri) gibi ürünlere kasıtlı olarak eklenmiş olan mikrobuncuklar, sürüş sırasında lastiklerin aşınması ile ortaya çıkan partiküller veya yıkama sırasında sentetik tekstillerin aşınması gibi üretim, kullanım veya bakım sırasında ortaya çıkan fiberler gibi de büyük plastik nesnelerin aşınmasından da kaynaklanabilirler (Boucher ve Friot, 2017).

İkincil mikroplastikler ise denizel ortama giren büyük plastik parçaların çeşitli sebepler ile parçalanarak daha küçük plastik parçalara dönüşmesinden kaynaklanan mikroplastiklerdir. Bu mikroplastikler, genellikle yetersiz yönetilen plastik torba, su şişesi gibi çoğunluğu tek kullanımlık olan plastik atıklardan veya kaybolan/terkedilen/atılan balık ağıları gibi denizel kaynaklardan da kaynaklanabilmektedir (Boucher ve Friot, 2017).

Birincil mikroplastiklerin okyanuslara küresel salınım miktarının yılda 1,5 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir. Birincil mikroplastik girdisinin %98'inin karadaki faaliyetlerden kaynaklanmakta olduğu, %2'sinin ise denizel faaliyetlerden kaynaklandığı bildirilmiştir. Bu parçacıkların en büyük kısmının, sentetik tekstil ürünlerinin yıkanmasından ve sürüş sırasında lastiklerin aşınmasından kaynaklandığı bildirilmektedir. Bu tip plastiklerin okyanusa giriş yolları ise; yol akışı (%66), atık su arıtma sistemleri (%25) ve rüzgarlarla taşınım (%7) olarak bildirilmektedir (Boucher ve Friot, 2017).

Mikroplastikler ilk kez Carpenter ve Smith (1972) tarafından Sargasso Denizi'nin su yüzeyinde rapor edilmiştir. Daha sonra Carpenter vd. (1972) mikroplastiklerin balıklar tarafından da tüketildiğini bildirmişlerdir. Bu araştırmalardan sonra bilim adamlarının ilgisini çeken plastik kirliliği, son yıllarda hız kazanarak incelenmeye başlamıştır.

Deniz ortamlarında endüstriyel reçine peletlerinin varlığı 1970'lerde bildirilmiş olsa da (Carpenter vd., 1972; Carpenter ve Simith, 1972), sedimanda diğer mikroplastik türleri hakkında ilk raporların yayınlanması 30 yılı aşkın bir zaman sonra olmuş ve denizel ortam sedimanında μm boyutlu ($<1\text{ mm}$) mikroplastiklerin varlığı Thompson vd. (2004) (İngiltere: alt gel-git, nehir ağzı ve kumlu sedimanlarda) tarafından bildirilmiştir (van Cauwenberghe vd., 2015).

Mikroplastikler hem deniz hem de tatlı su sistemlerindeki varlığı (van Cauwenberghe vd., 2013; Desforjes vd., 2014; Eriksen vd., 2013; Free vd., 2014), ayrıca zooplanktondan omurgasızlara, balıklara, deniz kuşlarına ve deniz memelilerine kadar bir dizi sucul organizma tarafından tüketimi çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Desforjes vd., 2015; Li vd., 2016; Lusher vd., 2013; Carlin vd., 2020; Nelms vd., 2019). Deneysel çalışmalarla mikroplastik tüketimi (Cole vd., 2013) ve besin zincirinde aktarımının bulunduğu (Setälä vd., 2014; Farrell ve Nelson, 2013) rapor edilmiştir. Üretim sırasında plastiklere performansı arttırmak veya görünümü iyileştirmek gibi sebeplerle çeşitli katkı maddelerinin eklenebildiği gibi (Andrady ve Neal, 2009; Napper ve Thompson, 2018) plastiklerin çevredeki kirleticileri de absorbe ettiği ve biriktirdiği bilinmektedir (Teuten vd., 2009).

Ülkemizde de son yıllarda mikroplastik kirliliği üzerine araştırmalar yapılmaya başlanmış ve mikroplastik varlığı tüm denizel ortamda bildirilmiş (Aytan vd., 2016; Güven vd., 2017; Öztekin ve Bat, 2017; Gündoğdu ve Çevik, 2017) ayrıca denizel organizmalar tarafından da tüketildiği rapor edilmiştir (Güven vd., 2017; Gedik ve Eryaşar, 2020; Aytan vd., 2022a,b). Tatlısu sistemlerindeki varlığı hakkında ise araştırma sayısı daha sınırlı kalmıştır (Karaoğlu ve Gül, 2020; Erdoğan, 2020; Tavşanoğlu vd., 2020; Çullu vd., 2021, Özhan Turhan, 2022; Güven, 2022).

Büyük oranda plastik, karasal ortamlardaki katı atık depolama sahalarında depolanmakta ve uygun olmayan atık yönetimi gibi sebepler dolayısıyla ikincil mikroplastiklerin oluşumuna uygun ortamlar oluşturmaktadır. Ayrıca karasal ortamdaki evsel, endüstriyel ve ulaşım gibi aktiviteler sonucu oluşan atıklar su kanalları ve kanalizasyon sistemleri yoluyla nehirler ve kıyı bölgeleri boyunca taşınmaktadır (Nizzetto vd., 2016). Bu nedenle karaya yakın bu alanlarda mikroplastik kirliliğinin araştırılması önemlidir. Mikroplastiklerin sucul ortamlardaki varlığı hakkında yapılan araştırmalar daha çok denizel ortamda ve sahillerdeki mikroplastik varlığı ve denizel canlılar üzerindeki etkileri üzerine yoğunlaşmış olsa da nehir

ve göl sistemleri, geçiş suyu-nehir ağzı sistemlerdeki durum hakkında araştırmalar ile sucul ortamın her bölgesinde mikroplastiklerin varlığı bildirilmiştir (Peng vd., 2017; Zobkov ve Esiukova, 2017; Tavşanoğlu vd., 2020; Bharath vd., 2021; Çullu vd., 2021; Carretero vd., 2021).

Farklı polimer yapılarına sahip olan mikroplastikler $0,9 \text{ g.cm}^{-3}$ (Polipropilen-PP) ile $1,6 \text{ g.cm}^{-3}$ (Polivinilklorür-PVC ve Polioksümetilen-POM) arasında değişen farklı yoğunluklara da sahiptir (Yoğun olarak üretimi gerçekleştirilen plastik reçinelerin yoğunluk bilgileri Tablo 2.1’de verilmiştir). Sucul ortama ilk girdiğinde yüzer özellikte olanlar, organizmalar ve partiküllerin tutunması ya da kirlenme nedeniyle, haftalar ila aylar arası bir zaman zarfında batar hale gelmektedirler (Lobelle ve Cunliffe, 2011; Woodall vd., 2018). Mikroplastiklerin batma davranışlarında tuzluluk, polimer yoğunluğu, biofilm, şekil ve boyutun etkili olduğu çeşitli deneysel çalışmalarla da kanıtlanmıştır (Kowalski vd., 2016; Semcesen ve Wells, 2021). Mikroplastiklerin doğada bulunuşları hakkında yapılan çalışmalarda yoğun miktarda mikroplastığın sedimanda depolandığı çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Classens vd., 2011; Mathalon ve Hill, 2014; van Cauwenberghe vd., 2015; Sanchez-Vidal vd., 2018).

Hem makro- hemde mikroplastiklerin ana kaynakları olan kara kökenli kirleticilerin etkisinde olan karasal ortamlarda yer alan göller ve mikroplastiklerin karasal ortamdan denizel ortama taşınmasında önemli bir rol oynayan nehirlerin mikroplastikler için nihai depolanma noktalarından biri olan sedimanlarında yoğun miktarlarda mikroplastik varlığı çeşitli araştırmacılar rapor edilmiştir (Vianello vd., 2013; Zobkov ve Esiukova, 2017; Peng vd., 2017; Enders vd., 2019). Ülkemizde ise bu tip sistemlerin sedimanlarında gerçekleştirilen mikroplastik araştırmaları oldukça az olmuş ve yakın zamanda Karaoğlu ve Gül (2020) tarafından nehir sedimanında, Özhan Turhan (2021) tarafından baraj rezervuarında bildirilmiş, Aytan vd. (2020) tarafından ise Karadeniz kıyısında gerçekleştirilen mikroplastik araştırmasında nehir ağzı sistemlerde örnekleme istasyonları arasında olmuştur.

Bir akarsu kaynağından döküldüğü yere kadar, birçok farklı toprak türünü ve birden fazla iklim bölgesini kat edebilir (Tanyolaç, 2006). Bu bakımdan da kaynak aldıkları noktadan denize ulaşıncaya dek birçok kaynaktan çok çeşitli atıkları da bünyesinde bulundurabilir. Bu nedenle nehirler mikroplastiklerin karasal ortamda denizel ortama taşınmasında önemli bir rol oynamaktadır (Schmidt vd., 2017). Lagün gölleri ise çevrelerinden, kaynak aldıkları

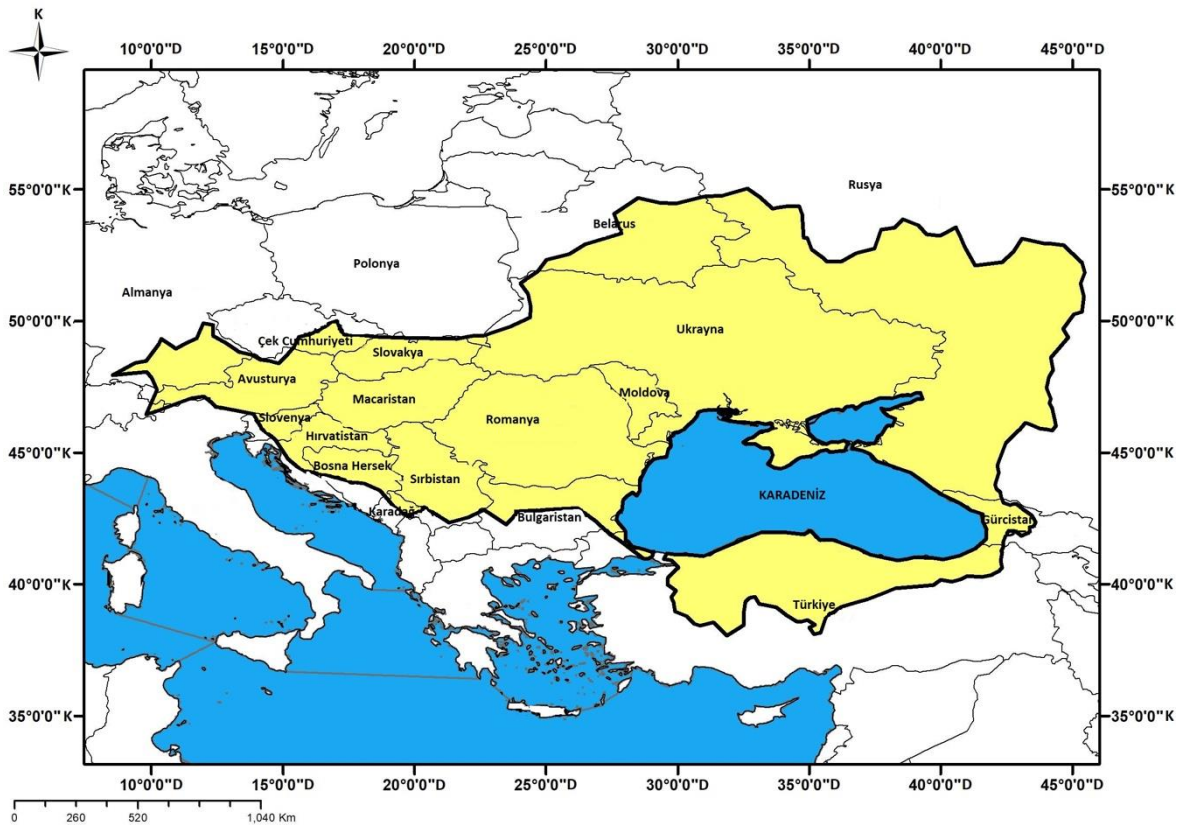
akarsulardan ve göl içerisinde yapılan çeşitli aktivitelerden (balıkçılık, turizm vs.) kaynaklı olarak kirliliğe oldukça açıktır. Genel olarak nehir ya da göllerde tatlı sular daha yoğun olan deniz suyunun üzerinde denize doğru akarken, denizin hızlı suyu da aksi yönde nehir ağzından kanalın dip yapısına bağlı olarak nehrin içine doğru ilerler. Az ve çok yoğun bu iki su kütlesi çeşitli derecelerde karışarak acı su bölgesini oluşturmaktadır (Tanyolaç, 2006) ve denizin de etkisi altındaki bu kısma denizel ortamda da mikroplastik girişi olabilir.

Mikroplastiklerin dağılımında tuzluluğun önemli bir etkiye sahip olduğu bildirilmiş olup (Kowalski vd., 2016), farklı tuzluluk seviyelerinde mikroplastiklerin batma hızları incelenmiş ve tuzluluk düştükçe mikroplastiklerin daha hızlı battığı sonucuna varılmıştır. Buradan yola çıkarak Karadeniz'in diğer denizlerin tuzluluğuna kıyasla daha düşük bir tuzluluk değerine sahip oluşu (%15-18), geçiş noktalarında tatlı su girdisinin etkisiyle daha da düşen bu tuzluluk değeri göz önüne alındığında Karadeniz için sedimandaki mikroplastik miktarının araştırılması önem arz etmektedir.

Kıyı sularına yakın olmaları ancak aynı zamanda tatlı su akıntılarından önemli ölçüde etkilenmeleri nedeniyle geçiş suyu ekosistemleri sucul ekosistemin önemli parçalarından biridir. Bu ekosistemler geniş yelpazede, omurgasızlardan, balıklar ve kuşlara oldukça üretken toplulukları ve karmaşık besin ağlarını desteklerler (Alongi, 2009; Kingsford vd., 2020). Geçiş suyu ekosistemleri, ekolojik ve ekonomik önemlerine rağmen, deniz ortamındaki önemli çöp girdilerinden sorumlu olabilecek insan baskılarından (tarım, atıkların bertaraf edilmesi, kentsel ve endüstriyel atık sular, su ürünleri yetiştiriciliği, balıkçılık ve turistik faaliyetler ve kentsel etkiler) büyük ölçüde etkilenir (Renzi vd., 2020). Bu nedenle ani ve noktasal kirlilik girdisine de açık olduklarından bu bölgelerde bulunan mikroplastik kaynakları oldukça fazla değişkenlik gösterebilir. Bentik ortamların bu kirleticiler için kalıcı depolanma ortamları olduğu ileri sürülmekte (Law vd., 2010; Cozar vd., 2014; van Cauwenberghe vd., 2015) ve mikroplastikler için on yıllardan yüzyıllara kadar sürebileceği öngörülen doğadaki varlıkları göz ardı edilmemelidir. Buradan yola çıkarak geçiş suyu ekosistemlerinin hem tatlı su hem de denizel ortamdan etkilenme durumu, ayrıca geniş yelpazede barındırdığı canlı toplulukları ve ekolojik önemleri de göz önüne alınarak, potansiyel mikroplastik depolama ortamları olan sedimanlardaki mikroplastik miktarları hakkında bilgi sahibi olmak gereklidir.

2.2. Karadeniz’de Mikroplastik Kirliliği

Karadeniz, 40°55’ ve 46°32’ kuzey enlemleri ile 27°27’ ve 41°42’ doğu boylamları arasında bulunan yarı kapalı bir denizdir (Bat vd., 2018). Türkiye, Bulgaristan, Romanya, Ukrayna, Rusya ve Gürcistan ile çevrili olan Karadeniz, dar bir açıklık ile (İstanbul Boğazı: 31 km uzunlukta) Marmara Denizine bağlanmaktadır. Bu nedenle doğal dolaşımı ve kendi kendini temizleyebilme kabiliyeti çok azdır. Yüzey alanı yaklaşık 4 200 000 km², maksimum derinliği 2 212 m ve ortalama derinliği 1 300 m’dir (TÇV, 2003). Toplam hacmi 547 000 km³ olan denizin %87’si oksijence fakir su ile kaplıdır (Zaitsev ve Mamaev, 1997; Bat vd., 2018). Karadeniz havzası su toplama alanı tamamen ve kısmen 23 ülkeyi kapsamakta olup, bu ülkelerden 6’sı direk Karadeniz kıyısında yer alırken 17’si Karadeniz’e dökülen ve Avrupa’nın en büyük nehirleri arasında yer alan nehirler vasıtasıyla Karadeniz ile bağlantılıdır (Borysova vd., 2005; Bat vd., 2018) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Karadeniz Bölgesi (Bat vd., 2018’den düzenlenerek)

Karadeniz’in 1695 km uzunluğundaki Türkiye kıyıları, batıda Bulgaristan ve doğuda Gürcistan ile sınırlıdır (Büyükgüngör vd., 2014). Ülkemiz Artvin, Rize, Trabzon, Giresun, Ordu, Samsun, Sinop, Kastamonu, Bartın, Zonguldak, Düzce, Sakarya, Kocaeli, İstanbul, Tekirdağ ve Kırklareli illerinin Karadeniz’e kıyısı bulunmaktadır. Türkiye’nin Karadeniz

kıyısında, 6 havzadan (Marmara, Sakarya, Batı Karadeniz, Kızılırmak, Yeşilırmak, Doğu Karadeniz) irili ufaklı birçok nehir Karadeniz’e dökülmekte ayrıca bu havzalarda bulunan birçok lagün gölünün deniz ile bağlantısı bulunmaktadır. Tüm Karadeniz bölgesindeki insan aktiviteleri Karadeniz’in kirliliğine katkı sağlamaktadır ve tüm dünyada olduğu gibi Karadeniz bölgesinde de kara kökenli kaynaklar deniz çöpü kirliliğinin başlıca kaynağıdır ve kara kökenli kaynakların en büyük payını ise nehir girdisi oluşturmaktadır (Terzi vd., 2020; Aytan vd., 2020a).

Karadeniz’e kıyısı olan ülkeler Karadeniz’in kirliliğe karşı korunmasına yönelik (deniz çöpü sorununun azaltılması ve yönetimiyle ilgili) birçok protokol ve anlaşma imzalamışlar (Bükreş Sözleşmesi, MARPOL 73/78 vs.), fakat bu soruna yönelik yönetim stratejileri ve düzenlemeler yeterli derecede geliştirilememiştir. Havzada üretilen atıklardan bazıları direkt kıyılardan, bazıları ise nehirler vasıtasıyla (Tuna, Dinyeper, Don, Yeşilırmak, Kızılırmak, Sakarya ve diğer nehirler) Karadeniz’e dökülmektedir (Bat vd., 2018). Tuna Nehrinden Karadeniz’e plastik girdisinin günde 4,2 ton olduğu (Lechner vd., 2014) ve yıllık mikroplastik girdisinin yaklaşık 2 trilyon parçacık ve 500 ton olduğu tahmin edilmektedir (van der Wal vd., 2015). Tüm bunlara ek olarak, Karadeniz’in dinamik akıntı sistemi, atıkların sınır ötesi taşınımına izin vermektedir (Topçu ve Öztürk, 2010).

Karadeniz’e kıyısı olan ülkelerde çeşitli resmi ve özel kuruluşlar tarafından deniz çöpleri ve mikroplastikler üzerine araştırmaları gerçekleştirilmektedir. Karadeniz’de deniz çöpü (Simenova vd., 2017; Terzi vd., 2020; Öztekin vd., 2020) ve mikroplastik (Aytan vd., 2020b; 2021a; Pojar vd., 2021a,b) varlığı birçok araştırmacı tarafından çeşitli denizel ortamlarda rapor edilmiş, ayrıca yüzen çöp ve mikroplastiklerin dağılım/birikim modelleri araştırılmıştır (Stanev ve Ricker, 2019; Miladinova vd., 2020a,b). Karadeniz’deki biyota örneklerinde de plastiklerin varlığı rapor edilmiştir (Şentürk vd., 2020; Tonay vd., 2020; Aytan vd., 2022a,b). Karadeniz’de bahsi geçen kirlilik durumunun oldukça yoğun olarak var olduğu deniz çöpü ve mikroplastikler üzerine yapılan çalışmalardan elde edilen verilerle gözler önüne serilmektedir. Bu nedenle Karadeniz en çok etkilenen bölgelerden biri olarak tanımlanabilir.

Karadeniz’deki mikroplastik kirliliği deniz yüzeyinde (Aytan vd., 2016; Berov ve Klayn, 2020; Mukhanov vd., 2019; Öztekin ve Bat, 2017; Pojar vd, 2021a, Aytan vd., 2020a, Totoiu vd., 2020; Eryaşar vd., 2021), su kolonu (Öztekin ve Bat, 2017; Aytan vd., 2020a; 2021), deniz tabanı (Aytan vd., 2020b; Cincinelli vd., 2021; Pojar vd. , 2021b) ve sahil sedimanında

(Popa vd., 2014; Şener vd., 2019; Terzi vd., 2021) çeşitli araştırmacılar tarafından rapor edilmiş ve bu çalışmalar Tablo 2.4'te kapsamlı olarak verilmiştir.

Karadeniz'in yüzey sularının mikropplastik kirliliğinin incelendiği çalışmalar sayıca sediman ve su kolonu araştırmalarına göre fazladır (Aytan vd., 2016; Berov ve Klayn, 2020; Mukhanov vd., 2019; Öztekin ve Bat, 2017; Pojar vd., 2021a, Ayta vd., 2020a, Totoiu vd., 2020; Terzi vd., 2021; Eryaşar vd., 2021). Su yüzeyindeki mikropplastik konsantrasyonu en düşük Batı Karadeniz'de (Bulgaristan-Berov ve Klayn 2020) $0,62(\pm 0,73)$ parça.m⁻³ ve en yüksek Güneydoğu Karadeniz'de $1,1.10^3 (\pm 0,9.10^3)$ parça.m⁻³ (Türkiye-Aytan vd., 2016) bildirilmiştir. Kilometre karedeki mikropplastik miktarı ise yine en düşük Batı Karadeniz'de (Bulgaristan-Berov ve Klayn 2020) $4,62.10^4 (\pm 5,47.10^4)$ parça.km⁻² ve en yüksek Güneydoğu Karadeniz'de $0,178.10^6-4.10^6$ parça.km⁻² (Türkiye-Aytan vd., 2020a) bildirilmiştir. Karadeniz'in su kolonu örneklerindeki mikropplastik kirliliği Öztekin ve Bat (2017) ve Ayta vd. (2020a) tarafından değerlendirilmiş ve sonuçlar parça.l⁻¹ ve parça.m⁻³ olarak verilmiştir. Su kolonunun mikropplastik konsantrasyonu Güneydoğu Karadeniz'de 20 parça.l⁻¹ (Türkiye-Aytan vd., 2020a) ve $2,04\pm 1,05$ adet.m⁻³ (Ayta vd., 2021), Karadeniz'in Güneyinde $24,48\pm 26,15$ parça.m⁻³ (Türkiye-Öztekin ve Bat, 2017) olarak bildirilmiştir.

Sediman örneklerinin mikropplastik kontaminasyonu, çeşitli araştırmacılar tarafından deniz tabanı sedimanı, kıyıs al bölge ve sahil sedimanında araştırılmıştır (Cincinelli vd., 2021; Ayta vd., 2020a; Pojar vd., 2021b; Popa vd., 2014; Savuca vd., 2017; Şener vd., 2019; Terzi vd., 2021). Karadeniz'in deniz tabanı sedimanındaki mikropplastik konsantrasyonu 106,7 (Karadeniz-Cincinelli vd., 2021) ila 159,2 (Batı Karadeniz- Pojar vd., 2021b) parça.kg⁻¹, 74,1-1778,8 parça.m⁻² ve 0,004-0,192 parça.ml⁻¹ (Güneydoğu Karadeniz-Aytan vd., 2020a), kıyıs al bölge sedimanında 3,6-6,4 mikrofiber.100 g sediman⁻¹ (Batı Karadeniz-Savuca vd., 2017) ve sahil sedimanında 20,7 parça.kg⁻¹ sediman kuru ağırlık (Güneybatı Karadeniz-Şener vd., 2019) ile 64,06 adet.kg⁻¹ (Terzi vd., 2021) olarak bildirilmiştir. Karadeniz Bölgesi'nde nehirlerdeki mikropplastik varlığı ise Karaoğlu ve Gül (2020) tarafından yakın zamanda hem su hem de sedimanda rapor edilmiştir.

Tablo 2.4 Karadeniz’de mikroplastik kirliliği üzerine yapılan çalışmalar

Bölge	Araştırma Matrisi	Örnekleme Şekli	Tespit Yöntemi	Bolluk	Polimer Tipi	Plastik Tipi	Boy Grupları	Renk Bilgileri	Kaynaklar
Batı Karadeniz Romanya	Sahil sediman		Mikroskopik tanımlama	40-218 fiber.sahil ⁻¹	-	-	-	-	Popa vd., 2014
Güneydoğu Karadeniz (Türkiye)	Yüzey suyu	WP2 plankton ağı (200 µm)	Mikroskopik tanımlama	1,1.10 ³ (±0.9.10 ³) adet.m ⁻³	-	Fiber: %49,4 Film: %30,6 Parça: %20	-	-	Aytan vd., 2016
Batı Karadeniz Romanya	Littoral bölge sedimanı	Toplu örnekleme	Mikroskopik tanımlama	3,6-6,4 mikrofiber.100 g sediman ⁻¹	-	Fiber	-	-	Savuca vd., 2017
Güney Karadeniz Türkiye	Yüzey suyu	Manta ağı (300 µm)	Mikroskopik tanımlama	2,667±2,325 adet.m ⁻³	-	Boya: %51,6 Fiber: %29,9 Parça: %10,2 Naylon: %3,5 Polistren: %1,3 Diğerleri: %3,4	-	Beyaz: %40,0 Mavi: %14,4 Kırmızı: %12,7 Siyah: %10,7 Gri: %8,5 Yeşil: %6,5 Şeffaf: %3,9 Sarı, Mor: %3,2	Öztekin ve Bat., 2017
	Su kolonu	Plankton ağı (300 µm)		24,48±26,15 adet.m ⁻³	-	Boya: %55,1 Fiber: %30,2 Parça: %9,3 Naylon: %2,4 Diğerleri: %3	-	Beyaz: %37,8 Gri: %20,1 Mavi: %15,9 Şeffaf: %11,5 Kırmızı: %5,8 Yeşil: %5,6 Siyah, Sarı, Kahverengi: %2,2	
Kuzey Karadeniz Sevastopol	Yüzey suyu	Manta ağı (300 µm)	Mikroskopik tanımlama ve tarama	0,6-7 adet.m ⁻³ 6-750 µg.m ⁻³					Mukhanov vd., 2019
Güney Batı Karadeniz Türkiye	Sahil sedimanı	Toplu örnekleme (1-5 mm)		20,7 adet.kg ⁻¹ d.w.					Şener vd., 2019
Batı Karadeniz (Bulgaristan)	Yüzey suyu	Manta ağı (300 µm)	Mikroskopik tanımlama	4,62.10 ⁴ (±5,47.10 ⁴) adet.km ⁻² 0,62(±0,73) adet.m ⁻³	-	Parça, Fiber/filament, film, köpük, granül ve pelet	-	-	Berov ve Klayn, 2020
Karadeniz Romanya Bulgaristan Türkiye	Yüzey suyu	Nöston ağı (200 µm)	Mikroskopik tanımlama (1-5 mm)	Romanya: 6,35-78,9 adet.m ⁻³ Bulgaristan: 2,75-99,45 adet.m ⁻³ Türkiye: 2,85-45,58 parça.m ⁻³					Totoiu vd., 2020

Tablo 2.4'ün devamı

Bölge	Araştırma Matrisi	Örnekleme Şekli	Tespit Yöntemi	Bolluk	Polimer Tipi	Plastik Tipi	Boy Grupları	Renk Bilgileri	Kaynaklar
Güney Doğu Karadeniz Türkiye	Yüzey suyu	Manta ağı (333 µm)	Mikroskobik tanımlama	1,783-40,03 adet.m ⁻³ 0,178.10 ⁶ -4.10 ⁶ adet.km ⁻²	PE: %44 PP: %22,6 PAC: %14,3 PET: %8,3 PS: %4,8 PS/PAC: %3,6 SBR: %1,2 PA: %1,2	Parça: %49 Film: %31,3 Fiber: %17,7 Köpük: %1,9 Boncuk: %0,1	Parça: 1,540±1,065 mm Film: 1,984±1,022 mm Fiber: 2,076±1,205 mm Köpük: 2,302±1,225 mm Boncuk: 0,670±0,245 mm	Beyaz: %34,3 Şeffaf: %28,9 Mavi: %11,8	Aytan vd., 2020b
	Su Kolonu	Niskin şişesi	FT-IR ve SEM/EDS	20 adet.L ⁻¹		Fiber: %42,8 Parça: %35,5 Film: %21,5 Köpük: %0,2 Boncuk: %0,05			
	Sediman	Box core		74,1-1778,8 adet.m ⁻² 0,004-0,192 adet.ml ⁻¹	PE:57.1% PP:28.6% PA:14.3%	Fiber: %66,4 Parça: %19,9 Film: %13,3 Boncuk: %0,4	Fiber: 1,253±0,954 mm Parça: 1,035±0,429 mm Film: 1,358±0,892 mm Boncuk: 0,079 mm	Mavi: %40,7 Kırmızı: %23,5 Şeffaf: %15,9	
Batı Karadeniz Romanya	Yüzey suyu	Nöston ağı (200 µm)	Mikroskobik tanımlama Pyrolysis GC-MS	7 adet.m ⁻³	PP: %75,8 PAN: %12,1 PS: %9,1 PA: %6,3	Fiber: %74,6 Fiber kümeleri: %1,5 Folyolar: %12,7 Parça: %11,1 Küreler: %0,1		Siyah: %46,6 Beyaz: %24,6 Mavi: %16 Yeşil: %6 Kırmızı: %4 Sarı: %3	Pojar vd., 2021a
Karadeniz	Sediman	Van Veen grab-Box core	2D fotoğraflama FTIR	106,7 adet.kg ⁻¹	PE/PP: %44,5 PA: %32,0 Akrilatlar ve PE-akrilat kopolimerler: %13 Selüloz: %3,9 PVC: %4,7 Tanımlanamayan polimerler: %1,6	Fiber dominant		Siyah: %47,7 Mavi: %28,1 Açık mavi: %4,7 Kırmızı: %7 Menekşe: %3,1 Yeşil: %3,9 Şeffaf: %5,5	Cincinelli vd., 2021
Batı Karadeniz Kıyı ve Tuna Nehri	Sediman	Van Veen grab ve manuel grab	Mikroskobik tanımlama GC-MS	159,2±138,4 adet.kg ⁻¹	PET: %31 PP: %26 PS: %18 PAN: %13 PMMA: %4 PTFE: %4 ER: %4	Tuna Deltası: Fiber: >%90 Parça ve kümeler: ~%3 Karadeniz kıyısı: Flake: %80			Pojar vd., 2021b

Tablo 2.4'ün devamı

Bölge	Araştırma Matrisi	Örnekleme Şekli	Tespit Yöntemi	Bolluk	Polimer Tipi	Plastik Tipi	Boy Grupları	Renk Bilgileri	Kaynaklar
Karadeniz (Romanya, Bulgaristan) ve Hazar Denizi (Kazakistan)	Sediman	Van Veen grab	Mikroskobik tanımlama	1599 adet.kg ⁻¹ (Karadeniz) 862 adet.kg ⁻¹ (Hazar Denizi)	-	Fiber: ~%95 Parça ve Film: ~%5	-	Şeffaf/Beyaz: %79,91 Kırmızı: %5,89 Siyah: %4,76 Mavi: %4,68 Sarı: %4,22 Yeşil: %0,53 Diğerleri: %0,01	D'Hont vd., 2021
Güneydoğu Karadeniz Türkiye	Su kolonu	WP2	Mikroskobik tanımlama FTIR	2,04 ± 1,05 (0,63-7,62) adet.m ⁻³	Sentetik Polimerler: %51,2 (PET: %20,9 PA: %10,5 PP: %7 PAN/akrilik: %7 PE: %5,8 Doğal Polimerler: %47,7	Fiber: %64-71 Film: %31-38 Parça: %4-5	<0,2 mm: %4 0,2-0,5 mm: %11 0-5 mm: %23 1-2 mm: %33 2-5 mm: %30	Mavi: %77,4 Kırmızı: %14,4 Şeffaf: %1,7 Yeşil: %1,6	Aytan vd., 2022a
Güney Karadeniz Türkiye	Sahil sedimanı	Kuadrat	Mikroskobik tanımlama FTIR	64,06±8,95 adet.kg ⁻¹	SAC: %40,53 PET: %38,75 PE: %6,91 PS: %5,81	Parça: %46,75 Fiber: %41,23 Film: %10,06 Pellet: %1,95	0,15-4,99 mm 1,60±0,06 mm	-	Terzi vd., 2021
	Yüzey suyu	Plankton ağı (25 µm)		18,68±3,01 adet.m ⁻³	PET: %57,26 PE: %13,52 PP: %11,24	Fiber: %55,27 Parça: %4,8 Film: %9,73 Pellet: %0,2	0,23-4,98 mm 2,07±0,04 mm	-	
Güneydoğu Karadeniz Türkiye	Yüzey suyu	Manta ağı (300 µm)	Mikroskobik tanımlama FTIR	0,181-0,944 adet.m ⁻³	PE: %44,9 PET: %25,3 PS: %8,72 PA: %6,38 PP: %5,8 PVC: %5,2 (NBR, PBP, PAN, ABS, DBP, HFFR, PVA)	Parça: %56,3 Fiber: %19,8 Film: %13,6 Köpük: %9,58 Pellet: %0,76	0-0,5mm: %7 0,5-1 mm: %17 1-1,5 mm: %15 1,5-2 mm: %11 2-2,5 mm: %9 2,5-3 mm: %7 3-3,5 mm: %8 3,5-4 mm: %7 4-4,5 mm: %7 4,5-5 mm: %12	-	Eryaşar vd., 2021
Güney Doğu Karadeniz Türkiye	Nehir	Su	Mikroskobik tanımlama FTIR	5-13 adet.L ⁻¹	Naylon, PET	Parça: %73,08 Fiber: %23,08 Granül: %3,85		Şeffaf: %35,71 Beyaz: %32,14 Siyah: %14,29	Karaoğlu ve Gül, 2020
		Sediman		64,17-472,1 adet. kg ⁻¹	PP, PE	Fiber: %42,03 Granül: %36,23 Parça: %21,74		Beyaz: %48,33 Şeffaf: %16,67 Mavi: %6,67	

Deniz çöprü ve mikroplastik kirliliği deniz yaşamı için potansiyel olarak risk oluşturmaktadır, birçok sucul organizmanın sindirim kanalında plastiğe rastlanmaktadır (Thiel vd., 2018). Karadeniz’de yaşayan denizel organizmalarda mikroplastik varlığı çeşitli araştırmacılar tarafından yakın zamanda rapor edilmiştir (Tablo 2.5). Mikroplastiklerin zooplankton tarafından [Aytan vd., 2020c, 2022a tarafından *Acartia (Acartiura) clausi* ve *Calanus euxinus* türlerinde], bivalve [Şentürk vd. (2020) tarafından *Donax trunculus*, *Chamelea gallina*, *Abra alba*, *Anadara inaequalis* ve *Pitar rudis* türlerinde; Gedik ve Eryaşar (2020), tarafından *Mytilus galloprovincialis* türünde: bu yazarların verileri sadece Karadeniz değil, aynı zamanda Ege Denizi ve Marmara Denizini de kapsamaktadır], ticari balık türlerinde [*Engraulis encrasicolus* türünde Aytaç vd. (2020b) tarafından, *Engraulis encrasicolus*, *Trachurus mediterraneus*, *Sarda sarda*, *Belone belone*, *Pomatomus saltatrix*, *Merlangius merlangus*, *Mullus barbatus barbatus* türlerinde Aytaç vd. (2022b) tarafından], deniz memelileri [yakın zamanda tüketim raporları Tonay vd. (2020) tarafından derlenmiştir] tarafından tüketildiği bildirilmektedir. Mikroplastiklerin tüketimiyle, üretim sırasında plastiğe eklenen bileşiklerin yanı sıra plastiğe doğadan adsorbe olan bileşiklerin potansiyel tehlikesi önemli bir risk oluşturmakta ve bu da mikroplastik tüketiminden kaynaklı olarak toksisite tehlikesini ortaya çıkarmaktadır.

Tablo 2.5 Karadeniz’de yaşayan sucul organizmalardaki mikroplastik miktarı

Tür	Bolluk	Boy grupları	Plastik tipi	Renk	Kaynak
<i>Donax trunculus</i> ,	1,69 parça.birey ⁻¹	Film: 1,44±0,88 mm Fiber: 1,42±0,93 mm Parça: 0,40±0,21 mm	Fiber: %66 Film: %25 Parça: %9	Mavi: %43 Siyah: %32 Yeşil: %7 Turuncu: %7 Kırmızı: %4 Şeffaf: %4 Beyaz: %1 Sarı: %1 Pembe: %1	Şentürk vd., 2020
<i>Chamelea gallina</i>	2,07 parça.birey ⁻¹				
<i>Abra alba</i>	4 parça.birey ⁻¹				
<i>Anadara inaequalis</i>	4 parça.birey ⁻¹				
<i>Pitar rudis</i>	0 parça.birey ⁻¹				
<i>Acartia (Acartiura) clausi</i>	0,002 parça.birey ⁻¹	Parça: 0,104-0,153 mm 0,121±0,128mm Film: 0,021-0,051 mm 0,038± 0,015mm	Parça: %50 Film: %50	Kırmızı Siyah	Aytan vd., 2020c
<i>Calanus euxinus</i>	0,004 parça.birey ⁻¹	Parça 0,033-0,163 mm 0,066±0,043mm	Parça: %100	Kırmızı Siyah Mavi	
<i>Engraulis encrasicolus</i>	0,25 parça.balık ⁻¹	0,07-4,94 mm	Fiber: %53 Film: %37 Parça: %10	Siyah: %16 Mavi: %13 Şeffaf: %13 Kırmızı: %10	Aytan vd., 2020c
<i>Acartia (Acartiura) clausi</i>	0,008±0,006 parça.birey ⁻¹	62±56 µm	Parça Film Fiber	Siyah Mavi	Aytan vd., 2022a
<i>Calanus euxinus</i>	0,024±0,02 parça.birey ⁻¹	100±153 µm	Parça Film	Kırmızı Siyah Mavi	
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	0,69 parça.midye ⁻¹ 0,23 parça.g ⁻¹ (yaş ağırlık)	<0,5 mm: %26,58 0,5-1 mm: %17,12 1-1,5 mm: %16,22 1,5-2 mm: %9,01 4-4,5 mm: %8,11 2-2,5 mm: %5,86 3-3,5 mm: %4,50 2,5-3 mm: %4,05 3,5-4 mm: %2,70 4,5-5 mm: %5,86	Parça: %67,6 Fiber: %8,4 Film: %4,05		Gedik ve Eryaşar, 2020
<i>Engraulis encrasicolus</i>	0,70 parça.birey ⁻¹	<0,2 mm: %6,2 0,2-1 mm: %41 1-2 mm: %31,6 2-5 mm: %14,4 >5 mm: %6,8	Fiber: %68,5 Film: %19 Parça: %11,9 Köpük: %0,3 Boncuk: %0,3	Siyah: %39,3 Mavi: %19,5 Şeffaf: %18,1 Kırmızı: %9,2 Turuncu: %4,6 Yeşil: %3,4 Beyaz: %2,9 Sarı: %1,1 Pembe: %0,9 Gri: %0,9 Mor: %0,3	Aytan vd., 2022b
<i>Trachurus mediterraneus</i>	0,13 parça.birey ⁻¹				
<i>Sarda sarda</i>	4,00 parça.birey ⁻¹				
<i>Belone belone</i>	0,20 parça.birey ⁻¹				
<i>Pomatomus saltatrix</i>	0,12 parça.birey ⁻¹				
<i>Merlangius merlangus</i>	1,12 parça.birey ⁻¹				
<i>Mullus barbatus barbatus</i>	0,38 parça.birey ⁻¹				

Karadeniz bölgesindeki sediman çalışmaları daha çok denizel ortamda, deniz tabanı sedimanı ve sahil sedimanı üzerinde yoğunlaşmış, tatlı su sistemlerinin sedimanındaki mikroplastik varlığı ise yakın zamanda Karaoğlu ve Gül (2020) tarafından rapor edilmiştir. Genel olarak bölgede yapılan araştırmaların sonuçları hem denizel hem de tatlı su sistemlerinden alınan sediman örnekleri bahsi geçen tüm alanlarında mikroplastik ile kirlendiğini göstermektedir. Tüm bu nedenler göz önüne alındığında özellikle ülkemizin Karadeniz kıyılarının geçiş suyu sistemlerinde şimdiye kadar mevcut durumu ortaya koyan bir araştırma olmaması tez çalışmasının önemini göstermektedir.

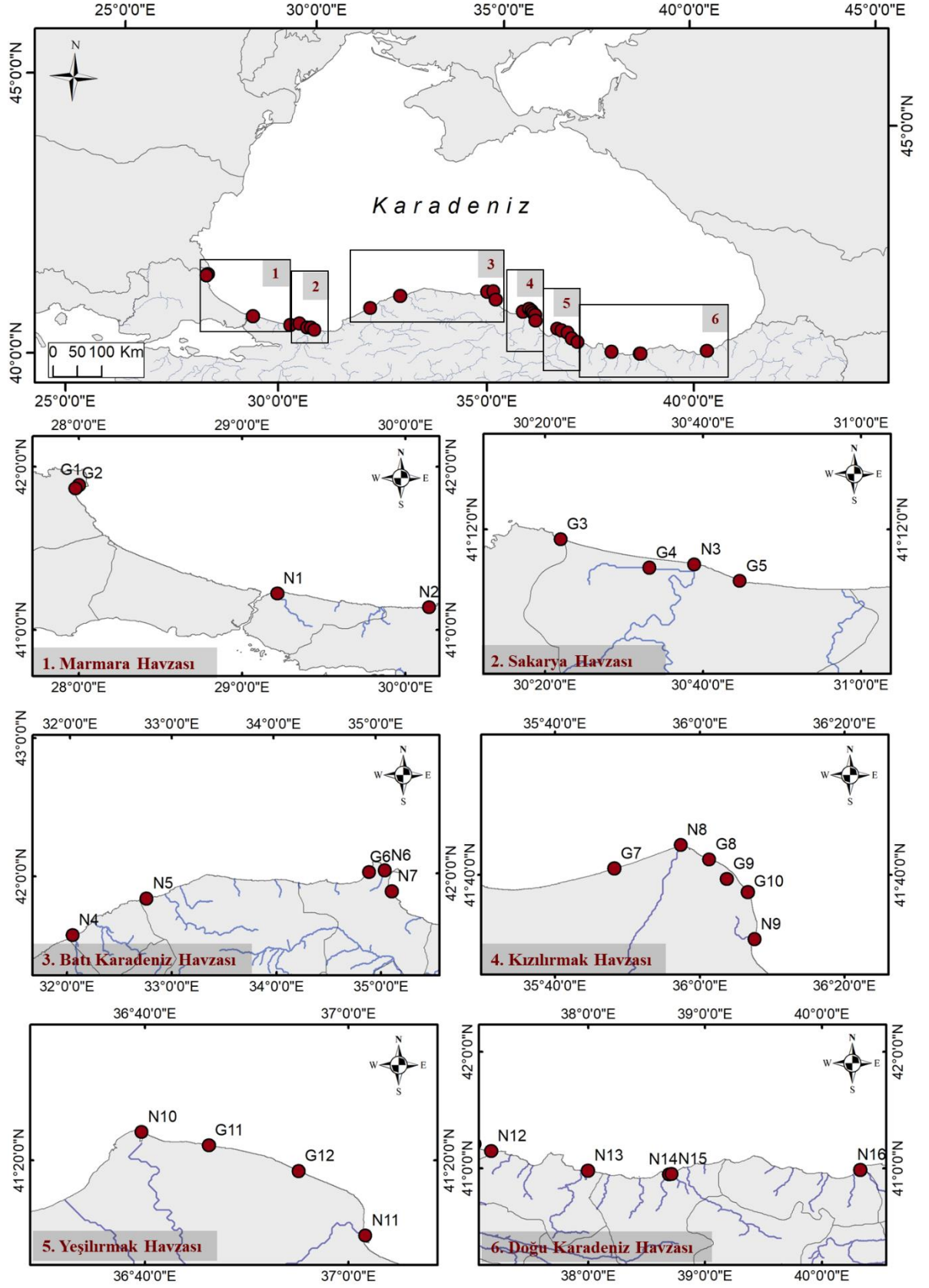
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Araştırma Bölgesi Hakkında Bilgiler

Örneklemler, Karadeniz kıyısında bulunan 6 farklı havzada yer alan (Marmara, Sakarya, Batı Karadeniz, Kızılırmak, Yeşilirmak ve Doğu Karadeniz) kıyı sularına coğrafi olarak yakın ve bu nedenle kısmen tuzlu karakterde olan ancak büyük ölçüde tatlı su akıntılarından etkilenen geçiş suyu özelliğinde 12 gölün ve 16 nehirin geçiş suyu özelliğindeki kısımlarından olmak üzere toplam 28 farklı istasyonda gerçekleştirilmiştir. Göl su kütlesi özelliğindeki istasyonlar sırasıyla İğneada, Mert, Acarlar, Kamış, Küçükboğaz, Sarıkum, Liman, Karaboğaz, Cernek, Uzun, Dumanlı ve Simenit'tir. Nehir su kütlesi özelliğindeki istasyonlar ise Riva, Sarısu, Sakarya, Filyos, Karasu, Kabala, Kapısuyu, Kızılırmak, Engiz, Terme, Yeşilirmak, Akçay, İyidere, Turnasuyu, Gelivera ve Yağlıdere'dir (Şekil 3.1 ve Tablo 3.1).

Tablo 3.1 Araştırma istasyonları

İstasyon Kodu	İstasyon Adı	Su Tipi	Bulunduğu Havza	Koordinat
G.1	İğneada	Göl	Marmara Havzası	41° 53' 22''K / 27° 59' 59''D
G.2	Mert	Göl	Marmara Havzası	41° 52' 04''K / 27° 58' 45''D
G.3	Kamış	Göl	Sakarya Havzası	41° 10' 41''K / 30° 21' 58''D
G.4	Acarlar	Göl	Sakarya Havzası	41° 07' 06''K / 30° 33' 15''D
G.5	Küçükboğaz	Göl	Sakarya Havzası	41° 05' 25''K / 30° 44' 40''D
G.6	Sarıkum	Göl	Batı Karadeniz Havzası	42° 01' 19''K / 34° 54' 30''D
G.7	Karaboğaz	Göl	Kızılırmak Havzası	41° 40' 50''K / 35° 48' 11''D
G.8	Liman	Göl	Kızılırmak Havzası	41° 42' 6''K / 36° 01' 16''D
G.9	Cernek	Göl	Kızılırmak Havzası	41° 39' 24''K / 36° 03' 43''D
G.10	Uzun	Göl	Kızılırmak Havzası	41° 37' 35''K / 36° 06' 35''D
G.11	Dumanlı	Göl	Yeşilirmak Havzası	41° 21' 29''K / 36° 46' 14''D
G.12	Simenit	Göl	Yeşilirmak Havzası	41° 18' 57''K / 36° 55' 04''D
N.1	Riva	Nehir	Marmara Havzası	41° 13' 24''K / 29° 12' 53''D
N.2	Sarısu	Nehir	Marmara Havzası	41° 8' 19''K / 30° 8' 46''D
N.3	Sakarya	Nehir	Sakarya Havzası	41° 07' 30''K / 30° 38' 53''D
N.4	Filyos	Nehir	Batı Karadeniz Havzası	41° 34' 44''K / 32° 02' 54''D
N.5	Kapısuyu	Nehir	Batı Karadeniz Havzası	41° 50' 51''K / 32° 45' 24''D
N.6	Karasu	Nehir	Batı Karadeniz Havzası	42° 01' 58''K / 35° 03' 31''D
N.7	Kabala	Nehir	Batı Karadeniz Havzası	41° 52' 52''K / 35° 7' 12''D
N.8	Kızılırmak	Nehir	Kızılırmak Havzası	41° 44' 06''K / 35° 57' 21''D
N.9	Engiz	Nehir	Kızılırmak Havzası	41° 31' 05''K / 36° 07' 33''D
N.10	Yeşilirmak	Nehir	Yeşilirmak Havzası	41° 22' 47''K / 36° 39' 37''D
N.11	Terme	Nehir	Yeşilirmak Havzası	41° 12' 36''K / 37° 01' 37''D
N.12	Akçay	Nehir	Doğu Karadeniz Havzası	41° 08' 49''K / 37° 10' 07''D
N.13	Turnasuyu	Nehir	Doğu Karadeniz Havzası	40° 58' 48''K / 37° 59' 57''D
N.14	Yağlıdere	Nehir	Doğu Karadeniz Havzası	40° 56' 50''K / 38° 41' 28''D
N.15	Gelivera	Nehir	Doğu Karadeniz Havzası	40° 57' 02''K / 38° 42' 50''D
N.16	İyidere	Nehir	Doğu Karadeniz Havzası	40° 59' 14''K / 40° 19' 48''D



Şekil 3.1 Araştırma sahası ve istasyonlar

Ülkemizdeki kıyı ve geçiş suyu kütleleri Deniz ve Kıyı Suları Kalite Durumlarının Değerlendirilmesi ve Sınıflandırılması (DeKoS) projesi kapsamında belirlenmiştir ve bahsi geçen proje, tüm Türkiye denizlerini kapsamaktadır. Araştırmanın gerçekleştirildiği istasyonlar ise DeKoS projesi ile belirlenen geçiş suyu kütlelerinden, Türkiye Referans İzleme Ağının Oluşturması Projesi kapsamında Karadeniz’de yer alan istasyonlar arasından seçilmiştir.

Marmara Havzası: Havza İstanbul, Tekirdağ, İzmit, Bursa ve Çanakkale illerini kapsamakta olup, havzada büyük akarsular yoktur (TÇV, 2003). Havzanın Karadeniz kıyısında yer alan geçiş suyu niteliğindeki gölleri ve Karadeniz’e dökülen nehirlerinden;

İğneada Longozu-Kırklareli (G.1): Karadeniz sahil şeridinde yer alan Milli park alanı, 13.11.2007 tarihli Resmî Gazete ile ülkemizin 39. Milli Parkı olarak ilan edilmiştir. Yıldız (Istranca) Dağlarından Karadeniz sahillerine akan derelerin taşıdığı alüvyonların birikmesi ve mevsimsel olarak sular altında kalması sonucunda milli parktaki lagün gölleri, sazlık alanlar, longoz ormanları ve kıyı kumulları oluşmuştur (Anonim, 2021). Longoz ile kumullar arasında deniz ile olan bağlantı zaman zaman açılmakta olup, İğneada Longozu etrafındaki bölge, yerleşim yerleri ve kanalizasyon sistemi, tarımsal ve endüstriyel atıklar, turizm ve yasadışı avlanma gibi sorunlarla karşı karşıyadır (Yılmaz vd., 2013)

Mert Gölü-Kırklareli (G.2): Koca göl olarak da bilinen bu lagün gölünün yüzölçümü 222 hektar, en derin yeri 1,5 m’dir. Karadeniz’den bir kum seddesi ile ayrılmış olan lagün gölü suların yükselmesi ile zaman zaman denizle birleşmektedir. Göl, kuzeybatısında yer alan Derin Geçit Deresi ile beslenip, fazla suyunu da doğrudan denizle birleşerek Karadeniz’e akıtmaktadır (İÇDR, 2018a).

Riva Nehri-İstanbul (N.1): Marmara Bölgesi’nin kuzeyinde, Kocaeli ilinden kaynak olarak İstanbul ili sınırları içine girip, Pendik ve Çekmeköy ilçelerinden geçerek Beykoz ilçesinden Karadeniz’e dökülür. Toplam uzunluğu 100 km İstanbul il sınırları içerisinde kalan kısmın uzunluğu 25 km’dir akarsuyun ortalama debisi $0,63 \text{ m}^3 \cdot \text{sn}^{-1}$ ’dir. Akarsu üzerinde yer alan Ömerli Baraj Gölü İstanbul’un su ihtiyacını karşılayan önemli kaynaklardan biridir (Garipağaoğlu vd., 2015; İÇDR, 2018b).

Nehrin havzasındaki kirletici faktörler arasında yerleşim, sanayi tesisleri ve tarımsal faaliyetler gelmektedir (Garipağaoğlu vd., 2015). Durgun bir suya sahip olan nehirde

tekne kullanımının olduğu ve yerel çapta balıkçılık etkinlikleri yürütülmektedir. Havzada yer alan Paşaköy İleri Biyolojik Atık su Arıtma Tesisi Kartal, Ümraniye, Sultanbeyli ile Pendik Bölgeleri'nin atık sularını ileri derecede arıttıktan sonra Riva Nehrine deşarj etmektedir (Anonim, 2019a). Su kirliliğinin önlenmesi amacıyla alıcı ortamlarda Riva Paşaköy Arıtma tesisi, deniz deşarjı ve depolama alanları yapılması gibi tedbirleri alındığı bildirilmektedir (İÇDR, 2018b).

Sarısü Nehri-Kocaeli (N.2): Nehir Marmara Bölgesi'nin, Çatalca-Kocaeli Bölümü'nde, Kocaeli'nin kuzeyinde yer almaktadır. Nehrin havzası 368 km²'lik alanı kaplamakta, kuzeyinde Karadeniz, güneyinde İzmit ve batısında Kandıra, doğusunda ise Sakarya yer almaktadır (Toprak, 2017).

Sakarya Havzası: Havzanın Karadeniz'e dökülen ana akarsuyu Sakarya Nehri, Afyonkarahisar'ın kuzeyinden doğar ve Sakarya'nın Karasu ilçesinden Karadeniz'e dökülür. Havza alanı içerisinde Ankara, Eskişehir, Kütahya, Bilecik ve Adapazarı yer almaktadır (TÇV, 2003). Havzanın Karadeniz kıyısında yer alan geçiş suyu niteliğindeki gölleri ve Karadeniz'e dökülen nehirlerinden;

Kamış Gölü- Sakarya (G.3): Kamış Gölü, Sakarya'nın Kaynarca ilçesi Karaboğaz sahilinde yer alan, akarsu görünümünde bir lagün gölüdür, suların yükselmesi ile zaman zaman denizle birleşmektedir. Kaynarca İlçesinin kuzey doğu kesiminde 2 m yükseklikte yer almaktadır. Ortalama 1 m, maksimum 2 m derinliğe sahip ötrofik bir göldür (Altınsaçlı vd., 2014).

Acarlar Longozu-Sakarya (G.4): Acarlar Gölü Longoz Ormanı, Sakarya Nehri Havzası'nda Karasu ile Kaynarca ilçelerinde bulunmaktadır. İçi ormanla kaplı olan göl, Karadeniz'e paralel, denize 2 km mesafede, 12 km uzunluğunda ve 1-1,5 km genişliğinde bir sulak alandır. Sulak alanın deşarjı Sakarya Nehri'ne, oradan da Karadeniz'e boşalmaktadır (Sulak Alan Yönetim Planı, 2013). Longoz çevresinde yaşanan çevre sorunları arasında tarımsal kirlilik, havza içinde yer alan köylerin evsel atık suları (Gönençgil, 2008), ayrıca turizm kaynaklı insan baskısı da yer almaktadır.

Küçükboğaz Gölü-Sakarya (G.5): Karasu ilçesinin doğu kesiminde Karadeniz kıyısında yer alan küçük bir lagün gölüdür. Ortalama 2, maksimum 3 m derinliğe sahip olan mezotrofik yapıdaki göl birkaç küçük dere (Karakaş, Beydağ, Sığırdam, Koçun, Arabacı ve Yetmişbirin Dereleri) ve yağmur suları ile beslenmektedir

(Altınsaçlı vd., 2013). Gölün çevre sorunlarına neden olabilecek faaliyetler arasında turizm ve Karasu ilçesinin çöp vahşi depolama alanından karışan atıklar bulunmaktadır.

Sakarya Nehri-Sakarya (N.3): Sakarya Nehri, Eskişehir'in Çifteler ilçesi yakınlarından doğar, Porsuk, Ankara, Mudurnu Çayını ve Çark Suyu ile birleşip Sakarya-Karasu'dan Karadeniz'e dökülür. Sakarya Nehri, Kızılırmak ve Fırat nehirlerinden sonra Türkiye'nin üçüncü en uzun, Kuzeybatı Anadolu'nun ise en büyük akarsuyu olup toplam uzunluğu 824 km'dir (Anonim, 2019b; İÇDR, 2018c). Sakarya Nehri'nin çevre sorunları, Sakarya İli Çevre Durum Raporunda (İÇDR, 2018c), Sakarya ilindeki atık su arıtma tesislerinin birçoğundan deşarj edilen atık suların gerek direkt olarak gerekse dolaylı yollarla Sakarya Nehri'ne ulaştığından ve yine bahsi geçen raporda yer alan il sınırlarında bulunan yerüstü sularının muhtemel kirlenme nedenleri olarak: Evsel atık sular, Evsel katı atıklar, Sanayi kaynaklı atık sular, Zirai İlaç ve Gübre Kullanımı, Hayvan Yetiştiriciliği, Madencilik Faaliyetleri belirtilmiştir.

Batı Karadeniz Havzası: Havza alanı içerisinde Düzce, Zonguldak, Bolu, Karabük, Bartın, Kastamonu, Çorum ve Sinop illeri yer almaktadır. Havzanın Karadeniz kıyısında yer alan geçiş suyu niteliğindeki gölleri ve Karadeniz'e dökülen nehirlerinden;

Filyos Çayı- Zonguldak (N.4): Ilgaz ve Köroğlu Dağları'ndan beslenerek, birçok kolun birleşmesiyle oluşan Filyos Nehri, Batı Karadeniz'in önemli akarsularındandır (Karaçelebi ve Elibüyük, 2015). Batı Karadeniz Havzasının en büyük akarsuyu olan nehrin havzası Bolu, Kastamonu, Karabük ve Bartın illerinin sınırları içerisinde geçmektedir (Özdemir ve Güngör, 2019). Toplam uzunluğu 350 km olan nehrin debisi 101,439 m³/sn'dir (İÇDR, 2018d). Filyos Nehri üzerinde kurulacak "Filyos Vadisi Projesi" ile geniş çaplı (serbest bölge, endüstri bölgesi, termik santral, baraj ve taşkın koruma yapıları gibi) bir kalkınma projesi yürütülmektedir (Karaçelebi ve Elibüyük, 2015). Ayrıca bölge hakkında Filyos Vadisi Projesi kapsamında yapılan Filyos Limanı nedeniyle bölgenin geri dönüşü olmayacak bir şekilde zarar göreceği ve en önemli etkilerinin deniz ve kıyı ekolojisi üzerinde olacağı hakkında haberlere rastlanmaktadır.

Kapısuyu Deresi- Bartın (N.5): Nehir havzası Bartın ve Kastamonu illerinin sınırını oluşturmaktadır, havzada kentsel yerleşim bulunmamakla birlikte orman köyleri

bulunmaktadır (Görmüş vd., 2017). Kapısuyu Nehri üzerinde bir adet Hidroelektrik santrali (HES) bulunmakta (Anonim, 2019c) ve lokal yağmurlar ve HES yüzünden renk değiştirdiği öne sürüldüğü haberlerine rastlanmaktadır.

Sarıkum Gölü- Sinop (G.6): Sarıkum bir lagün gölü olup, Sinop Yarımadası'nın batı sahilinde bulunmaktadır. Sarıkum rüzgâr etkisinin fazla olduğu bir bölgedir. Sarıkum Gölü, 25-30 metre uzunluğunda bir boğazla denize bağlanmaktadır. Suların fazla olduğu kış aylarında plajın üzerinden geçerek denize ulaşan göl suları, yaz aylarında ise bu bağlantıyı kumların altından sağlamaktadır (TÇV, 1989). Sarıkum, Karadeniz'deki koruma altında bulunan sayılı sulak alanlardan biridir. Sarıkum Gölü, çevresinde deniz, kıyı, orman, göl ve sulak alan olması nedeniyle önemli bir ekosistem olarak 1987 yılında Tabiatı Koruma Alanı, Lagünün çevresi ise 1991 yılında Doğal Sit Alanı ilan edilmiş ve bölgede her türlü avcılık yasaklanmıştır (Öztekin, 2016). Lagün ve çevresi, hem komşu ülkelerden deniz akıntılarıyla gelen hem de göl çevresinde yapılan tarım, aşırı ve bilinçsiz avcılık faaliyetleri gibi faaliyetlerden dolayı ciddi bir katı atık birikimine maruz kalmaktadır (Öztekin, 2016).

Karasu Çayı-Sinop (N.6): Sinop il sınırları içerisinde kalan ve Küre dağlarındaki, Gündüzlü ormanlarından doğan Karasu çayı güney-kuzey doğrultusunda akar. Sinop ilinin 8 km kadar batısında Aklıman Mevkii'nden Karadeniz'e dökülür (Anonim, 1981; Ertorun ve Tanatmış, 2004'ten alınmıştır) Karasu çayının yaklaşık uzunluğu 71 km ortalama debisi $4,28 \text{ m}^3 \cdot \text{sn}^{-1}$ 'dir (İÇDR, 2017). İçme suyu ve tarımsal sulama amacıyla kullanılan Karasu Çayı bölgede bulunan diğer akarsuların aksine yaz mevsiminde kurumaz ve yoğun yağışlı dönemlerde zaman zaman taşkınlara sebep olur.

Kırkgeçit/Kabalı Çayı-Sinop (N.7): Gerze ilçesinde bulunan nehrin uzunluğu 46 km'dir, düzensiz bir su rejimine sahiptir ve yağışlara bağlı olarak kışın bol yaz mevsiminde ise çok az miktarda su taşımaktadır (İÇDR, 2017).

Kızılırmak Havzası: Havza Türkiye'nin ikinci en büyük alanına sahiptir ve havza ana akarsuyu olan Kızılırmak Nehri (Sivas, Kayseri, Nevşehir, Kırşehir, Kırıkkale, Ankara, Aksaray, Çankırı, Çorum ve Samsun illerinden geçerek Bafra'dan Karadeniz'e ulaşır) ve yan kollarından oluşur. Havzanın Karadeniz kıyısında yer alan geçiş suyu niteliğindeki gölleri ve Karadeniz'e dökülen nehirlerinden;

Karaboğaz Gölü- Samsun (G.7): Kızılırmak Deltasında yer alan Karaboğaz Gölü 1500 ha alan, 6 km uzunluk ve yer yer 2 km genişliğe sahip, çevresi kısmen bataklık olan bir lagün göldür, suların yükselmesi ile zaman zaman denizle birleşmektedir. Göl güneyden gelen küçük dereler ile beslenir ve deniz ile arasında kumsal bariyeri vardır. Yoğun balıkçılık yapılmakla birlikte avcılık ve göl ve çevresinde otlatma faaliyetleri belli başlı kullanım şeklidir (TÇV, 1989). Tarım faaliyetlerinin yıl boyunca sürdürüldüğü gölün güney, güneybatı ve güneydoğu kesimlerinde geniş tarım alanları bulunmaktadır. Konut alanları ve tarım arazileri Kızılırmak Deltası'ndaki diğer lagünlere kıyasla Karaboğaz Gölü'ne çok yakındır. Tarım arazilerinden gelen pestisit yüklü sular, göl yoluyla kanallara boşaltılmaktadır (Yurtkuran, 2012; Gündüz vd., 2012).

Kızılırmak Nehri-Samsun (N.8): Türkiye'nin en uzun nehri olan Kızılırmak Nehri Sivas ili, İmranlı ilçesinin doğarak, Sivas, Kayseri, Nevşehir, Kırşehir, Kırıkkale, Çankırı ve Samsun il sınırlarını geçer ve Bafra'dan Karadeniz'e dökülür. Kızılırmak Nehrinin 75120 km²'lik yağış alanından gelen yıllık ortalama akımı 5 808 hm³ ve buna göre yıllık ortalama debisi 184,2 m³/s'dir (İÇDR, 2018e). Türkiye'nin ikinci büyük alana sahip havzasıdır (TÇV, 2003). Nehrin batısında ve doğusunda irili ufaklı birçok göl yer almaktadır ve deltası, Doğal Sit Alanı, Yaban Hayatı Koruma Sahası, Ramsar Alanı, Önemli Bitki Alanı ve Önemli Kuş Alanı vb. çok sayıda uluslararası sulak alan kriterleri uygunluğuna sahiptir (İÇDR, 2018e).

Samsun İli Çevre Durum Raporunda (İÇDR, 2018e), Karadeniz'in genel yapısına uygun olarak dağlık arazi yapısı ve Kızılırmak, Yeşilirmak gibi akarsu havzaları nedeniyle gerek Samsun ili dışından, gerekse Samsun ilin kaynaklanan atıklar ve atık suların havzalardan akarsularda toplanarak denize taşındığı bildirilmektedir. Ayrıca aynı raporda çoğu yerleşim yerinin Atıksu Arıtma Tesislerini henüz hizmete almamış, almış olanların da işletmeyi tam olarak yapmamaları, bunların atık sularının yanında tarımsal kaynaklı pestisitlerin de yüzey akışları ile akarsularda toplanması sonucu akarsularımızda ve denizlerde hem fekal kirlilik hem de endüstriyel kirlilik olduğu bildirilmektedir.

Liman Gölü- Samsun (G.8): Kızılırmak Deltasında yer alan Liman Gölü 200 ha alana sahip, Kızılırmak deltasının denize en yakın lagün gölüdür ve suların yükselmesi ile zaman zaman denizle birleşmektedir. Dar bir boğaz ile denizle

bağlantısı vardır. Avcılık ve tarımsal aktiviteler gölün belli başlı kullanım şeklidir (TÇV, 1989). Gölün güneyinde yer alan drenaj kanalı ile tarımsal alanlardan gelen suyun fazlası göle boşalmakta, kuzeyinden ise deniz suyu girdisi bulunan göl mesohaline karakterde bir acı su gölüdür (Soylu vd., 2011).

Cernek Gölü-Samsun (G.9): Kızılırmak Deltasında yer alan Cernek gölü 370 ha alana sahip bir lagün gölüdür (TÇV, 1989). Bafra'nın en büyük göllerinden biri olan göle bağlantılı birçok drenaj kanalı vardır ve göl tabanı gri renkli çamur, kum ve çürümüş organik madde ile kaplıdır (Bekleyen ve Taş, 2006). Kış ve ilkbahar aylarında gölün çevresi bataklığa dönüşür, göl suların yükselmesi ile zaman zaman denizle birleşmektedir. Avlanma ve tarımsal aktiviteler gölü belli başlı kullanım şeklidir (TÇV, 1989).

Gölde artış gösteren yoğun kirliliğe, tarım alanlarından gelen drenaj sularının, orman tahribinin, kıyı kumullarından kaçak kum ve çakıl alımının, SİT alanı olmasına rağmen delta kıyısında yapılaşmanın artması ve kontrolsüz avcılık gibi etkenler yol açmaktadır (Can ve Taş 2012). Bafra ilçesi ve Cernek Gölü çevresindeki köy ve beldelerin kanalizasyonu bir kanal vasıtasıyla (Badut Kanalı) geçmiş yıllarda göle ulaştığı ancak Bafra ilçesine yapılan atık su arıtma tesisinin faaliyete geçmesi ile iyileşme yönünde olumlu sonuçlar vermesine rağmen, su kalitesi parametrelerinin olması gereken düzeylerde olmadığı bildirilmektedir (Can ve Taş, 2012).

Uzun Gölü-Samsun (G.10): Kızılırmak Nehrinin doğusunda yer alan Uzun Göl havzanın kıyıya paralel uzanan lagün göllerindendir ve 293 ha alana sahiptir (İÇDR, 2018e; Uğurlu vd., 2008). 0,5-2 km genişliğinde bir set ile denizden ayrılmıştır (Bilgin vd., 2003), suların yükselmesi ile zaman zaman denizle birleşmektedir

Engiz Nehri-Samsun (N.9): Nebyan Dağı'ndan doğan Engiz Çayı Ondokuz Mayıs İlçesinde Kumcağız-Engiz sınırından Karadeniz'e dökülür. 30 km uzunluğundadır ve 156 km²'lik bir drenaj havzasına sahiptir, yıllık ortalama debisi 2,454 m³/sn'dir (İÇDR, 2018e). Engiz Çayı üzerine 19 Mayıs (Dağköy) Barajı ve Hidroelektrik Santrali'nin (HES) kurulumu devam etmektedir. Engiz Nehri'nin kirlетici kaynakları arasında evsel ve endüstriyel aktiviteler yer almaktadır (Akbal vd., 2011)

Yeşilirmak Havzası: Havzadaki akarsu sistemi Yeşilirmak ve yan kollarından meydana gelmekte olup havzanın ana akarsuyu olan Yeşilirmak, Sivas'ın kuzeyinden doğup Tokat ve

Amasya'dan geçerek Çarşamba'dan Karadeniz'e dökülür (TÇV, 2003). Havza Samsun ilinin Tekkeköy, Çarşamba ve Terme ilçeleri sınırları içerisinde kalan alanda oluşmuştur. Havzanın Karadeniz kıyısında yer alan geçiş suyu niteliğindeki gölleri ve Karadeniz'e dökülen nehirlerinden;

Yeşilırmak Nehri-Samsun (N.10): Sivas'ın kuzeyinde Köseadağ eteklerinden doğar ve Samsun-Çarşamba'dan Karadeniz'e dökülür. 519 km uzunluğa sahip olan nehir Tokat, Amasya ve Samsun illerinden geçerken çeşitli akarsularla birleşir. Su toplama havzası 36.144 km²'dir (TÇV, 1989). Samsun ilinin Tekkeköy, Çarşamba ve Terme ilçeleri sınırları içerisinde kalan alanda oluşmuştur (Uğurlu vd., 2008). Yüksek tarımsal üretim kapasitesi ile dikkat çeken deltada çok sayıda yol, köy ve geniş tarım alanı bulunmaktadır.

Yeşilırmak Havzası'nda gıda sanayinin atık suları ve evsel artıklar nedeniyle yer yer çok kirlenmiş su sınıfına girebilecek kirlilik durumlarıyla karşılaşılabilceği bildirilmektedir. Ayrıca Tokat ve Amasya yörelerinde ağır metal kirliliğinin de söz konusu olduğu ve bunun dışında havzada sanayinin yaygın olmamasına bağlı olarak fazla bir kirlilik görülmediği bildirilmektedir (Akın ve Akın, 2007). Nehri'nin kirlletici kaynakları arasında evsel ve endüstriyel aktiviteler yer almaktadır (Akbal vd., 2011). Yeşilırmak sahili, çevre açısından kötü görüntülere sahne olduğu Çarşamba Belediyesi tarafından çöp ve hafriyat dökmenin yasak olduğuna dair uyarıcı tabelaların asılmasına rağmen bölgede çevre kirliliğinin önüne geçilemediği ve bölgeye dökülen evsel, tarımsal atıklar ve inşaat molozları nedeniyle doğanın zarar gördüğü yerel basında yer almaktadır.

Dumanlı Gölü-Samsun (G.11): Yeşilırmak'ın denize yakın kısımlarında yer alan lagün göllerinden biri olup kanala benzeyen oldukça dar bir göldür, suların yükselmesi ile zaman zaman denizle birleşmektedir. Çevresi sazlık ve bataklıkla çevrilidir (Bilgin vd., 2003; Anonim, 2019d,e).

Simenit Gölü-Samsun (G.12): Yeşilırmak Deltasında, Terme ilçesinin 5 km kuzeyinde yer alan bir lagün gölüdür. Simenit Gölü batı ucundaki Karaboğa açıklığı ile denizle bağlantılı olup dalgaların kumulları taşıması sonucu bu açıklık zaman zaman kapanır. Göl yeraltı suyu ve yağmurla beslenir. Deltanın büyük kısmı tarım alanı elde etmek amacıyla geçmiş yıllarda kurutulmuştur. Tarıma açık olan göl çevresi zirai ilaç ve gübreler ile kirlenmektedir. Yoğun balıkçılık yapılmakla birlikte

avcılık, göl ve çevresinde otlatma faaliyetleri ve saz kesimi belli başlı kullanım şeklidir (TÇV, 1989).

Terme Çayı-Samsun (N.11): Samsun yöresindeki Karaorman'dan doğup Terme Çayı Salıpazarı ilçesi güzergahındaki derelerden beslenir, güneydoğu-kuzeybatı yönünde akar. Aynı zamanda Terme ilçesini de ikiye bölerek Karadeniz'e dökülür. Yıllık ortalama debisi 7,023 m³/s'dir. Terme Çayı ile Karadeniz'in birleştiği yerde Terme Limanı bulunmaktadır. Terme Çayı Çarşamba Ovasının Doğu yakasında bulunan tarıma katkısı büyüktür. Terme İlçesinin Su ihtiyacını karşılamaktadır (İÇDR, 2018e). Nehrin kirletici kaynakları arasında evsel atık su deşarjı ve tarımsal aktiviteler yer almaktadır.

Doğu Karadeniz Havzası: Karadeniz'in Ordu ili ve Artvin ile sınırları içerisinde yer alan kısımlardır. Bu bölgede nehir girdisi çok fazladır ve kentleşme genellikle deniz kıyısında yoğunlaşmıştır. Havzanın Karadeniz kıyısında yer alan ve Karadeniz'e dökülen nehirlerinden;

Akçay (Say) Deresi-Samsun (N.12): Samsun ve Ordu il sınırında yer alan nehir Terme/Akçay'dan Karadeniz'e dökülür. İstavloz Çayı, Kamlık Çayı ve Vezirköprü ilçesi merkezinden geçen Uluçay Deresi'nin birleşiminden oluşur (İÇDR, 2018e).

Turnasuyu Deresi- Ordu (N.13): Çambaşı Yaylası'ndan doğup, Ordu ili Gülyalı ilçesi Turnasuyu Köyü'nde Karadeniz'e dökülür. Yağış alanı 275 km², toplam uzunluğu 56 km, ortalama debisi 6,821 m³/sn'dir. Taşkın ve kıyı oyuntusu zararına neden olabilecek potansiyele sahiptir (İÇDR, 2018f; Bostancı vd., 2015). Bölgenin en bakir, yeşil ve temiz vadilerinden birine sahip olan Turnasuyu, rekreasyonel aktiviteler için uygun olduğu bildirilmektedir (Bostancı vd., 2015).

Yağlıdere-Giresun (N.14): Yerimez Dağından doğup, Giresun/Espiye'nin batısında Karadeniz'e dökülür. İçinden geçtiği Yağlıdere ilçesine adını verir. Yağlıdere'nin uzunluğu 70 km, debisi 96 m³/sn'dir ve toplamda 225 ha alanı kapsamakta olup, üzerinde 4 adet Hidroelektrik Santral Projesi bulunmaktadır (İÇDR, 2018g). Giresun İli Çevre Durum Raporunda (2018g), İl sınırlarında bulunan yerüstü sularının kalite sınıfları (Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği) ve muhtemel kirlenme nedenleri olarak Yağlıdere'nin muhtemel kirlenme nedenleri Evsel Atık sular, Evsel katı atıklar, Ziraai ilaç ve gübre kullanımı ve Madencilik atıkları olarak bildirilmiştir.

Gelivera Deresi (N.15): Gelivera Deresi (Özlüce Deresi), Balaban Dağlarından doğup, Espiye ilçesinin doğusunda denize dökülür. Uzunluğu 80 km olup, doğuda Tirebolu, Güce ve Doğankent ilçeleri, batıda Yağlıdere havzası ile çevrili olup irili ufaklı birçok dere ile beslenmektedir (Yıldız, 2013).

İyidere-Trabzon (N.16): İyidere, Rize ilinin İyidere, Kalkandere ve İkizdere ilçeleri ile Trabzon ilinin Of ve Hayrat ilçelerinin arasından geçer ve İkizdere, Cimil ve Kalkandere gibi dereler ile birleşerek Karadeniz'e dökülür Trabzon ve Rize arasında sınır oluşturan İyidere, 160 km uzunluğundadır ve ortalama 28,35 m³/s su debisine sahiptir (Verep vd., 2005;2012).

3.2. Yöntem Bilgisi

Mikroplastikler, doğada çok çeşitli şekil ve boyutlarda görünebilir. Mikroplastiklerin örneklenmesi ve analizi için Avrupa Birliği Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi Deniz Çöprü Teknik Alt Grubu tarafından çeşitli önerilerde bulunulmuştur (Hanke vd., 2013). Son yıllarda mikroplastiklerin doğadaki miktarına yönelik yapılan çalışmaların artışına paralel olarak uygulanan yöntemlerde değişikliklere uğramış ve çeşitli araştırma grupları tarafından da örnekleme yöntemleri ve laboratuvar analizlerine yönelik önerilerde bulunan kılavuzlar oluşturulmuştur (Masura vd., 2015; Frias vd., 2018). Tez çalışmasının örnekleme ve laboratuvar analizi stratejisinin oluşturulması sırasında yukarıda bahsi geçen üç kılavuzdan da faydalanılmıştır ve tüm bu raporları kapsayan bir metodoloji ortaya konulmuştur. (Tablo 3.2).

Tablo 3.2 Sedimanda mikroplastiklerin örneklenmesi ve analizi için kullanılan kılavuzların özeti

Örnekleme ekipmanı	Örnek alımı ve saklanması	Ön işlem	Yoğunluk ayırıştırma	Oksidasyon adımı	Tiplerine göre sınıflandırma	Polimer analizi	Rapor
Van Veen grab, multi core, box core vb.	Yüzey sedimanı (5 cm)	-	NaCl	H ₂ O ₂	Boy, Tip (Parça, Pelet, Flament, Film, granül, strafor), Şekil ve Renk	FT-IR RAMAN	1
Core ya da grab örnekleyici	-	-	Li ₆ (H ₂ W ₁₂ O ₄₀) NaCl	FeSO ₄ .7H ₂ O + H ₂ O ₂ 30%	Tip plastik, yumuşak plastik, film, iplik, fiber, levha/tabaka)	(Sert FTIR	2
En yaygın Van Veen grab ve Box core	Yüzey sedimanı (5 cm)/ -20°C’de saklama	H ₂ O ₂ (%6-10)	NaCl Na ₂ WO ₄ .2H ₂ O NaBr / NaI 3Na ₂ WO ₄ .9WO ₃ .H ₂ O Li ₆ (H ₂ W ₁₂ O ₄₀) ZnCl ₂ / ZnBr ₂	-	Boy, Tip (Pelet, Parça, Fiber, Film, Halat ve filament, mikroboncuk, köpük, kauçuk), Şekil ve Renk	mikro-FTIR, mikro-RAMAN ATR-FTIR	3
Van Veen grab	Yüzey sedimanı/ Filtre edilmiş fiksatif	-	NaCl	FeSO ₄ .7H ₂ O + H ₂ O ₂ 30%	Tip (Fiber, Parça, Film, Köpük, Boncuk), Renk ve Boy	-	4
Rapor 1: Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas (Hanke vd., 2013); 2: NOAA, Marine Debris Program (Masura vd., 2015), 3:JPI-Oceans BASEMAN microplastic analysis in European waters (Frias vd., 2018), 4:Mevcut çalışma							

Örnekleme sırasında örnekleme cihazı olarak mevcut olanaklarımız içerisinde yer alan Van Veen grab (0,05 m²) seçilmiştir. Laboratuvar analizleri sırasında sedimanlara herhangi bir ön işlem uygulanmamış ve adımlar NOAA’nın “Deniz Ortamındaki Mikroplastiklerin Analizinde Laboratuvar Yöntemleri: Sularda ve sedimanlardaki sentetik parçacıkların miktarının belirlenmesi için öneriler” (Masura vd., 2015) isimli rapor temel alınarak tasarlanmıştır. Bunun yanında güncel literatürde yer alan ve rapordan farklı ve metodun gücünü arttıran güncellemelere gidilerek metot güncellenmiştir. Örneğin; yapılan güncel yayınlarda yüksek sıcaklık uygulamalarının bazı tip mikroplastiklerin tamamen kaybına neden olacağı bildirilmektedir (Munno vd., 2018; Lares vd., 2019) bu nedenle bu metotta kullanılan kurutma ve oksidasyon adımlarında uygulanan sıcaklık seviyeleri mikroplastiklere zarar verebileceği endişesiyle azaltılmıştır. Ayrıca bu raporda yer alan sediman eleme adımı sedimanın elenmesi sırasında fazladan solüsyon kullanımı gerekeceği ve eleme sırasında oluşabilecek kontaminasyonu önlemek adına kaldırılmış ve sediman herhangi bir eleme işlemine tabi tutulmadan yoğunluk ayırıştırma adımı uygulanmıştır. Örnekleme ve laboratuvar analizleri aşağıda detaylı olarak anlatılmış olup ayrıca her bir adıma dair görseller Şekil 3.2.’de verilmiştir.

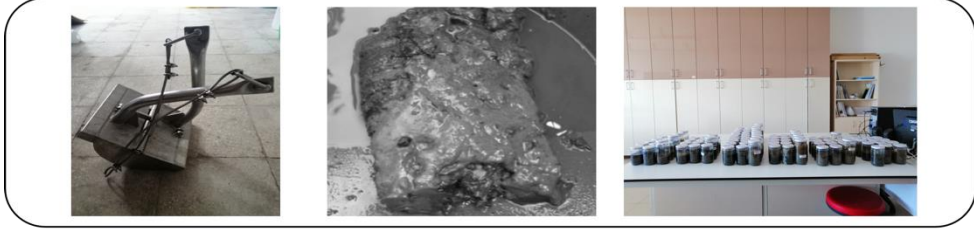
Örneğin alınması: Sediman örnekleri Van Veen grab vasıtasıyla düşük dolaşım kapasitesine sahip sediman birikim alanlarından yaklaşık 0,5-1 m derinlikten 2018 yılının mayıs, temmuz ve eylül aylarında alınmıştır. Örneklemler bozulmamış yüzey sedimanından (5 cm derinliğe kadar) (Hanke vd., 2013) metal kaşık kullanılarak gerçekleştirilmiş ve örneklemler sırasında 1 litre hacme sahip metal kapaklı cam kavanozlar içerisine 500-750 ml hacminde sediman toplanmıştır. Toplanan sediman örnekleri analize kadar sedimanları donduracak yeterli alan olmadığından dolayı 1,2 µm göz açıklığında filtre kağıdından filtre edilmiş fiksatif kullanılarak laboratuvar ortamında muhafaza edilmiştir.

Örneğin hazırlanması: Cam kavanozlar içerisinde muhafaza edilen sediman örnekleri homojenize edildikten sonra 400 g yaş sediman örneği (Masura vd., 2015) tartılıp cam bir beher içerisine alınmış ve hacmi kaydedilmiş daha sonra üzeri alüminyum folyo ile kapatılarak analize hazırlanmıştır. Diğer taraftan artan sediman örneklerinden analize tabi tutulan sediman miktarına eşdeğer sediman örneği de etüvde kurutularak kuru ağırlık kaydı da yapılmıştır.

Yoğunluk ayırıştırması: Beherlere alınan sediman örnekleri yoğunluk ayırıştırma işlemine tabi tutulmuştur (Hanke vd., 2013; Masura vd., 2015; Frias vd., 2018). Bu adıma geçmeden önce solüsyon hazırlıkları yapılmış olup bunun için ,2 µm göz açıklığında filtre kağıdından filtre edilmiş su ile hipersalin NaCl solüsyonu ($d=1,2 \text{ g/mL}$) hazırlanmıştır. Bu işlem sırasında cam kap içerisine alınan tuz, ısıtıcı ve karıştırıcı yardımı ile çözdürülmüştür. Ayrıca bu adım için tuzdan kaynaklı kontaminasyonu önlemek adına solüsyon 1,2 µm göz açıklığında filtre kağıdından filtre edilip kullanıma hazırlanmış ve cam şişeler içerisinde muhafaza edilmiştir.

Beher içerisinde analize hazırlanan sediman örneklerine örnek hacminin 3 katı hacimde yüksek yoğunluklu NaCl solüsyonu eklenip metal bir kaşık ile birkaç dakika karıştırılmış ve 1 saat süresince sedimanın çökmesi beklenmiştir. 1 saatin sonunda yüzen katıları içeren solüsyon 20 µm göz açıklığındaki elekten süzülüp elek üzerinde kalan tüm materyal cam kavanozlar içerisinde bir sonraki işlem basamağına geçene kadar muhafaza edilmiştir. Bu işlem her bir örnek için 3 kez tekrarlanmıştır.

Örneğin Alınması



Örneğin Hazırlanması



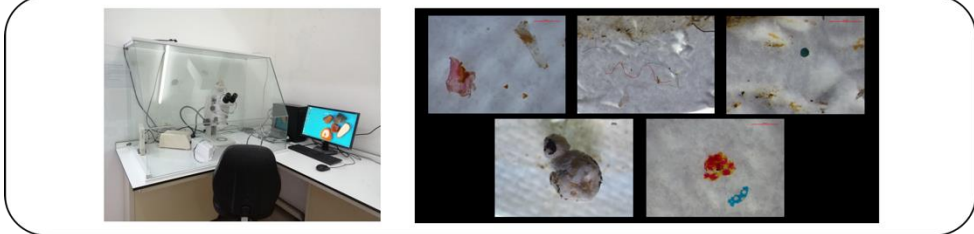
Yoğunluk Ayırıştırma



Organik Madde Oksidasyonu



Veri Toplama



Veri Analizi

Excel – SPSS - PRIMER

Şekil 3.2 Örnekleme ve laboratuvar uygulamaları görsel diyagramı

Organik Madde Oksidasyonu: Yoğunluk farkından ayrıştırılıp, elenen ve yüzen katıları içeren beherlere 20 ml 0,05 M Fe(II)SO₄ çözeltisi ve 20 ml %30 H₂O₂ eklenip (Masura vd., 2015) sıcaklığı 40-45°C'ye çıkarılarak organik maddenin elemine edilmesi sağlanmıştır. Organik madde görünümü devam ederse yeniden 20 mL %30 H₂O₂ eklenerek ve bu işlem doğal organik madde görünmeyene kadar tekrarlanmıştır. Bu işlem sonunda ikinci yoğunluk ayrıştırma adımına geçilmiştir. Bu adımda her 20 ml örnek hacmine 6 gr NaCl eklenerek solüsyon içerisinde çözdürülmüş ve katıların 24 saat boyunca çökmesi beklenmiştir. Yüzen plastikleri içeren solüsyon vakum filtrasyon sisteminde filtre kağıtlarına (Whatman GF/C) süzülerek filtre kağıtları cam petriler içerisine alınmış ve 40°C'de 48 saat boyunca etüvde kurutularak tez çalışmasının son adımı olan mikroskobik inceleme adımına hazırlanmıştır.

Veri Toplama: Yukarıdaki işlemlerden geçip filtre kağıtlarına (Whatman GF/C) süzülen ve cam petriler içerisinde muhafaza edilen örnekler cam kabin içerisine yerleştirilen ve görüntüleme sistemi ile donatılmış Nikon SMZ745T marka stereo mikroskop altında incelemeye tabi tutulmuştur.

Mikroplastikleri tiplerine göre ayırt etmek için görsel tanımlama kullanılmaktadır (Hidalgo-Ruz vd, 2012). Mikroplastikler, tipine (fiber, parça, pelet, film, köpük vb.), rengine (şeffaf, beyaz, mavi, siyah, gri, sarı, kırmızı vb.) ve boyutlarına (1-5 mm, <1 mm, vb.) göre tanımlanmaktadır (Hanke vd., 2013). Mikroplastikler ayırt edilirken boylarının 5 mm'den küçük olmasına, hiçbir hüzsresel yapı göstermemesine, fiberlerin tüm boyları boyunca eşit kalınlıkta olmasına ve boylarının enlerinden uzun olmasına, şeffaf ve beyaz renkteki plastiklerin daha büyük büyütmelerde dikkaetle incelenerek tanımlanmasına dikkat edilmiştir (Hidalgo-Ruz vd, 2012). Organik madde ile plastikleri ayırt etmek için sıcak iğne testinden de faydalanılmıştır (De Witte vd., 2014), bu kapsamda çok sıcak bir iğne parçaya mümkün olduğunca yakın tutularak parçanın erime veya kıvrılma tepkisi sergilemesine dikkat edilmiştir. Ayrıca şüphe duyulan hiçbir plastik parça değerlendirilmeye tabi tutulmamıştır

İncelenen filtreler içerisinde yer alan plastiklerin tipleri (Kriter en yaygın mikroplastik tipleri baz alınarak oluşturulmuştur: Pelet, Parça, Fiber, Film ve Köpük) ve renkleri (Kriter en yaygın renkler tanımlanarak oluşturulmuştur: Siyah, Mavi, Beyaz, Şeffaf, Kırmızı, Yeşil, Çok renkli ve Diğerleri) kaydedilmiş ve tek tek boyları ölçülmüştür. Mikroplastiklerin boy ölçümleri sırasında parçacığın en uzun eksen uzunluğuna temel alınmıştır. Ayrıca bulunan

tüm mikroplastiklerin fotoğrafları çekilmiştir. Boyut kategorisinde farklı yazarların farklı önerileri bulunmakla birlikte genel olarak 5 mm'nin altındaki tüm parçalar analize dahil edilmiştir (Alt sınır olarak eleme adımında 20 µm boyutunda elek kullanıldığından 20 µm olarak temel alınabilir- Görüntüleme sırasında tespit edilen en küçük parça boyutu 69,94 µm olarak ölçülmüştür) aynı zamanda 5 mm üzerinde kalan parçacıklar da kaydedilmiş fakat araştırmaya dahil edilmemiştir.

Kontaminasyon Kontrolü: Deniz İzleme Klavuzları'nda (2017) yer alan Deniz Çöpleri İzleme Klavuzunda; mikroplastiklerin gerek sucul ortam gerekse canlı örneklerinde tespitine yönelik olarak yapılan laboratuvar çalışmaları sırasında karşılaşılan en büyük sorunlardan biri olan çalışma ortamından kaynaklanabilecek kontaminasyon probleminde dikkat çekilmektedir. Kılavuzda, günlük hayatımızda kullandığımız birçok ürününün içeriğinde bulunan mikroskobik boyutlu plastik parçaların hava yolu ile çalışma ortamına dağılabileceğinden bahsedilmektedir. Ayrıca kullandığımız birçok materyalin gerek saklanması gerekse iç aksamında plastik parçalar yer almaktadır. Bu problemin önlenmesi amacı ile çalışma sırasında aşağıdaki önlemler alınmıştır:

Laboratuvar çalışmaları sırasında kontaminasyon riskini minimuma indirmek adına tüm analiz aşamaları pamuklu laboratuvar giysileri kullanılmıştır. Laboratuvar uygulamaları çeker ocak içerisinde gerçekleştirilmiş, metal ve cam ürünler kullanımına dikkat edilerek ve tüm malzemeler saf su ile yıkanarak kullanılmıştır. Ayrıca tüm malzemelerin üzeri alüminyum folyo ile kapatılarak kontaminasyon riskini minimuma indirmek amaçlanmıştır.

Ayrıca yapılan laboratuvar çalışmaları sırasında her grup örnek için kör örneklerde hazırlanmış ve tez materyallerine uygulanan tüm metodolojik adımlar kör örneklere de uygulanmıştır. Bu kapsamda gerek solüsyon gerek kullanılan kimyasallar gerekse kullanılan malzemelerden kaynaklanabilecek kontaminasyonu tespit etmek amaçlanmıştır.

Sonuç olarak, analizler sırasında kör örnekler ve kontaminasyon kontrol filtrelerine tez örneklerine uygulanan tüm işlemler uygulanmış ve en son filtreler üzerinde kalan parçacıklar mikroskop altında incelenmiştir. Kontaminasyon örneklerinde karşılaşılan plastikler tez materyallerinde bulunan plastikler ile karşılaştırılmıştır. Veri setindeki yer alan ve kontaminasyon örneklerinde bulunan plastiklere benzer tip, renk ve boyda yer alan plastikler veri setinden çıkarılmıştır.

3.3. Veri Analizi

Mikroplastikler sabit 400 g yaş sediman örneklerindeki miktarı temel alınarak yapılan sınıflandırmada; tip, renk ve boy verilerinin yüzde değerleri, mikroplastik tiplerinin ortalama boyları hesaplanmıştır (Hidalgo-Ruz vd, 2012; Hanke vd., 2013).

Çeşitli araştırmacılar tarafından kullanılan farklı birim sediman miktarındaki mikroplastik bolluğu (ağırlık bakımından adet.kg⁻¹ yaş ağırlık, adet.kg⁻¹ kuru ağırlık ve hacim bakımından adet.L⁻¹) olarak hesaplanmıştır (Thompson vd., 2004; Hanke vd., 2013; van Cauwenberghe vd., 2013; Aytan vd., 2020b; Cincinelli vd., 2021). Birim miktarda verilen mikroplastik miktarları sediman hacminde ve sediman yapısının ihtiva ettiği su miktarına bağlı olarak kuru ağırlık değerlerinde farklılıklar göstermiştir. Bu nedenle mikroplastiklerin istasyonlar arasındaki miktarı ve mikroplastiklerin tiplerine, renklerine ve boylarına göre yapılan değerlendirmeler yaş sedimandaki mikroplastik miktarı göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Buna ek olarak birim sediman miktarındaki mikroplastik bolluğu; adet.kg⁻¹ kuru sediman ağırlığı ve adet.L⁻¹ sediman olarak hesaplanmış ve sunulmuştur.

Sediman örneklerindeki mikroplastik miktarı geçiş suyu örnekleme istasyonlarının tipine göre 2 kategoride (göl tipi ve nehir tipi) ve geçiş suyu örnekleme istasyonlarının ait olduğu havzaya bağlı olarak 6 kategoride (Marmara Havzası, Sakarya Havzası, Batı Karadeniz Havzası, Kızılırmak Havzası, Yeşilırmak Havzası ve Doğu Karadeniz Havzası) değerlendirilmiştir. İstatistiki analizler için, mikroplastik miktarı bakımından örnekleme dönemleri, geçiş suyu örnekleme istasyonlarının nehir ya da göl oluşu ve havzalar arasındaki farklılıklar tek değişkenli analiz yapılarak araştırılmıştır. Bu kapsamda veriler normal dağılım şartını sağlamadığından bu karşılaştırmalar sırasında nehirlerin geçiş suyu özelliğindeki örnekleme istasyonları ile geçiş suyu özelliğindeki göl istasyonları arasındaki olası farklılıkları test etmek için Mann Whitney U testi, örnekleme zamanları arasındaki ve havzalar arasındaki olası farklılıkları test etmek için Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır. Ayrıca mikroplastiklerin tip ve renkleri göz önüne alınarak istasyonlar arası ilişkiler çok değişkenli analizler ile değerlendirilmiştir. Bu kapsamda renk+tip sınıflandırılması yapılmış ve Log (X+1) dönüşümü uygulanmış mikroplastik miktar verisine Bray-Curtis benzerlik matrisi uygulanmış ve bu veride ANOSIM analizi ile istasyonlar, su tipleri ve havzalar arasındaki farklılıklar, SIMPER analizi ile benzerlik/farklılık oranları araştırılmıştır. Tek değişkenli analizler için IBM SPSS 21, çok değişkenli analizler için ise PRIMER 5 (Clarke ve Warwick 2001) paket programları, çalışma sahasının haritası için ise ArcGIS 10.7 kullanılmıştır.

4. BULGULAR

Araştırma sonucunda, örnekleme dönemleri (1. Dönem: Mayıs, 2. Dönem: Temmuz ve 3. Dönem: Eylül) ve örnekleme istasyonları (12 göl ve 16 nehrin geçiş ekosistemi) bakımından sediman örneklerindeki mikroplastiklerin miktar, tip, renk ve boy verileri değerlendirilmiştir.

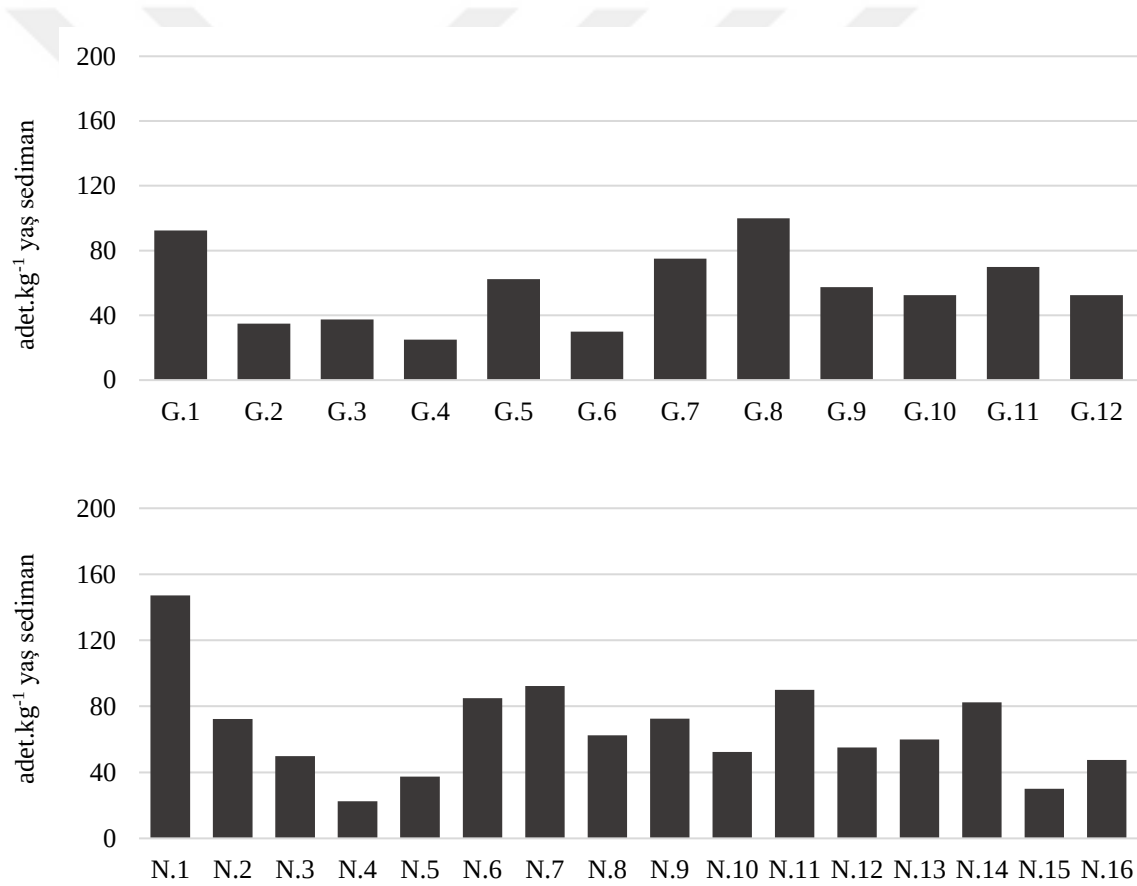
4.1.Mikroplastik Miktarı

Örnekleme çalışmaları üç farklı dönemde ve 28 farklı istasyonda gerçekleştirilmiş olup, araştırma kapsamında her bir istasyon ve her bir örnekleme dönemi için analize tabi tutulan 84 adet sediman örneğinde (her bir örnek sabit 400 g yaş sediman içermektedir) toplam 2532 adet mikroplastik bulunmuştur.

Birim miktarda verilen mikroplastik miktarları sediman hacminde ve sediman yapısının ihtiva ettiği su miktarına bağlı olarak kuru ağırlık değerlerinde farklılıklar göstermekte olup yaş sediman ağırlığı ise tüm örneklerde sabit tutulduğundan bu nedenle mikroplastiklerin miktar verileri yaş sediman ağırlığı üzerinden değerlendirilmiş aynı zamanda kaydı yapılan hacim ve kuru ağırlık miktarları da değerlendirilmiştir.

4.1.1. Mikroplastik miktarının zamansal değişimi

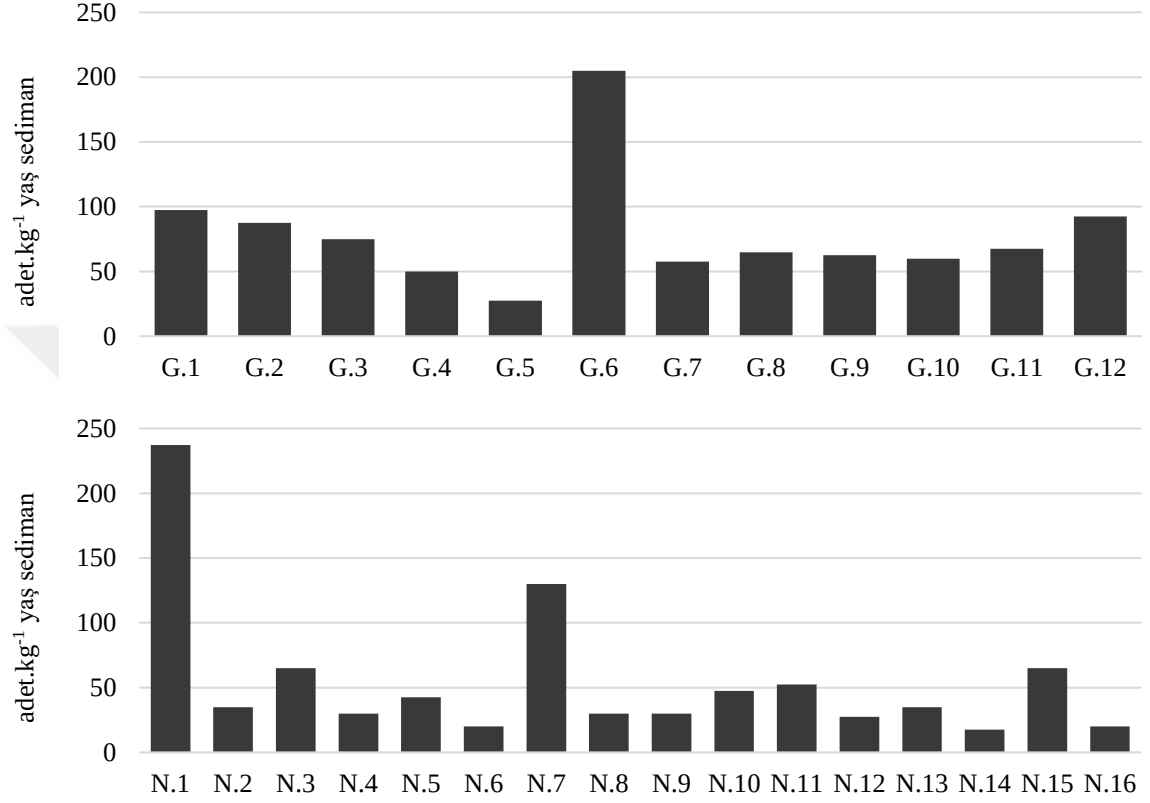
İlk örnekleme dönemi olan mayısta geçiş suyu özelliğindeki göl ve nehirlerin mikroplastik miktarı Şekil 4.1’de verilmiştir. Geçiş suyu özelliğindeki göl istasyonlarında mikroplastik miktarı 24,9 (G.4-Acarlar)-99,9 (G.8-Liman) adet.kg⁻¹ yaş sediman arasında değişmiş ortalama 57,5±23,9 adet.kg⁻¹ yaş sediman olarak hesaplanmıştır. Geçiş suyu özelliğindeki nehir istasyonlarında ise mikroplastik miktarı 22,5 (N.1-Riva) -147,2 (N.4-Filyos) adet/kg yaş sediman arasında değişmiş ortalama 66,2±30,0 adet.kg⁻¹ yaş sediman olarak hesaplanmıştır. Mayıs döneminde nehir istasyonlarının ortalama mikroplastik miktarı göl istasyonlarındakinden yüksek olmuş fakat bu durum istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır (Mann Whitney U, $p>0,05$).



Şekil 4.1 Mayıs döneminde istasyonlardaki mikroplastik miktarı (Üst: Göl istasyonları/Alt: Nehir istasyonları)

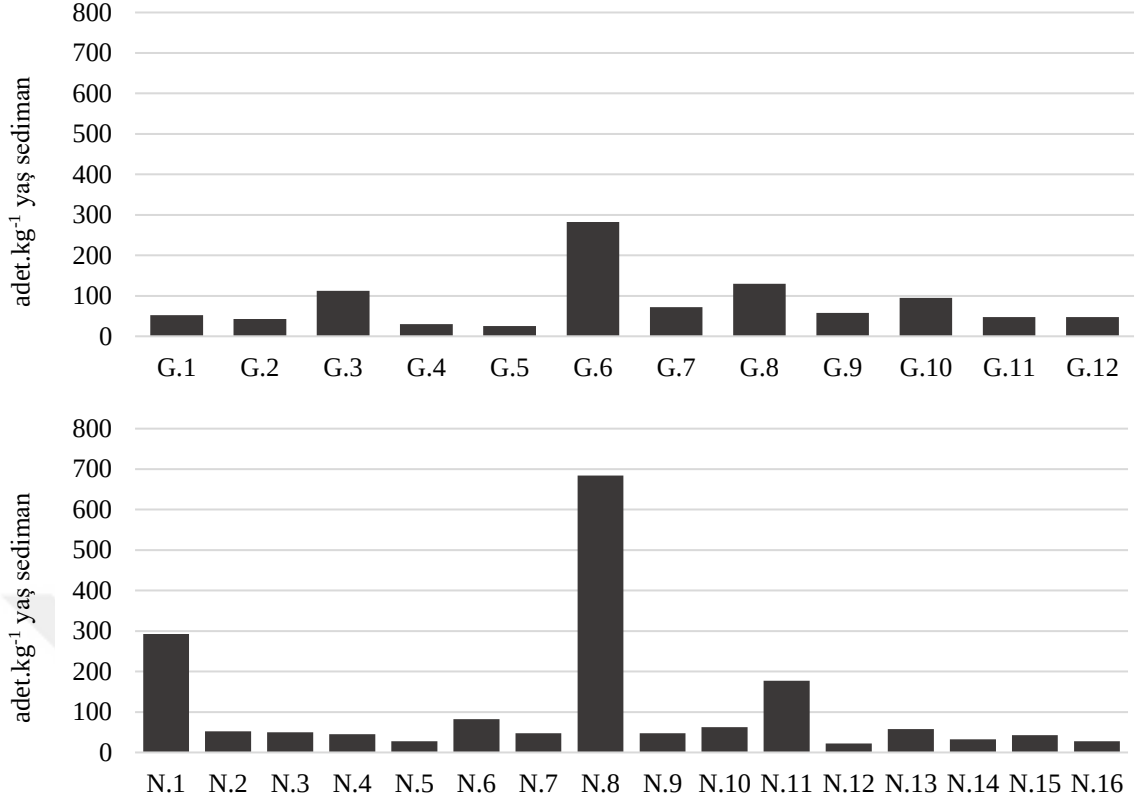
İkinci örnekleme dönemi olan temmuzda geçiş suyu özelliğindeki göl ve nehirlerin mikroplastik miktarı Şekil 4.2’de verilmiştir. Geçiş suyu özelliğindeki göl istasyonlarında mikroplastik miktarı 27,5 (G.5-Küçükboğaz)- 204,8 (G.6-Sarıkum) adet.kg⁻¹ yaş sediman arasında değişmiş ortalama 78,9±44,1 adet.kg⁻¹ yaş sediman olarak hesaplanmıştır. Geçiş suyu özelliğindeki nehir istasyonlarında ise mikroplastik miktarı 17,5 (N.14-Yağlıdere) –

237,3 (N.1-Riva) adet.kg⁻¹ yaş sediman arasında değişmiş ortalama 55,3±55,7 adet.kg⁻¹ yaş sediman olarak hesaplanmıştır. Temmuz döneminde göl istasyonlarının ortalama mikroplastik miktarı nehir istasyonlarındakinden yüksek olmuş ve bu durum istatistiki açıdan da önemli bulunmuştur (*Mann Whitney U, p<0,05*).



Şekil 4.2 Temmuz döneminde istasyonlardaki mikroplastik miktarı (Üst: Göl istasyonları/Alt: Nehir istasyonları)

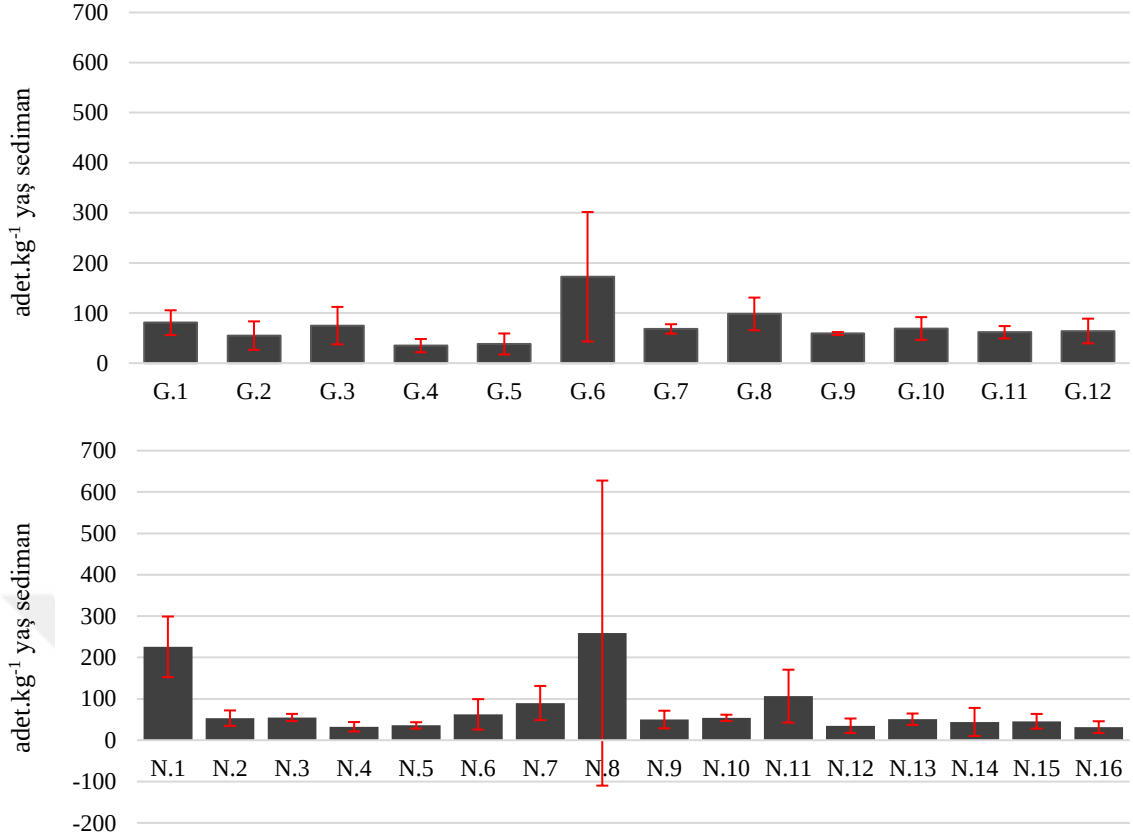
Üçüncü örnekleme dönemi olan eylülde geçiş suyu özelliğindeki göl ve nehirlerin mikroplastik miktarı Şekil 4.3’de verilmiştir. Geçiş suyu özelliğindeki göl istasyonlarında mikroplastik miktarı 25 (G.5-Küçükboğaz)- 282,3 (G.6-Sarıkum) adet.kg⁻¹ yaş sediman arasında değişmiş ortalama 82,8±70,7 adet.kg⁻¹ yaş sediman olarak hesaplanmıştır. Geçiş suyu özelliğindeki nehir istasyonlarında ise mikroplastik miktarı 22,5 (N.12-Akçay)- 684,3 (N.8-Kızılırmak) adet.kg⁻¹ yaş sediman arasında değişmiş ortalama 109,4±168,2 adet.kg⁻¹ yaş sediman olarak hesaplanmıştır. Eylül döneminde nehir istasyonlarının ortalama mikroplastik miktarı göl istasyonlarındakinden yüksek olmuş fakat bu durum istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır (*Mann Whitney U, p>0,05*).



Şekil 4.3 Eylül döneminde istasyonlardaki mikroplastik miktarı (Üst: Göl istasyonları/Alt: Nehir istasyonları)

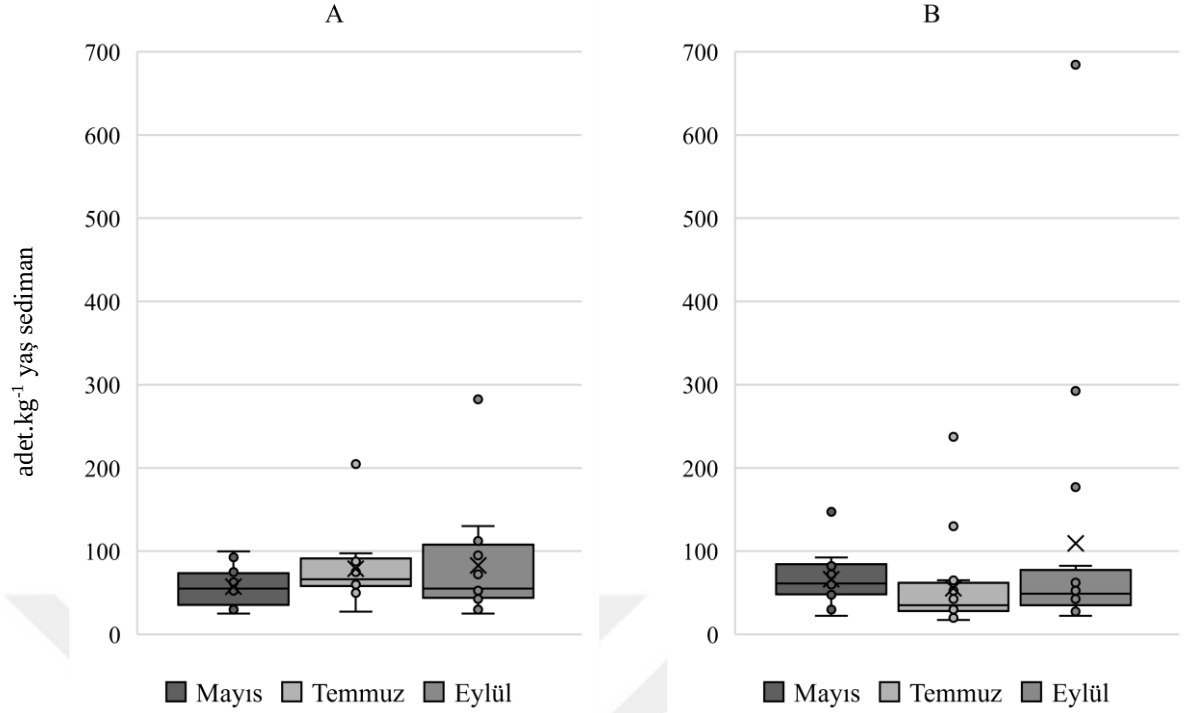
4.1.2. Mikroplastik miktarının havza genelinde değerlendirilmesi

Geçiş suyu özelliğindeki göllerden seçilen araştırma istasyonlarında tüm örnekleme dönemleri ortalaması sonucu en yüksek mikroplastik miktarına G.6 (Sarıkum) istasyonunda rastlanmış bunu sırasıyla G.8 (Liman), G.1 (İğneada), G.3 (Kamış), G.10 (Uzun), G.7 (Karaboğaz), G.12 (Simenit), G.11 (Dumanlı), G.9 (Cernek), G.2 (Mert), G.5 (Küçükboğaz) ve G.4 (Acarlar) izlemiştir (Şekil 4.4). Geçiş suyu özelliğindeki göl istasyonlarında en yüksek mikroplastik konsantrasyonuna eylül döneminde ($82,8 \pm 70,7$ adet.kg⁻¹ yaş sediman) rastlanmış ve bunu temmuz ($78,9 \pm 44,1$ adet.kg⁻¹ yaş sediman) ve mayıs ($57,5 \pm 23,9$ adet.kg⁻¹ yaş sediman) izlemiştir (Şekil 4.5). Geçiş suyu özelliğindeki göl istasyonlarında örnekleme dönemleri arasında istatistiki açıdan herhangi bir farklılık bulunamamıştır (*Kruskal Wallis*, $p > 0,05$).



Şekil 4.4 İstasyonlardaki ortalama mikroplastik miktarı (Üst: Göl istasyonları/Alt: Nehir istasyonları)

Nehirlerin geçiş suyu özelliğindeki araştırma istasyonlarında tüm örnekleme dönemleri ortalaması sonucu en yüksek mikroplastik miktarına N.8 (Kızılırmak) istasyonunda rastlanmıştır ve bunu sırasıyla N.1 (Riva), N.11 (Terme), N.7 (Kabala), N.6 (Karasu), N.3 (Sakarya), N.10 (Yeşilirmak), N.2 (Sarısu), N.13 (Turnasuyu), N.9 (Engiz), N.15 (Özlüce), N.14 (Yağlıdere), N.12 (Akçay), N.4 (Filyos), N.16 (İyidere) izlemiştir (Şekil 4.4). Nehirlerin geçiş suyu istasyonlarında en yüksek mikroplastik konsantrasyonuna eylül döneminde ($66,2 \pm 30,0$ adet.kg⁻¹ yaş sediman) rastlanmıştır ve bunu mayıs ($55,3 \pm 55,7$ adet.kg⁻¹ yaş sediman) ve temmuz ($109,4 \pm 168,2$ adet.kg⁻¹ yaş sediman) izlemiştir (Şekil 4.5). Nehirlerin geçiş suyu istasyonlarında örnekleme dönemleri arasında istatistiki açıdan herhangi bir farklılık bulunamamıştır (*Kruskal Wallis, $p > 0,05$*).



Şekil 4.5 Göl (A) ve nehir (B) geçiş suyu istasyonlarının farklı örnekleme dönemlerine göre mikroplastik miktarı

Tüm geçiş suyu istasyonları (nehir ya da göl oluşuna bakılmaksızın) birlikte değerlendirildiğinde istasyonların ortalama mikroplastik miktarı bakımından büyükten küçüğe doğru sırasıyla; N.8 (Kızılırmak)> N.1 (Riva)> G.6 (Sarıkum)> N.11(Terme)> G.8 (Liman)> N.7 (Kabala)> G.1 (İğneada)> G.3 (Kamış)> G.10 (Uzun)> G.7 (Karaboğaz)> G.12 (Simenit)> N.6 (Karasu)> G.11 (Dumanlı)> G.9 (Cerneke)> G.2 (Mert)> N.3 (Sakarya)> N.10 (Yeşilirmak)> N.2 (Sarısü)> N.13 (Turnasuyu)> N.9 (Engiz)> N.15 (Gelavera)> N.14 (Yağlıdere)> G.5 (Küçükboğaz)> N.5 (Kapısuyu)> G.4 (Acarlar)> N.12 (Akçay)> N.4 (Filyos)> N.16 (İyidere) olmuştur.

Tüm geçiş suyu istasyonları birlikte değerlendirildiğinde en yüksek mikroplastik miktarına eylül döneminde rastlanmış ve bunu temmuz ve mayıs dönemleri izlemiştir (Ortalama miktar sırasıyla; 98,0±133,9; 65,4±51,6; 62,4±27,4 adet.kg⁻¹ yaş sediman). İstasyonlar bakımından yapılan değerlendirme sonucunda en yüksek mikroplastığe N.8 numaralı istasyonda (258,9±368,8 adet.kg⁻¹ yaş sediman) en düşük mikroplastığe ise N.16 (31,7±14,2 adet.kg⁻¹ yaş sediman) numaralı istasyonda rastlanmıştır. İstatiksel açıdan tüm istasyonlar birlikte değerlendirildiğinde örnekleme dönemleri bakımından herhangi istatistiki bir farklılık bulunamamıştır (*Kruskal Wallis, p>0,05*).

Örnekleme istasyonlarının göl ya da nehir geçiş suyu istasyonu oluşuna bakılmaksızın ait oldukları havzalar bakımından yapılan değerlendirme sonucunda en yüksek mikroplastik miktarına sahip havza Marmara Havzası en düşük ise Doğu Karadeniz Havzası olmuş ve havzalara ait ortalama mikroplastik miktarı verileri Tablo 4.1’de verilmiştir. Havzaların örnekleme dönemleri bakımından mikroplastik konsantrasyonları incelendiğinde Marmara ve Sakarya Havzalarında en yüksek mikroplastik konsantrasyonuna temmuz döneminde rastlanmıştır. Batı Karadeniz, Kızılırmak ve Yeşilirmak Havzalarında ise en yüksek mikroplastik konsantrasyonuna eylül döneminde Doğu Karadeniz Havzasında ise en yüksek mikroplastik konsantrasyonu mayıs döneminde rastlanmıştır. Havzaların birbirleri arasındaki karşılaştırılması sonucunda ise Doğu Karadeniz Havzası ile Marmara, Kızılırmak ve Yeşilirmak Havzaları arasında istatistiki açıdan farklılık bulunmuştur (*Kruskal Wallis*, $p<0,05$, Tablo 4.1).

Tablo 4.1 Örnekleme istasyonlarının ait oldukları havzalardaki mikroplastik miktarı

Havza	Mayıs	Temmuz	Eylül	Ortalama±Standart sapma
Marmara Havzası	34,75±18,77	20±10	27,37±14,38	41,50±33,09 ^a
Sakarya Havzası	17,5±6,45	21,75±8,26	19,63±16,09	20,33±10,25 ^{ab}
Batı Karadeniz Havzası	21,4±13,09	34,2±31,93	38,8±42,24	31,46±30,13 ^{ab}
Kızılırmak Havzası	28±6,81	20,33±6,53	72,5±99,42	40,28±59,1 ^a
Yeşilirmak Havzası	26,5±7,14	26±8,08	33,5±25,16	28,67±14,74 ^a
Doğu Karadeniz Havzası	22±7,65	13,2±7,66	14,6±5,55	16,6±7,63 ^b

Her değer ortalama±standart sapmayı ifade etmektedir.
Aynı sütünde a ve b üssel harfleri ile ifade edilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Çeşitli araştırmacılar tarafından verilen farklı hesaplama yöntemleri kullanılarak hazırlanan ve her bir istasyon için yaş sediman ağırlığındaki mikroplastik miktarına ek olarak kuru sediman ağırlığındaki mikroplastik miktarı ve litre sedimandaki mikroplastik miktarı da tüm istasyonların üç dönem ortalama mikroplastik miktarı Tablo 4.2’de sunulmuştur.

Tablo 4.2 Araştırma istasyonlarında bulunan ortalama mikroplastik miktarı

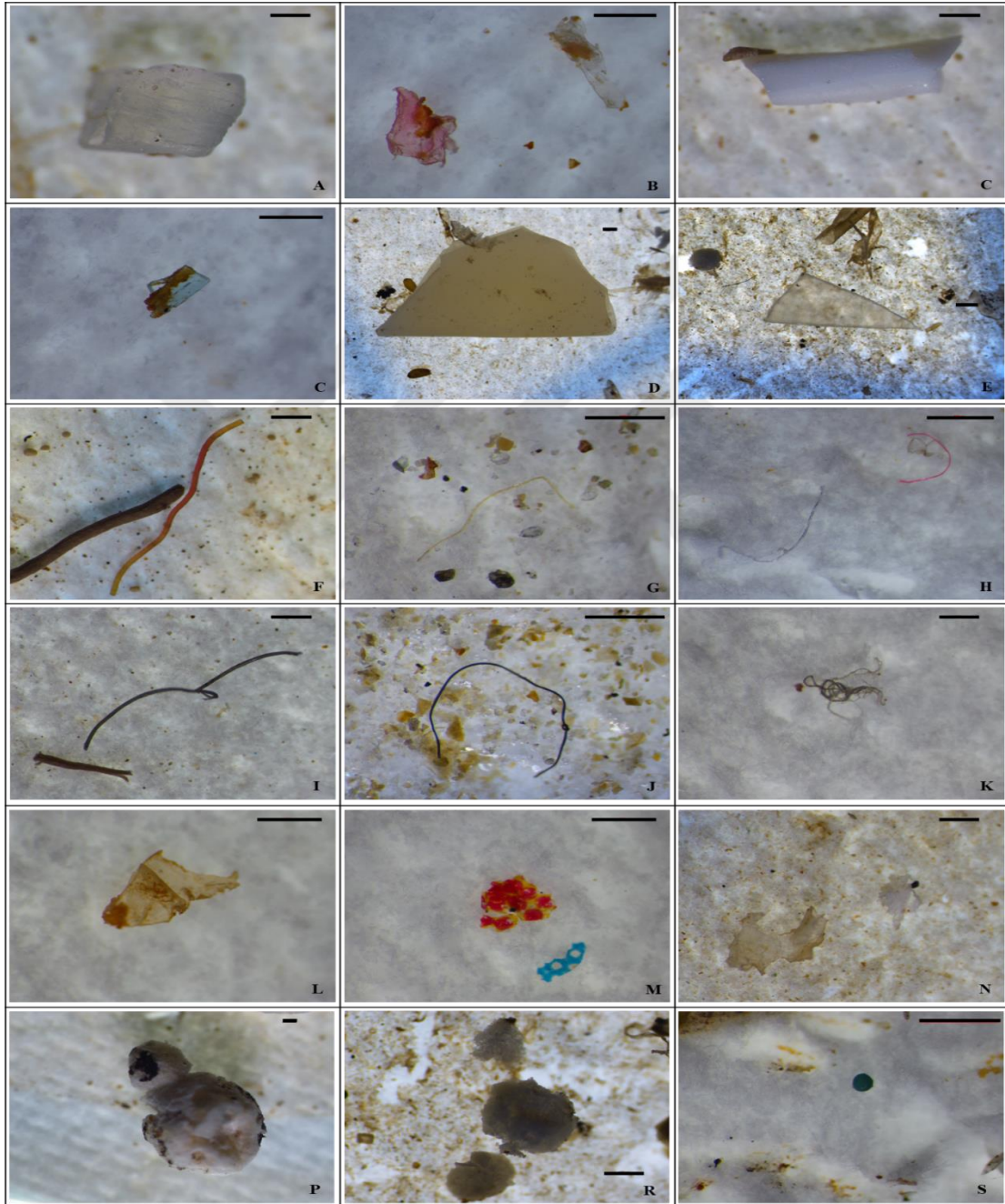
Kodu	İstasyon Adı	adet.kg ⁻¹ yaş sediman	adet.kg ⁻¹ kuru sediman	adet.L ⁻¹ sediman
G.1	İğneada	80,79±24,72	101,69±28,88	138,86±43,71
G.2	Mert	54,95±28,37	69,34±35,24	84,62±35,15
G.3	Kamış	74,89±37,39	96,52±53,26	121,76±49,81
G.4	Acarlar	34,93±13,19	52,15±27,85	53,37±11,58
G.5	Küçükboğaz	38,3±20,93	47,41±26,09	60,68±27,64
G.6	Sarıkum	172,38±129,25	237,64±177,69	258,84±203,28
G.7	Karaboğaz	68,25±9,4	78,01±9,38	125,13±17,21
G.8	Liman	98,25±32,6	121,42±43,75	180,09±53,45
G.9	Çernek	59,14±2,89	80,35±3,65	107,9±6,15
G.10	Uzun	69,1±22,69	90,09±29,34	114,48±32,49
G.11	Dumanlı	61,61±12,34	80,06±15,26	103,49±11,45
G.12	Simenit	64,11±24,67	81,7±33,54	114,49±29,91
N.1	Riva	225,65±73,36	347,77±122,07	432±178,43
N.2	Sarısu	53,23±18,74	65,6±20,07	96,22±40,7
N.3	Sakarya	54,96±8,69	70,18±10,12	87,89±26,26
N.4	Filyos	32,48±11,45	37,94±16,03	53±19,97
N.5	Kapısuyu	35,8±7,65	44,01±9,42	57,08±14,42
N.6	Karasu	62,43±36,8	127,75±98,31	74,87±44,15
N.7	Kabala/Kırkgeçit	89,89±41,27	130,79±53,18	150,33±56,54
N.8	Kızılırmak	258,92±368,76	292,56±417,95	514,33±742,03
N.9	Engiz	49,95±21,35	63,99±27,41	78,9±37,65
N.10	Yeşilırmak	54,08±7,58	63,35±12,37	86,67±12,22
N.11	Terme	106,47±63,98	138,76±88,22	192,87±130,89
N.12	Akçay	34,97±17,52	42,86±22,06	63±32,05
N.13	Turnasuyu	50,78±13,76	63,4±17,15	92,42±25,03
N.14	Yağlıdere	44,11±33,98	52,33±40,47	72,17±53,74
N.15	Gelivera	45,8±17,74	60,44±23,48	72,73±35,84
N.16	İyidere	31,65±14,21	38,13±16,21	53,46±15,48

Her değer ortalama±standart sapmayı ifade etmektedir.

4.2.Mikroplastik Çeşitliliği

4.2.1. Mikroplastiklerin tipleri

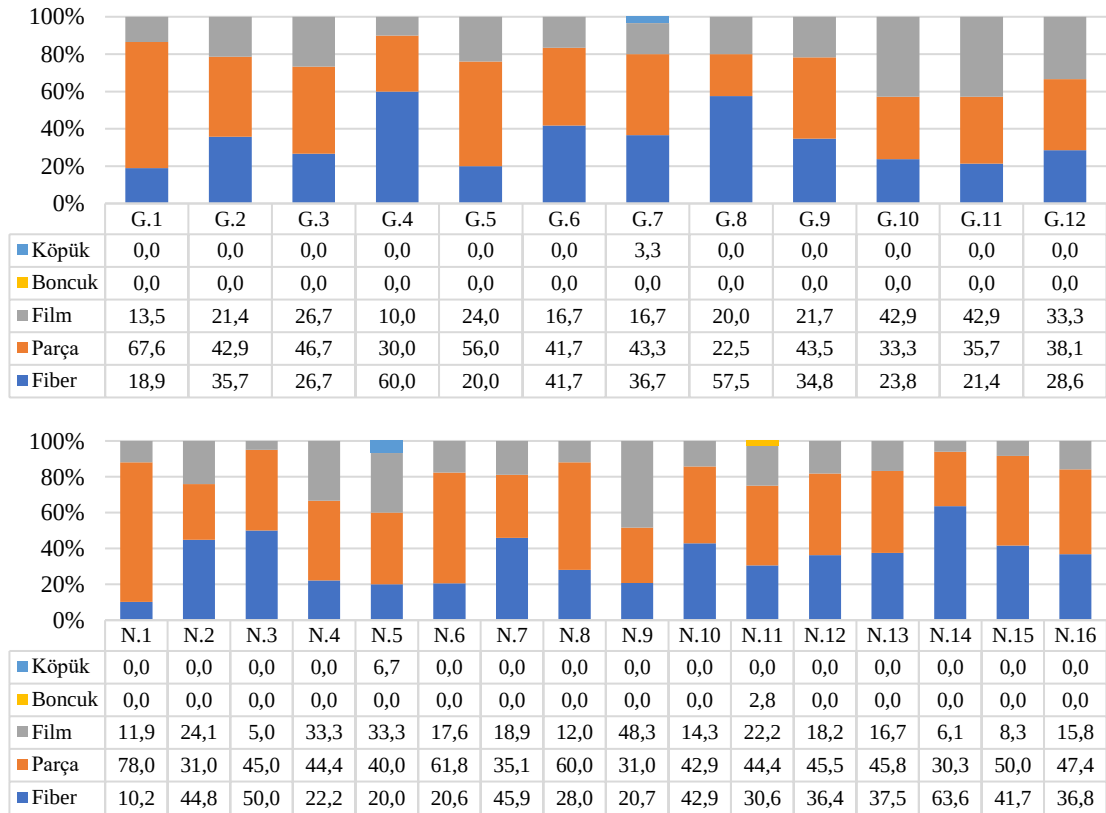
Çalışma kapsamında 2532 adet mikroplastığın tiplerine göre yapılan sınıflandırılması sonucu fiber, film, parça, köpük ve boncuk olmak üzere 5 farklı tipte mikroplastik ile karşılaşmıştır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 Araştırma istasyonlarında karşılaşılan mikroplastiklerden görüntüler (A-E: parça; F-K: fiber; L-N: film; P,R: köpük; S: boncuk. Ölçüm skalası: 0,5 mm)

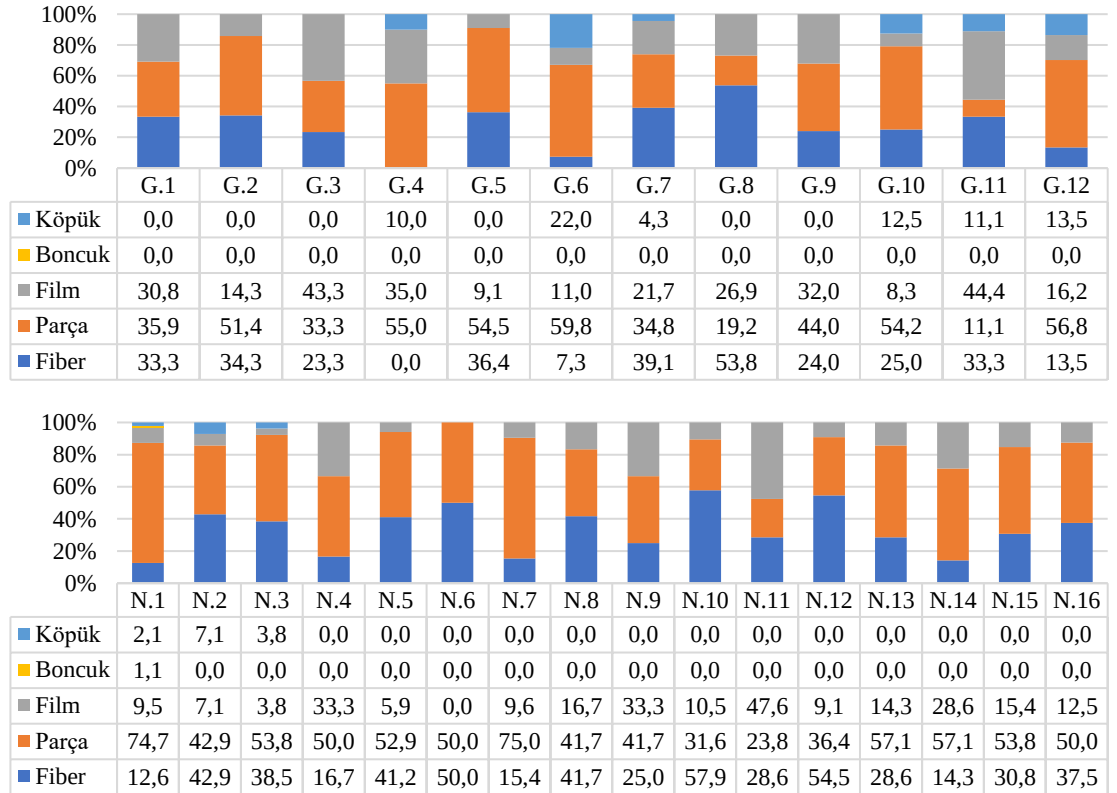
4.2.1.1. Mikroplastik tiplerinin zamanda bağılı değişimi

İlk örnekleme dönemi olan mayısta, geçiş suyu özelliğindeki göl istasyonlarının en sık rastlanan mikroplastik tipi parça (%42,4) olurken, bunu fiber (%33), film (%24,23) ve köpük (%0,4) izlemiştir (Şekil 4.7). Geçiş suyu özelliğindeki göl istasyonlarının parça oranları %22,5 (G.8-Liman) ve %67,6 (G.1-İğneada) arasında, fiber oranları %18,9 (G.1-İğneada) ve %60 (G.4-Acarlar) arasında, film oranları %10 (G.4-Acarlar) ve %42,9 (G.10-Uzun ve G.11-Dumanlı) arasında değişmiş, köpük sadece G.6 (Sarıkum: %3,3) istasyonunda bulunmuştur (Şekil 4.6). Nehirlerin geçiş suyu özelliğindeki istasyonlarında ise en sık rastlanan mikroplastik tipi parça (%47,9) olmuş, bunu fiber (%33,3), film (%18,4), köpük (%0,2) ve boncuk (%0,2) izlemiştir. Nehirlerin geçiş suyu özelliğindeki araştırma istasyonlarında parça oranları %30,3 (N.14-Yağlıdere) ve %78 (N.1-Riva) arasında, fiber oranları %10,2 (N.1-Riva) ve %63,6 (N.14-Yağlıdere) arasında, film oranları %5 (N.3-Sarısu) ve %48,3 (N.9-Engiz) arasında değişmiş, köpük sadece N.5 (Kapısıyü: %6,7) istasyonunda boncuk ise N.11 (Terme: %2,8) istasyonunda bulunmuştur. Mikroplastik tipleri bakımından (parça, fiber ve film) mayıs döneminde geçiş suyu özelliğindeki göl ve nehir istasyonları arasında istatistiki açıdan bir anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (*Mann Whitney U*, $p>0,05$).



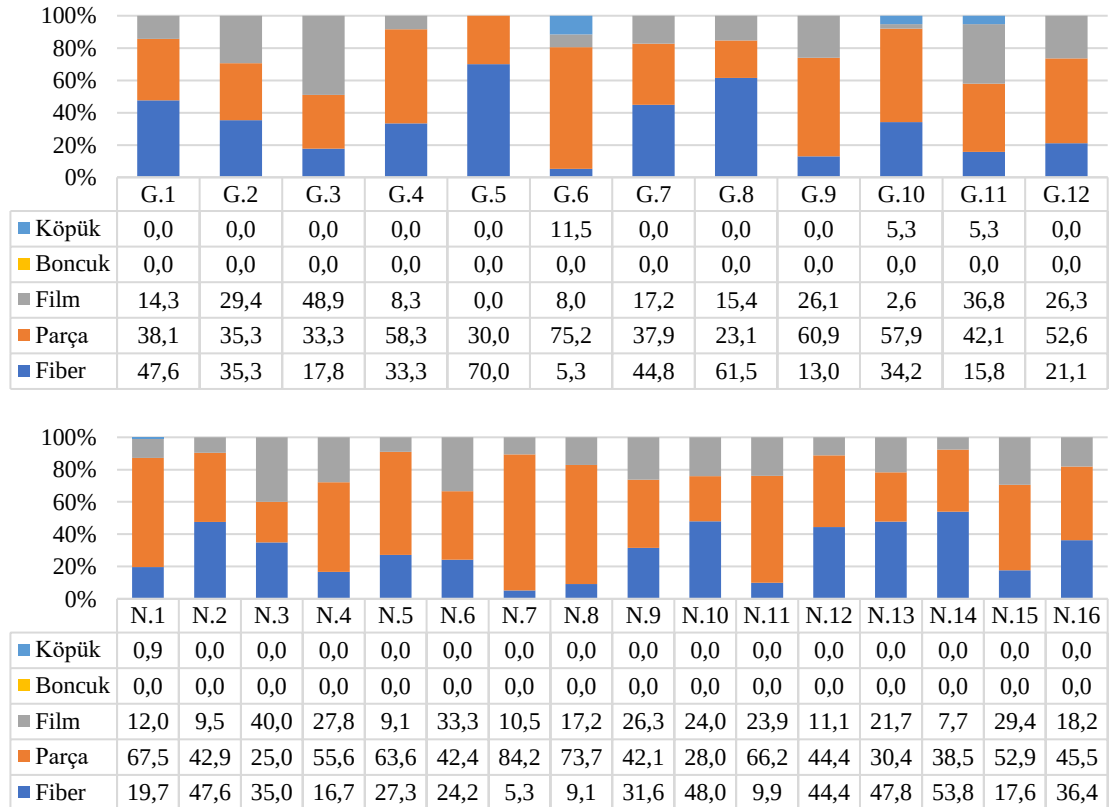
Şekil 4.7 Mayıs döneminde mikroplastik tiplerinin % dağılımı (Grafiklerin altında yer alan veri tablosu mikroplastik tiplerinin oransal miktarını göstermektedir)

İkinci örnekleme dönemi olan temmuzda, geçiş suyu özelliğindeki göl istasyonlarının en sık rastlanan mikroplastik tipi parça (%44,6) olmuş, bunu fiber (%24), film (%23) ve köpük (%8,4) izlemiştir (Şekil 4.8). Geçiş suyu özelliğindeki göl istasyonlarının parça oranları %11,1 (G.11-Dumanlı) ve %59,8 (G.6-Sarıkum) arasında, fiber oranları %0 (G.4-Acarlar) ve %53,8 (G.8-Liman) arasında, film oranları %8,3 (G.10-Uzun) ve %44,4 (G.11-Dumanlı) arasında değişmiş, köpük G.4, G.6, G.7, G.10, G.11 ve G.12 numaralı istasyonlarda %4,3 (G.7)- %21,9 (G.6) arasında bulunmuştur. Nehirlerin geçiş suyu özelliğindeki istasyonlarında ise en sık rastlanan mikroplastik tipi parça (%57,6) olmuş, bunu fiber (%27,1), film (%13,8), köpük (%1,1) ve boncuk (%0,3) izlemiştir. Nehirlerin geçiş suyu özelliğindeki istasyonlarında istasyonları parça oranları %23,8 (N.11-Terme) ve %75 (N.7-Kabala) arasında, fiber oranları %12,6 (N.1-Riva) ve %57,9 (N.10-Yeşilirmak) arasında, film oranları %0 (N.6-Karasu) ve %47,6 (N.11-Terme) arasında değişmiş, köpük sadece N.1, N.2 ve N.3 (sırasıyla %2,1; %7,1; %3,8) istasyonlarında boncuk ise N.1 (Riva: %1) istasyonunda bulunmuştur. Temmuz döneminde geçiş suyu özelliğindeki göl ve nehir istasyonlarında fiber ve parça miktarı bakımından istatistiki açıdan bir anlamlı bir farklılık bulunamazken, göllerdeki film ve köpük miktarı nehirlerden yüksek olmuş ve bu durum istatistiki açıdan da anlamlı bulunmuştur (*Mann Whitney U, p<0,05*).



Şekil 4.8 Temmuz döneminde mikroplastik tiplerinin % dağılımı (Grafiklerin altında yer alan veri tablosu mikroplastik tiplerinin oransal miktarını göstermektedir)

Üçüncü örnekleme dönemi olan eylülde, geçiş suyu özelliğindeki göl istasyonlarının en sık rastlanan mikroplastik tipi parça (%50,5) olmuş, bunu fiber (%27,4), film (%18,1) ve köpük (%4) izlemiştir (Şekil 4.9). Geçiş suyu özelliğindeki göl istasyonlarında parça oranları %23,1 (G.8-Liman) ve %75,2 (G.6-Sarıkum) arasında, fiber oranları %5,3 (G.6-Sarıkum) ve %70 (G.5-Küçükboğaz) arasında, film oranları %0 (G.5-Küçükboğaz) ve %36,8 (G.11-Dumanlı) arasında değişmiş, köpük sadece G.6 (Sarıkum), G.10 (Uzun) ve G.11 (Dumanlı) istasyonlarında %5,3-11,5 arasında bulunmuştur. Nehirlerin geçiş suyu özelliğindeki istasyonlarında ise en sık rastlanan mikroplastik tipi parça (%61,9) olmuş, bunu fiber (%19,1), film (%18,8) ve köpük (%0,1) izlemiştir. Nehir istasyonlarında istasyonları parça oranları %25 (N.3-Sakarya) ve %84,2 (N.7-Kabala) arasında, fiber oranları %5,3 (N.7-Kabala) ve %53,8 (N.14-Yağıldere) arasında, film oranları %7,7 (N.14-Yağıldere) ve %33,3 (N.6-Karasu) arasında değişmiş, köpük sadece N.1 (Riva: %0,9) istasyonunda bulunmuştur. Mikroplastik tipleri bakımından (fiber, parça ve film) eylül döneminde göl ve nehir istasyonları arasında istatistiki açıdan bir anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (*Mann Whitney U*, $p>0,05$).



Şekil 4.9 Eylül döneminde mikroplastik tiplerinin % dağılımı (Grafiklerin altında yer alan veri tablosu mikroplastik tiplerinin oransal miktarını göstermektedir)

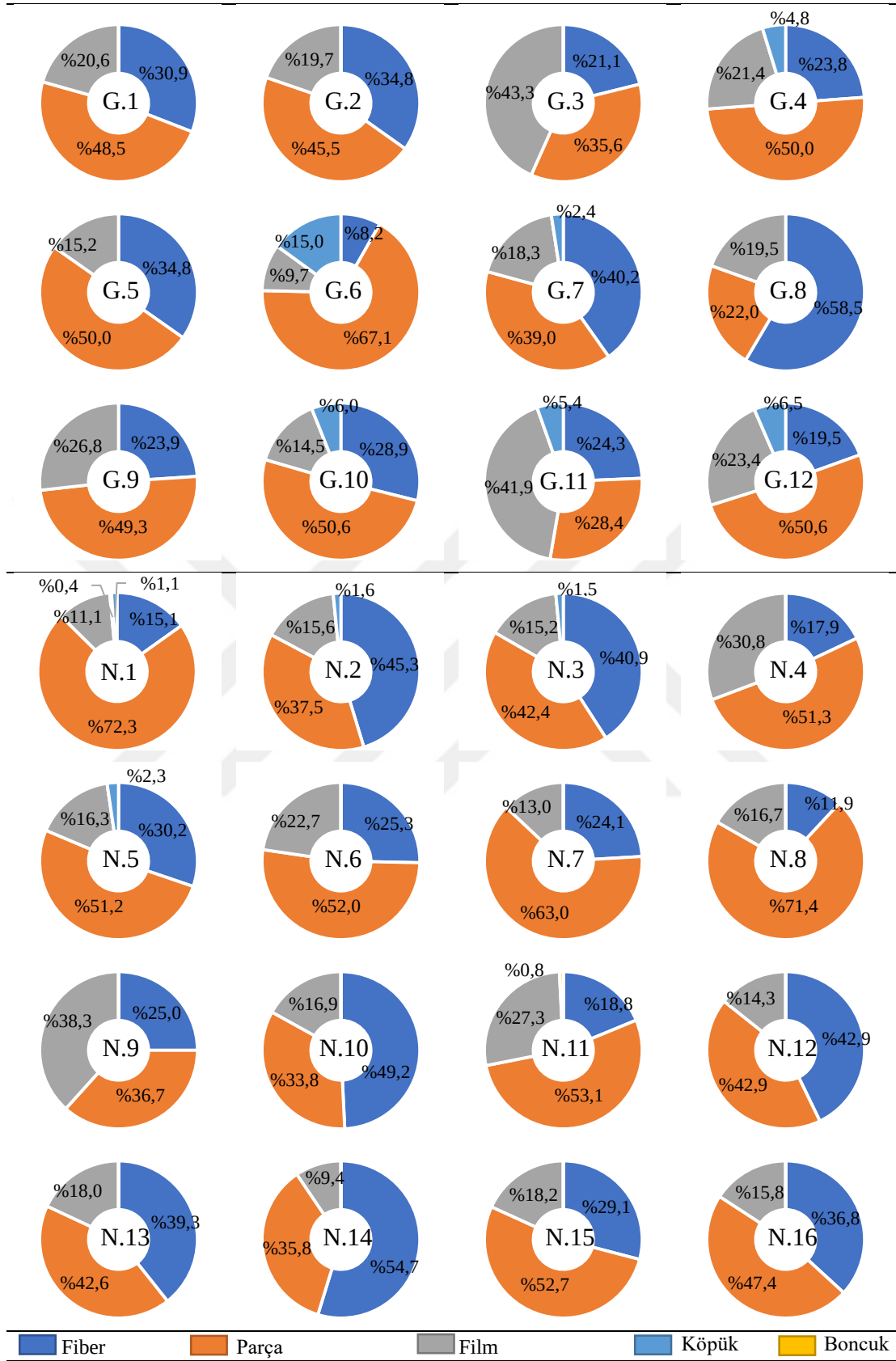
Nehir geçiş suyu istasyonlarında örneklem önemleri arasında mikroplastik tipleri bakımında statistiki açıdan bir farklılık gözlenmezken, geçiş suyu özelliğindeki gl istasyonlarının köpük miktarında temmuz önemi ve mayıs önemi arasında istatistiki açıdan anlamlı bir farklılık bulunmuştur (*Kruskal Wallis, $p < 0,05$*).

4.2.1.2. Mikroplastik tiplerinin havza genelinde değerlendirilmesi

Geçiş suyu istasyonlarının gl ya da nehir oluşuna bakılmaksızın değerlendirilmesi sonucu; en sık rastlanan mikroplastik tipi parça (%52,4) olmuşt, bunu fiber (%26,1), film (%19,2), köpük (%2,2) ve boncuk (%0,1) izlemiştir. Genel olarak mikroplastik tiplerinden parçaların, fiberlerin ve filmlerin istasyonlardaki oransal dağılımı birbirine yakın seviyelerde seyretmiştir. Genel oranlamada ise parça sayısının baskın olma sebebi en yüksek mikroplastik varlığı saptanan 3 istasyonda (G.6, N.1 ve N.8) yüksek sayıda parça ile karşılaşılmış olmasından kaynaklanmaktadır (Şekil 4.10).

Genel olarak mikroplastik tiplerinin dağılımı parça, fiber ve filmler için birkaç istasyon dışında homojen olmuştur. Göllerde Kamış (G.3) ve Dumanlı (G.11), nehirlerde ise Terme (N.11) istasyonlarında filmler baskın mikroplastik tipleri olurken, göllerde Karaboğaz (G.7) ve Liman (G.8), nehirlerde ise Sarısu (N.2), Yeşilırmak (N.10), Akçay (N.12), Yağlıdere (N.14) istasyonlarında fiberler baskın mikroplastik tipleri olmuştur. Bu istasyonlar dışında kalan istasyonlarda ise parçalar baskın mikroplastik tipi olarak bulunmuştur.

Örneklem istasyonlarında en sık rastlanılan mikroplastik tipi olan parçaların oransal dağılımı istasyonlar arasında %22-%72,3 arasında olmuştur. Parça baskın istasyon sayısı 19 olarak bulunmuş ve bunun 8'i gül, 11'i ise nehir olmuştur. En sık rastlanılan ikinci mikroplastiklerin tipi olan fiberlerin istasyonlar arasındaki oransal dağılımı %8,2-%58,5 arasında bulunmuştur. Fiber baskın istasyon sayısı 6 olarak bulunmuş, 4' nehir 2'si ise gl tipi örneklem noktası olmuştur. En sık karşılaşılan üçüncü mikroplastik tipi olan filmlerin istasyonlar arasındaki oransal dağılımı %9,4-%43,3 arasında bulunmuştur. Film baskın istasyon sayısı 3 olarak bulunmuş, 2'si gl 1'i ise nehir tipi örneklem noktası olmuştur.



Şekil 4.10 Mikroplastiklerin tiplerine göre örnekleme noktalarındaki oransal dağılımı (%)

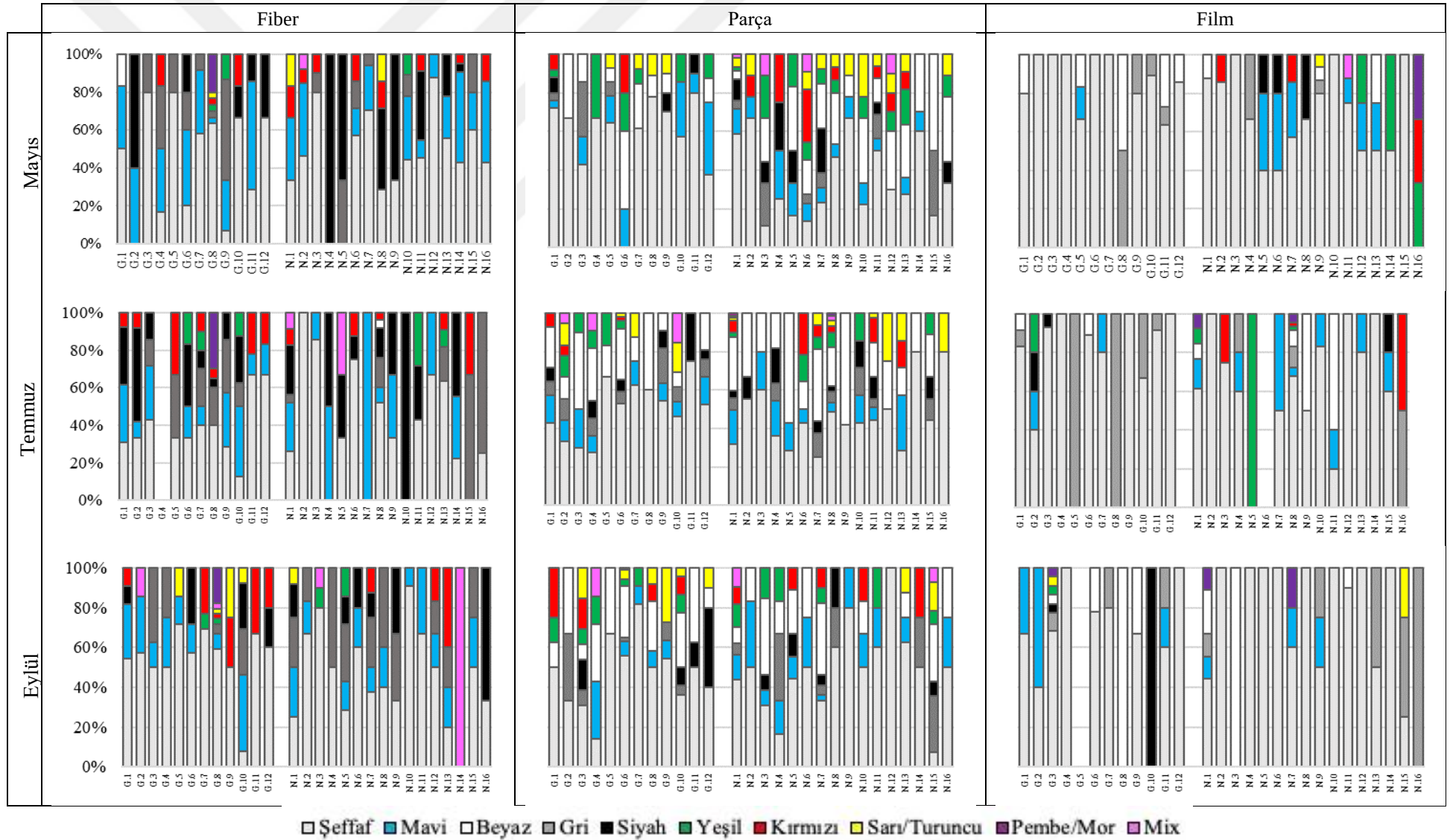
Örnekleme istasyonlarında köpük bulunan istasyonların 7'si göllerin 3'ü ise nehirlerin geçiş suyu örnekleme istasyonlarından olmuştur. Köpük parçalara geçiş suyu özelliğindeki göllerden G.4 (Acarlar), G.6 (Sarıkum), G.7 (Karaboğaz), G.10 (Uzun), G.11 (Dumanlı) ve G.12 (Simenit), nehirlerin geçiş suyu özelliğindeki N.1 (Riva), N.2 (Sarısü), N.3 (Sakarya) ve N.5 (Kapısuyu) istasyonlarında rastlanmıştır. En yüksek köpük miktarı G.6 numaralı istasyonda (%14,98-10,33±9,29 adet.400g⁻¹) bulunmuştur. En az rastlanılan mikroplastik tipi olan boncuklara ise sadece N.1 ve N.11 numaralı istasyonlarda rastlanmıştır.

4.2.2. Mikroplastiklerin renk dağılımı

Mikroplastiklerin renklerine göre sınıflandırılması sonucu 11 farklı renk grubunda (beyaz, gri, kırmızı, mavi, pembe/mor, sarı, siyah, şeffaf, sarı/turuncu, yeşil, çok renkli) mikroplastik ile karşılaşmıştır.

4.2.2.1. Mikroplastiklerin renklerinin zamana bağlı değişimi

İlk örnekleme dönemi olan mayısta baskın üç mikroplastik tipinde de en sık karşılaşılan renk şeffaf olmuştur (Şekil 4.11). Fiber tipi mikroplastiklerde baskın renk, geçiş suyu özelliğindeki hem göl (G.2, G.4, G.6, G.9 ve G.11 istasyonları hariç) hem de nehir tipi örnekleme istasyonlarında (N.1, N.4, N.5, N.8 ve N.16 istasyonları hariç) şeffaf (geçiş suyu özelliğindeki göllerde %0-80, nehirlerde %0-87,5 arasında) olmuş, bunu her iki grupta da mavi (geçiş suyu özelliğindeki göllerde %0-57,1, nehirler %0-47,6) ve gri (geçiş suyu özelliğindeki göllerde %0-53,3 arasında, nehirlerde %0-33,3 arasında) izlemiştir. Parça tipi mikroplastiklerde, geçiş suyu özelliğindeki hem göl (G.6 hariç, istasyonlardaki dağılım %0-80 arasında) hemde nehir örnekleme istasyonlarında baskın renk grubu şeffaf (istasyonlardaki dağılım %11,1-66,7 arasında) olmuştur. Parça tipi mikroplastiklerde en sık rastlanılan ikinci renk beyaz (geçiş suyu özelliğindeki hem göl hem de nehirlerde %0-33,3) olmuş bunu mavi (geçiş suyu özelliğindeki göllerde %0-28,6 arasında, nehirlerde %0-25 arasında) izlemiştir. Film tipi mikroplastiklerde, göl tipi örnekleme istasyonlarında G.8, nehir tipi örnekleme istasyonlarında ise N.5, N.6 ve N.14 dışındaki tüm istasyonlarda şeffaf (geçiş suyu özelliğindeki göllerde %0-100, nehirlerde %0-100 arasında) baskın renk olmuştur. Mayıs dönemindeki tüm köpüklerin rengi beyaz, karşılaşılan tek boncuğun ise yeşil olmuş, bu nedenle köpükler ve boncuklar için renk dağılım grafikleri verilmemiştir.



Şekil 4.11 Farklı örnekleme zamanlarında mikroplastik tiplerinin renkleri

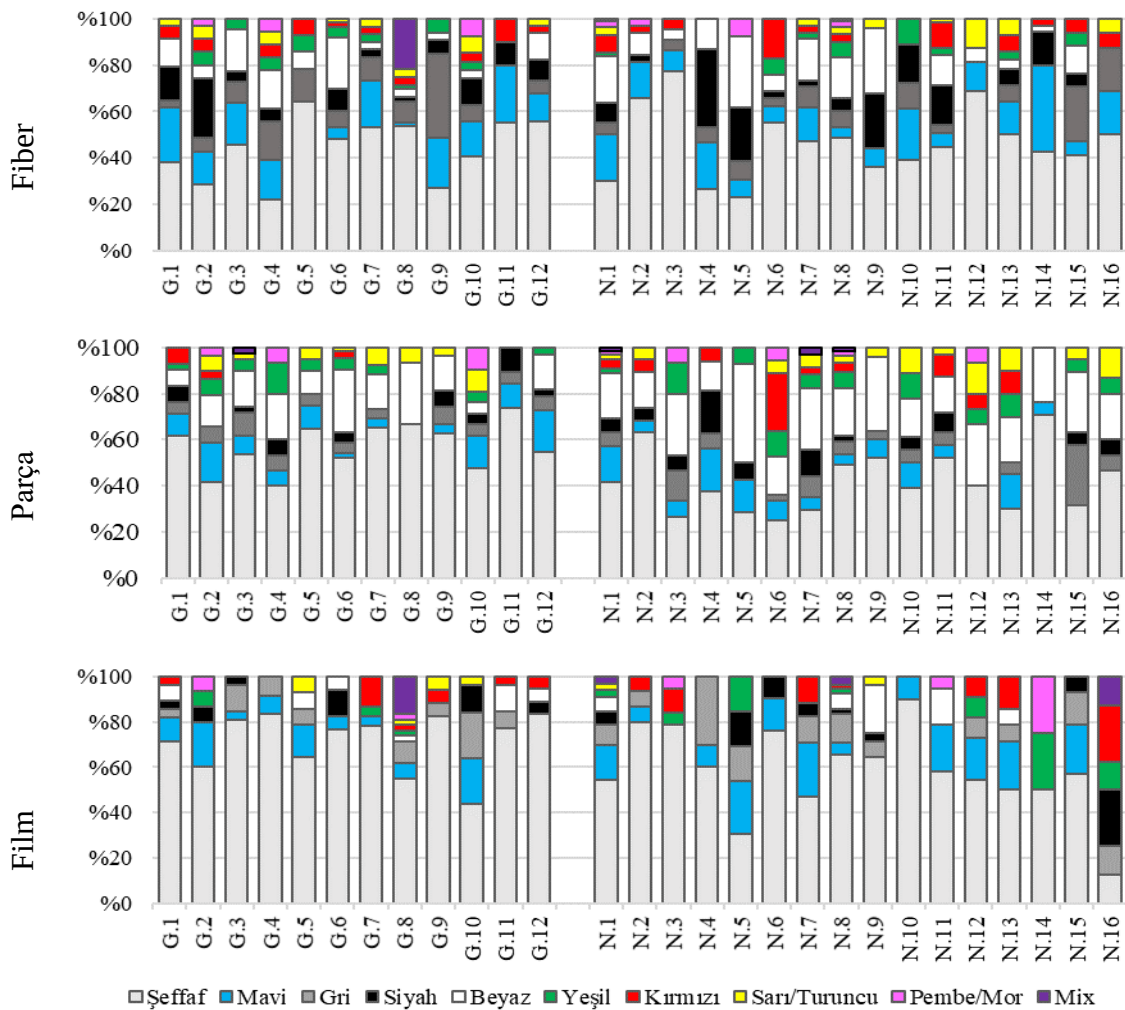
İkinci örnekleme zamanı olan temmuzda baskın üç mikroplastik tipinde de en sık karşılaşılan renk şeffaf olmuştur (Şekil 4.10). Fiber tipi mikroplastiklerde baskın renk, geçiş suyu özelliğindeki hem göl tipi örnekleme noktalarında (G.4, G.9 ve G.10 istasyonları hariç ve istasyonlardaki dağılım %0-66,67 arasında) hemde nehir tipi örnekleme istasyonlarında (N.4, N.7, N.10 ve N.15 hariç ve istasyonlardaki dağılım %0-100 arasında) şeffaf olmuştur. Fiber tipi mikroplastiklerde şeffaf rengi her iki grupta da siyah (geçiş suyu özelliğindeki göllerde %0-50 arasında, nehirlerde %0-44,4 arasında) izlemiştir. Parça tipi mikroplastiklerde, göl tipi örnekleme istasyonlarında G.3 ve G.4, nehir tipi örnekleme istasyonlarında ise N.7 ve N.13 dışında baskın renk şeffaf (istasyonlardaki dağılım geçiş suyu özelliğindeki göllerde %27,3-62,5 arasında, nehirlerde %25-80 arasında) olmuştur. Parça tipi mikroplastiklerde en sık rastlanılan ikinci renk her iki su tipinde de beyaz (geçiş suyu özelliğindeki göllerde %0-26,5 arasında, nehirlerde %0-58,3 arasında) olmuş bunu mavi (geçiş suyu özelliğindeki göllerde %0-14,3 arasında, nehirlerde %0-28,6 arasında) izlemiştir. Film tipi mikroplastikler, göl tipi örnekleme istasyonlarında G.5 ve G.8, nehir tipi örnekleme istasyonlarında ise N.5, N.11 ve N.16 dışındaki tüm istasyonlarda şeffaf (geçiş suyu özelliğindeki göllerde göllerde %0-100 arasında, nehirlerde %0-100 arasında) baskın renk olmuştur. Temmuz dönemindeki tüm köpüklerin rengi beyaz olmuş bu nedenle köpükler için renk dağılım grafikleri verilmemiştir.

Üçüncü örnekleme zamanı olan eylülde baskın üç mikroplastik tipinde de en sık karşılaşılan renk şeffaf olmuştur (Şekil 4.10). Fiber tipi mikroplastiklerde baskın renk, geçiş suyu özelliğindeki hem göl tipi örnekleme istasyonlarında (G.10 istasyonu hariç ve istasyonlardaki dağılımı %7,7-71,4 arasında) hemde nehir tipi örnekleme istasyonlarında (istasyonlardaki dağılım %0-90,9 arasında) şeffaf olmuştur. Şeffaf rengi her iki grupta da mavi (geçiş suyu özelliğindeki göllerde %0-38,5 arasında, nehirlerde %0-33,3 arasında) izlemiştir. Parça tipi mikroplastiklerde, geçiş suyu özelliğindeki göl tipi örnekleme istasyonlarında G.2 ve G.4, nehir tipi örnekleme istasyonlarında N.3, N.4, N.7 ve N.15 dışında baskın renk şeffaf (geçiş suyu özelliğindeki göllerde %14,29-81,82 arasında, nehirlerde %7,14-80 arasında) olmuştur. Parça tipi mikroplastiklerde en sık rastlanılan ikinci renk beyaz (geçiş suyu özelliğindeki göllerde %0-37,5 arasında, nehirlerde %0-38,5 arasında) olmuştur. Film tipi mikroplastiklere eylül döneminde G.5 istasyonunda rastlanmamıştır, göl tipi örnekleme istasyonlarında G.10, nehir tipi örnekleme istasyonlarında ise N.15 ve N.26 dışındaki tüm istasyonlarda şeffaf (istasyonlardaki dağılım göllerde %0-100, nehirlerde %0-100 arasında) baskın renk olmuştur. Eylül dönemindeki tüm köpüklerin

rengi beyaz karşılaşılan tek boncuğun ise beyaz olmuş, bu nedenle köpükler ve boncuklar için renk dağılım grafikleri verilmemiştir.

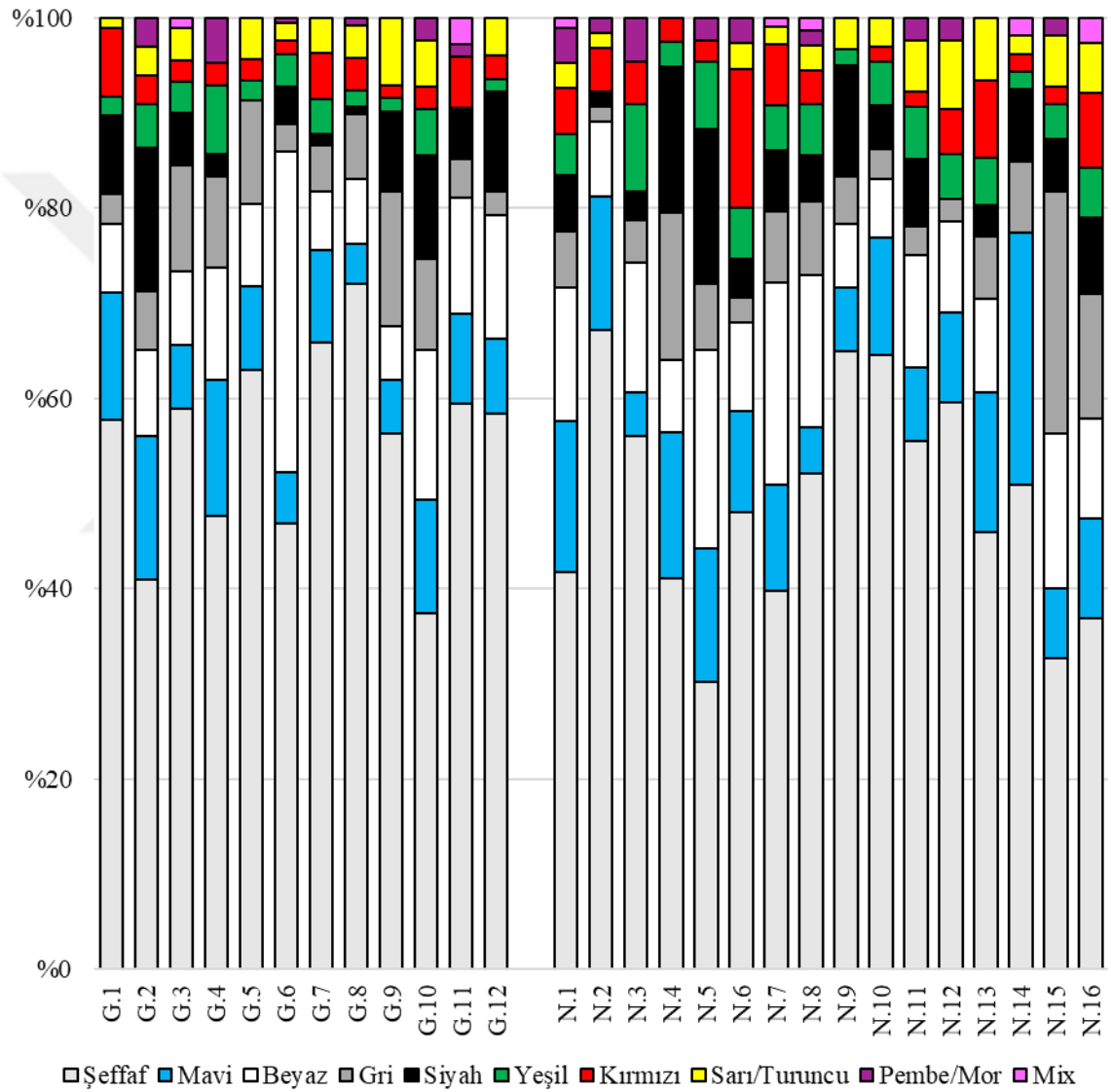
4.2.2.2. Mikroplastiklerin renklerinin havza genelinde değerlendirilmesi

Karşılaşılan mikroplastiklerin renklerinin üç farklı örnekleme zamanındaki oransal dağılımı genel olarak benzerlik göstermiştir. Parça, film ve fiber tipi mikroplastiklerin örnekleme istasyonlarındaki üç dönem ortalaması renk dağılımları Şekil 4.12’de verilmiştir. Birkaç istasyon dışında baskın renk şeffaf olmuştur. Şeffaf renk oranı özellikle filmlerde (şeffaf renk oranı göllerde %69,6, nehirlerde %61,8) daha yüksek olurken fiberlerde (şeffaf renk oranı dağılım göllerde %44,6, nehirlerde %45,6) ve parçalarda (şeffaf renk oranı dağılım göllerde %56,4, nehirlerde %44) şeffaf haricindeki renkler ile daha fazla karşılaşılmıştır. Köpüklerde karşılaşılan tek renk beyaz olmuş, boncuklarda ise (2 adet) yeşil ve beyaz olmuştur, bu nedenle köpükler ve boncuklar için renk dağılım grafikleri verilmemiştir. Nehir istasyonlarında şeffaf dışındaki mikroplastiklerin (özellikle parça ve fiber tipi mikroplastiklerde) oransal dağılımı göl istasyonlarından daha yüksek olmuştur.



Şekil 4.12 Mikroplastik tiplerinin renk dağılımı

Renklerin mikroplastik tiplerine bakılmaksızın istasyonlardaki genel dağılımı incelendiğinde en sık karşılaşılan renk grubu %51,7 oranla şeffaf (%30,2-72) olmuştur (Şekil 4.13). Diğer renklerin oransal miktarları en sık karşılaşıma sırasıyla beyaz: %13,3 (%0-33,8), mavi: %9,8 (%4,2-26,4), gri: %6,6 (%1,6-25,4), siyah: %5,88 (%0-16,3), yeşil: %3,9 (%0-9,1), kırmızı: %3,9 (%0-14,7), sarı/turuncu: %3 (%0-7,1), pembe/mor: %1,4 (%0-4,8), çok renkli: %0,5 (%0-2,7) olmuştur.



Şekil 4.13 Mikroplastiklerin (tiplerine bakılmaksızın) renklerine göre istasyonlardaki oransal dağılımı

4.2.3. Mikroplastik çeşitliliğinin genel değerlendirilmesi

Tip ve renkleri baz alınarak gruplandırılan mikroplastik miktarı üzerinden istasyonlardaki mikroplastik çeşitliliği değerlendirilmiştir. Geçiş suyu istasyonların her biri, nehir/göl oluşuna bağlı olarak her bir istasyonun üç dönem ortalaması kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir. [ANOSIM Global R: 0,025 ($p>0,05$)] gruplar arasında farklılık olmadığı gözlenmiştir.

İstasyonların ait oldukları havzalara bağlı olarak [ANOSIM Global R: 0,086 ($p=0,059$)] değerlendirildiğinde, ANOSIM sonuçlarında Doğu Karadeniz Havzasının; Kızılırmak [ANOSIM Global R: 0,227 ($p: 0,019$)], Yeşilirmak [ANOSIM Global R: 0,538 ($p: 0,024$)] ve Batı Karadeniz [ANOSIM Global R: 0,292 ($p: 0,008$)] Havzalarından farklı olduğu görülmüştür. Havzalara ait SIMPER sonuçları (benzerlik/benzemezlik oranları) Tablo 4.3’de sunulmuştur.

Tablo 4.3 Havzaların benzerlik ve farklılık oranları (%)

	Marmara Havzası	Sakarya Havzası	Batı Karadeniz Havzası	Kızılırmak Havzası	Yeşilirmak Havzası	Doğu Karadeniz Havzası
Marmara Havzası	61,69					
Sakarya Havzası	39,84	63,99				
Batı Karadeniz Havzası	38,11	38,64	60,40			
Kızılırmak Havzası	39,22	40,66	42,71	59,43		
Yeşilirmak Havzası	34,05	36,93	36,70	37,95	68,31	
Doğu Karadeniz Havzası	40,87	35,51	41,34	41,58	40,32	64,52

Koyu renkli değerler grup içi benzerlikleri, diğer değerler ise gruplar arasındaki farklılıkları göstermektedir

SIMPER sonuçlarına göre Doğu Karadeniz Havzası ile Batı Karadeniz, Kızılırmak ve Yeşilirmak Havzaları arasındaki benzerliğin %40’ın altında kaldığı ve farklılıklara benzemezliğe sebep olan başlıca mikroplastik çeşidinin (tip+renk) şeffaf filmler olduğu görülmüştür. Ayrıca şeffaf, mavi, beyaz ve gri parçaların ve şeffaf, siyah ve gri fiberlerin ortalama miktarlarının Doğu Karadeniz Havzasında diğer havzalara göre daha düşük bulunduğu gözlenmiştir.

İstasyonların her biri göl ya da nehir oluşuna bakılmaksızın kendi içerisinde gruplandırılarak değerlendirildiğinde ise ANOSIM sonuçlarına göre [Global R: 0,232 (p: 0,001)] bazı farklılıklar olduğu görülmüştür. Bu nedenle grup içlerindeki benzerlik ve gruplar arasındaki farklılıklar SIMPER analizi ile araştırılmış ve analiz sonuçları, istasyonların kendi içindeki benzerliği (koyu renkler) ve istasyonlar arasındaki farklılık (benzemezlik) oranları bulunan matris, Tablo 4.4’de sunulmuştur. Grup içi en düşük benzerlik gösteren istasyon N.8 (Kızıllırmak) olmuştur. Bu duruma N.8 istasyonunda eylül döneminde diğer dönemlere oranla mikrobiyal çeşitliliği ve sayısındaki ani artış sebep olmuştur. İstasyonlar arasındaki birbirinden en farklı iki istasyon ise N.4 (Filyos) ve G.8 (Liman) olmuştur. G.8 istasyonunda fiber, N.4 istasyonunda ise parça baskındır. Bu durum SIMPER sonuçlarına göre G.8 istasyonunun çeşitli renklerdeki yüksek fiber miktarından kaynaklanmıştır.

Sonuç olarak istasyonların hem kendi içlerinde, grup içi benzerlik yüzdelerinden yola çıkarak örnekleme dönemlerinde de oldukça farklılıklar gösterdiği, hem de birbirleri ile olan benzerlik oranlarının çok değişken olduğu gözlenmiştir. Bu durum birim miktar verilerinde de benzer olarak, yüksek standart sapma değerleri ile mikrobiyal çeşitliliği ve miktarındaki heterojenliği göstermektedir.

Tablo 4.4 Araştırma istasyonlarının mikropplastik çeşitliliği bakımından benzerlik ve farklılık oranları (%)

G.1	62,52																													
G.2	43,14	54,13																												
G.3	41,87	46,46	58,79																											
G.4	52,33	53,42	47,72	48,07																										
G.5	51,32	54,40	47,48	53,03	44,69																									
G.6	47,64	52,25	50,24	54,82	63,26	49,78																								
G.7	41,42	48,48	41,55	50,25	45,93	52,46	62,01																							
G.8	53,90	61,53	56,40	63,81	50,04	65,11	46,83	74,44																						
G.9	43,13	50,38	41,71	52,33	50,40	54,46	40,51	53,45	56,31																					
G.10	44,12	50,48	45,99	52,45	54,66	49,06	44,48	55,45	45,27	44,87																				
G.11	51,59	52,66	47,65	54,76	53,50	58,65	41,91	58,31	42,99	48,39	61,68																			
G.12	40,05	47,09	41,00	51,89	48,59	49,83	40,20	56,72	42,97	46,43	40,98	58,15																		
G.1	G.2	G.3	G.4	G.5	G.6	G.7	G.8	G.9	G.10	G.11	G.12																			
43,12	52,59	49,88	57,04	61,68	43,25	52,03	58,88	50,74	48,42	55,35	48,25	N.1	67,02																	
43,21	47,66	43,53	50,91	46,60	57,59	38,68	51,89	45,84	51,24	43,21	41,82	N.2	58,15	53,89																
48,44	52,19	45,59	49,85	49,29	56,59	44,86	53,52	52,87	55,96	51,05	45,32	N.3	57,33	41,92	51,16															
52,16	53,24	51,11	53,50	60,53	58,69	58,18	72,12	53,13	53,86	54,60	52,61	N.4	62,88	57,06	57,62	46,38														
55,14	50,79	50,49	52,21	58,30	54,81	54,52	62,29	55,99	53,20	57,19	52,06	N.5	62,52	52,77	52,71	48,03	50,08													
41,55	45,28	42,13	50,82	48,63	51,02	43,85	54,77	51,49	47,88	52,22	43,63	N.6	51,98	44,20	45,32	54,63	48,01	52,60												
40,41	44,60	43,28	50,50	54,90	46,43	45,55	58,88	47,49	49,01	51,98	47,29	N.7	43,49	48,64	47,28	50,77	50,94	45,89	62,83											
47,53	52,39	48,41	55,79	58,15	53,85	51,34	59,03	49,33	51,28	54,23	50,68	N.8	47,93	53,06	56,26	58,40	56,62	51,34	47,23	34,30										
45,59	48,50	45,08	57,25	51,54	54,27	45,32	57,51	42,94	46,85	43,19	43,76	N.9	55,77	49,17	56,49	50,67	50,62	49,66	54,87	52,78	55,87									
42,60	45,27	41,49	47,90	51,75	53,08	40,97	60,57	46,46	49,56	49,22	44,02	N.10	57,23	42,14	45,61	47,36	48,52	43,43	43,73	52,45	47,65	49,06								
37,43	46,16	44,06	56,58	54,92	47,43	44,24	58,90	45,20	49,03	47,12	40,57	N.11	44,22	46,84	49,38	54,46	55,07	44,63	42,05	49,84	46,05	44,51	50,57							
48,21	46,32	47,83	47,38	43,85	59,15	44,05	52,57	50,39	55,20	50,53	48,78	N.12	61,00	40,68	48,87	61,83	56,88	45,97	49,23	52,77	51,87	46,57	51,95	57,75						
42,26	46,19	43,20	49,53	44,38	51,85	36,44	45,63	43,75	46,51	48,47	43,91	N.13	51,77	41,22	47,33	52,01	49,34	40,77	43,80	49,90	44,02	41,19	43,81	40,35	57,78					
47,18	45,33	54,18	58,00	57,65	61,40	52,85	62,34	53,55	55,25	54,47	52,66	N.14	64,06	47,23	56,48	56,78	54,80	52,19	55,76	57,53	51,61	49,82	54,52	48,60	52,15	40,22				
52,25	47,58	42,50	45,73	52,03	56,05	50,93	59,29	49,71	54,33	55,33	53,03	N.15	56,05	52,17	48,48	52,97	53,52	52,80	41,07	52,44	58,80	50,76	54,83	48,08	50,34	58,28	54,86			
60,93	61,74	57,45	61,31	51,94	67,86	56,55	57,13	57,05	55,89	57,78	58,48	N.16	68,56	55,94	58,83	61,99	56,95	56,93	59,97	61,84	55,20	59,35	63,03	54,38	52,39	61,66	60,92	40,50		
														N.1	N.2	N.3	N.4	N.5	N.6	N.7	N.8	N.9	N.10	N.11	N.12	N.13	N.14	N.15	N.16	

Koyu renkli işaretlenmiş ve çerçevelere alınmış değerler grup içi benzerlikleri, diğer değerler ise gruplar arasındaki farklılıkların oranlarını ifade etmektedir. Renk geçişlerindeki yeşilden kırmızıya dönüşüm yüksek benzerlikten yüksek farklılığa doğru geçişin görünümünde kolaylık sağlanması açısından tercih edilmiştir

4.3.Mikroplastiklerin Boyları

Araştırma sırasında boyları ölçülen mikroplastikler, tiplerine göre ayrılarak ortalama boyları hesaplanmış ayrıca mikroplastikler belirlenen boy sınıflarına göre (<0,25 mm, 0,25-0,5 mm, 0,5 mm-1 mm, 1-2 mm ve 2-5 mm) gruplandırılmıştır. Bu iki değerlendirme iki ayrı başlık altında irdelenmiştir.

4.3.1. Mikroplastik tiplerinin ortalama boyları bakımından değerlendirilmesi

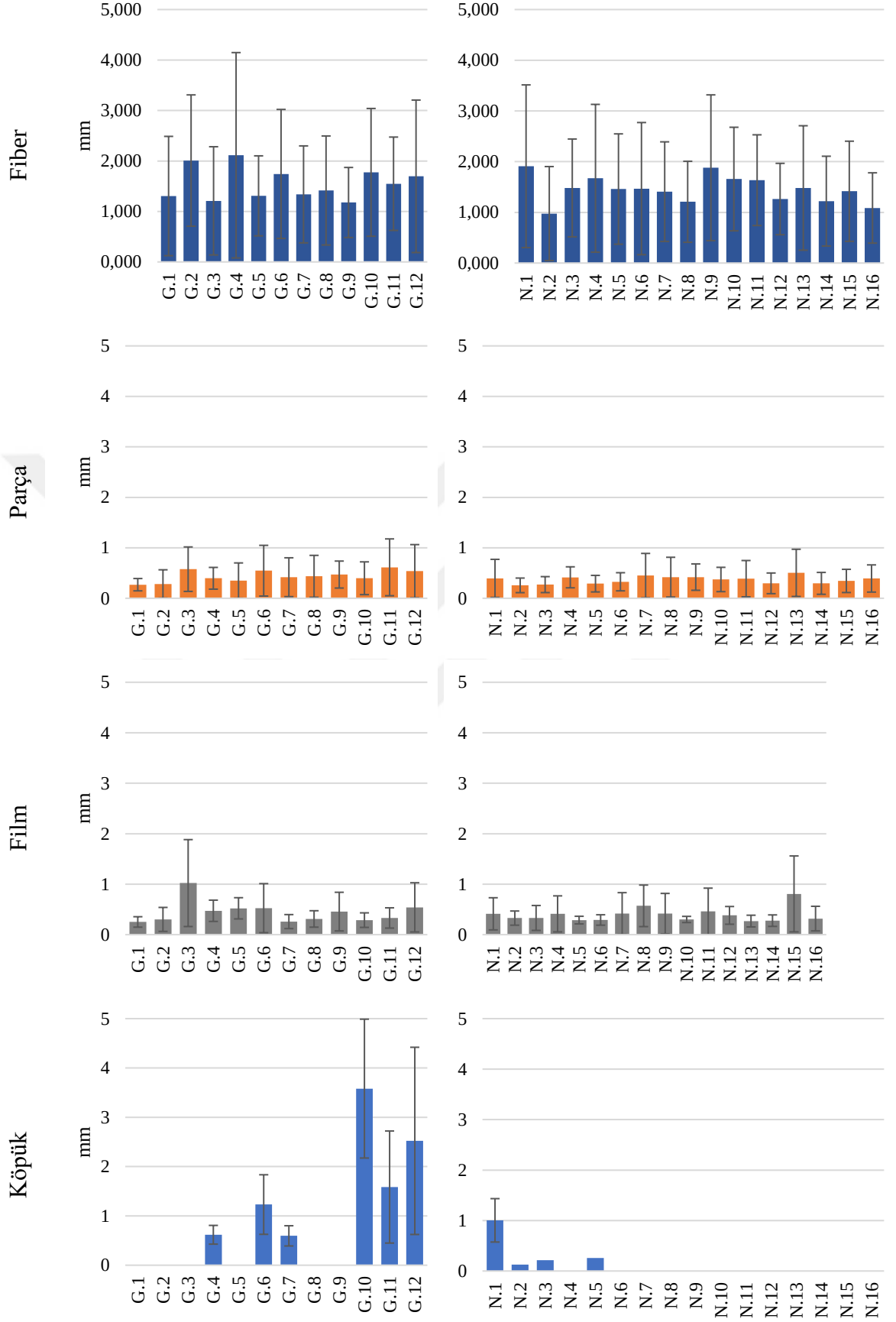
Araştırma sırasında en küçük mikroplastik boyu 0,070 mm, en büyük ise 4,996 mm olarak ölçülmüş, ölçülen tüm mikroplastiklerin ortalama boyu $0,751\pm1,005$ mm olarak hesaplanmıştır. Mikroplastik tiplerine göre boy verileri irdelendiğinde ise parça tipi mikroplastiklerde en küçük parça boyu 0,101 mm, en büyük ise 4,392 mm olarak ölçülmüş, ölçülen tüm parçaların ortalama boyu $0,411\pm0,430$ mm olarak hesaplanmıştır. Fiber tipi mikroplastiklerde en küçük boy 0,205 mm, en büyük ise 4,996 mm olarak ölçülmüş, ölçülen tüm fiberlerin ortalama boyu $1,394\pm0,954$ mm olarak hesaplanmıştır. Film tipi mikroplastiklerde en küçük boy 0,103 mm, en büyük ise 4,201 mm olarak ölçülmüş, ölçülen tüm filmlerin ortalama boyu $0,489\pm0,494$ mm olarak hesaplanmıştır. Köpük tipi mikroplastiklerde en küçük boy 0,257 mm, en büyük ise 4,865 mm olarak ölçülmüş, ölçülen tüm köpüklerin ortalama boyu $1,322\pm1,056$ mm olarak hesaplanmıştır.

Tek tek boyları ölçülen mikroplastiklerin tiplerine göre sınıflandırılmış ve ortalama boyları her bir örnekleme zamanı ve her bir istasyon için hesaplanmıştır. Tüm ortalama boy verileri fiberler, parçalar ve filmler için Tablo 4.5’de verilmiştir. Varyans analizi yapılabilecek yeterli sayıda mikroplastik bulunduran her bir istasyonun 3 farklı dönem verileri istatistiki açıdan değerlendirilmiş ve istasyonların kendi içinde örneklem dönemleri bakımından herhangi bir farklılık gözlenmemiştir (*Kruskal Wallis, $p>0,05$*). Düşük miktarda rastlanılan köpük ve boncuk boyları istatistiki açıdan değerlendirilememiştir.

Tablo 4.5 Fiber, parça ve filmlerin üç farklı örnekleme zamanındaki ortalama boy (mm) ve standart sapma değerleri

İstasyon kodu	Fiber			Parça			Film			Köpük		
	Mayıs	Temmuz	Eylül	Mayıs	Temmuz	Eylül	Mayıs	Temmuz	Eylül	Mayıs	Temmuz	Eylül
G.1	1,043±1,026	1,283±0,725	1,002±0,755	0,258±0,142	0,213±0,103	0,286±0,155	0,292±0,121	0,274±0,098	0,263±0,059			
G.2	1,651±0,978	1,58±0,896	2,664±1,538	0,209±0,042	0,359±0,395	0,213±0,083	0,255±0,062	0,429±0,221	0,222±0,109			
G.3	0,584±0,182	1,105±0,612	1,118±0,533	0,821±0,681	0,296±0,157	0,650±0,351	0,235±0,044	0,832±0,64	1,282±0,942			
G.4	1,204±0,778	-	2,033±1,693	0,424±0,206	0,429±0,237	0,231±0,197	0,354	0,49±0,222	0,352		0,617±0,190	
G.5	1,430±1,064	1,176±0,645	1,299±0,764	0,442±0,426	0,224±0,068	0,181±0,035	0,506±0,226	0,616				
G.6	0,810±0,416	2,120±0,960	1,54±0,894	0,224±0,072	0,492±0,524	0,575±0,651	0,356±0,020	0,289±0,141	0,825±1,286	0,878	1,348±0,627	1,068±0,552
G.7	1,730±1,350	1,362±0,697	0,988±0,588	0,596±0,482	0,316±0,141	0,281±0,310	0,320±0,147	0,298±0,166	0,218±0,064	0,450	0,741	
G.8	1,200±0,671	1,462±0,695	1,384±1,064	0,284±0,164	0,376±0,123	0,572±0,637	0,347±0,228	0,341±0,143	0,274±0,076			
G.9	1,421±0,775	0,644±0,162	1,596±0,575	0,572±0,272	0,531±0,32	0,350±0,173	0,489±0,393	0,258±0,072	0,694±0,515			
G.10	1,193±0,982	3,054±1,582	1,407±0,778	0,349±0,203	0,304±0,12	0,467±0,711	0,239±0,027	0,500±0,332	0,297		3,095±1,423	2,811±1,612
G.11	1,834±0,611	1,128±0,647	2,335±1,579	0,24±0,186	1,702±1,302	0,672±0,650	0,294±0,174	0,317±0,166	0,432±0,279		1,926±1,113	0,563
G.12	1,211±0,400	1,384±1,224	1,594±0,767	0,297±0,224	0,716±0,777	0,339±0,288	0,566±0,510	0,325±0,096	0,821±0,728		2,521±1,898	
N.1	1,869±1,449	1,074±0,635	1,797±1,076	0,253±0,139	0,409±0,573	0,45±0,494	0,308±0,082	0,676±0,422	0,330±0,205		0,776±0,242	1,460
N.2	0,563±0,232	1,766±1,56	0,827±0,409	0,257±0,152	0,236±0,217	0,225±0,100	0,309±0,129	0,556	0,280±0,133		1,274	
N.3	1,551±1,005	1,415±0,975	1,658±1,088	0,32±0,178	0,22±0,168	0,208±0,058	0,268	0,295	0,356±0,273		0,264	
N.4	0,75±0,695	2,100±0,288	2,002±2,212	0,221±0,125	0,332±0,255	0,432±0,244	0,256±0,039	0,421±0,29	0,557±0,460			
N.5	2,253±2,166	1,37±0,438	0,876±0,593	0,217±0,133	0,236±0,197	0,300±0,173	0,298±0,080	0,237	0,242	0,257		
N.6	1,016±0,754	2,009±0,666	1,136±0,493	0,312±0,179	0,400±0,226	0,295±0,186	0,348±0,119		0,258±0,085			
N.7	1,401±1,134	1,275±0,641	0,454	0,426±0,228	0,478±0,575	0,395±0,301	0,236±0,116	0,774±0,747	0,200±0,100			
N.8	1,073±0,380	0,554±0,224	1,384±0,891	0,306±0,131	0,282±0,088	0,454±0,56	0,717±0,476	0,341±0,07	0,565±0,415			
N.9	2,138±1,03	1,693±1,327	1,072±0,764	0,405±0,251	0,426±0,373	0,432±0,230	0,316±0,134	0,379±0,349	0,724±0,762			
N.10	1,927±1,137	1,702±0,806	1,413±1,132	0,247±0,151	0,434±0,332	0,452±0,270	0,32±0,088	0,272±0,047	0,301±0,058			
N.11	1,295±0,618	1,583±0,634	2,212±1,222	0,367±0,261	0,344±0,222	0,394±0,401	0,266±0,110	0,274±0,087	0,642±0,908			
N.12	1,192±0,406	1,66±0,904	0,806±0,674	0,361±0,251	0,23±0,095	0,202±0,085	0,296±0,147	0,541	0,349			
N.13	1,035±0,525	1,472±0,525	1,395±1,354	0,822±0,893	0,252±0,133	0,202±0,128	0,255±0,154	0,216±0,090	0,302±0,104			
N.14	1,007±0,599	0,949	1,840±1,310	0,395±0,258	0,201±0,041	0,206±0,085	0,266±0,042	0,357±0,133	0,238			
N.15	2,485±0,770	1,261±0,541	0,422±0,077	0,311±0,156	0,361±0,286	0,337±0,169	0,250	1,372±1,687	0,471±0,258			
N.16	1,012±0,702	1,692±0,651	0,543±0,369	0,471±0,346	0,213±0,052	0,393±0,142	0,182±0,082	0,585	0,433±0,412			

Mikroplastiklerin tiplerine göre üç dönemin ortalama boy verileri Şekil 4.14’de verilmiş olup, üç farklı örneklem döneminin ortalama boy verileri fiberler için göl istasyonlarında $1,177\pm0,694$ mm (G.10)- $2,113\pm2,034$ mm (G.4), nehir istasyonlarında $0,975\pm0,927$ mm (N.2)- $1,879\pm1,437$ mm (N.9) arasında, parçalar göl istasyonlarında $0,269\pm0,122$ mm (G.1)- $0,613\pm0,563$ mm (G.11), nehir istasyonlarında $0,256\pm0,144$ mm (N.2)- $0,504\pm0,468$ mm (N.13) arasında, filmlerde göl istasyonlarında $0,252\pm0,103$ mm (G.1)- $1,021\pm0,860$ mm (G.3), nehir istasyonlarında $0,269\pm0,116$ mm (N13)- $0,807\pm0,752$ mm (N.15) arasında, köpüklerde göl istasyonlarında $0,610$ mm (G.7)- $3,581\pm1,468$ mm (G.10), nehir istasyonlarında $0,257$ mm (N.2)- $1,274$ mm (N.1) arasında olmuştur. Boncuklara sadece nehir istasyonlarında rastlanmış ve boyları da $0,070$ - $0,097$ mm arasında olmuştur. Su tipleri bakımından geçiş suyu özelliğindeki göl örnekleme istasyonlarındaki mikroplastiklerin ortalama boylarının nehirlerin geçiş suyu özelliğindeki örnekleme istasyonlarına göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.14 Çalışma süresince mikroplastik tiplerinin ortalama boy ve standart sapmaları

4.3.2. Mikroplastiklerin boy grupları bakımından değerlendirilmesi

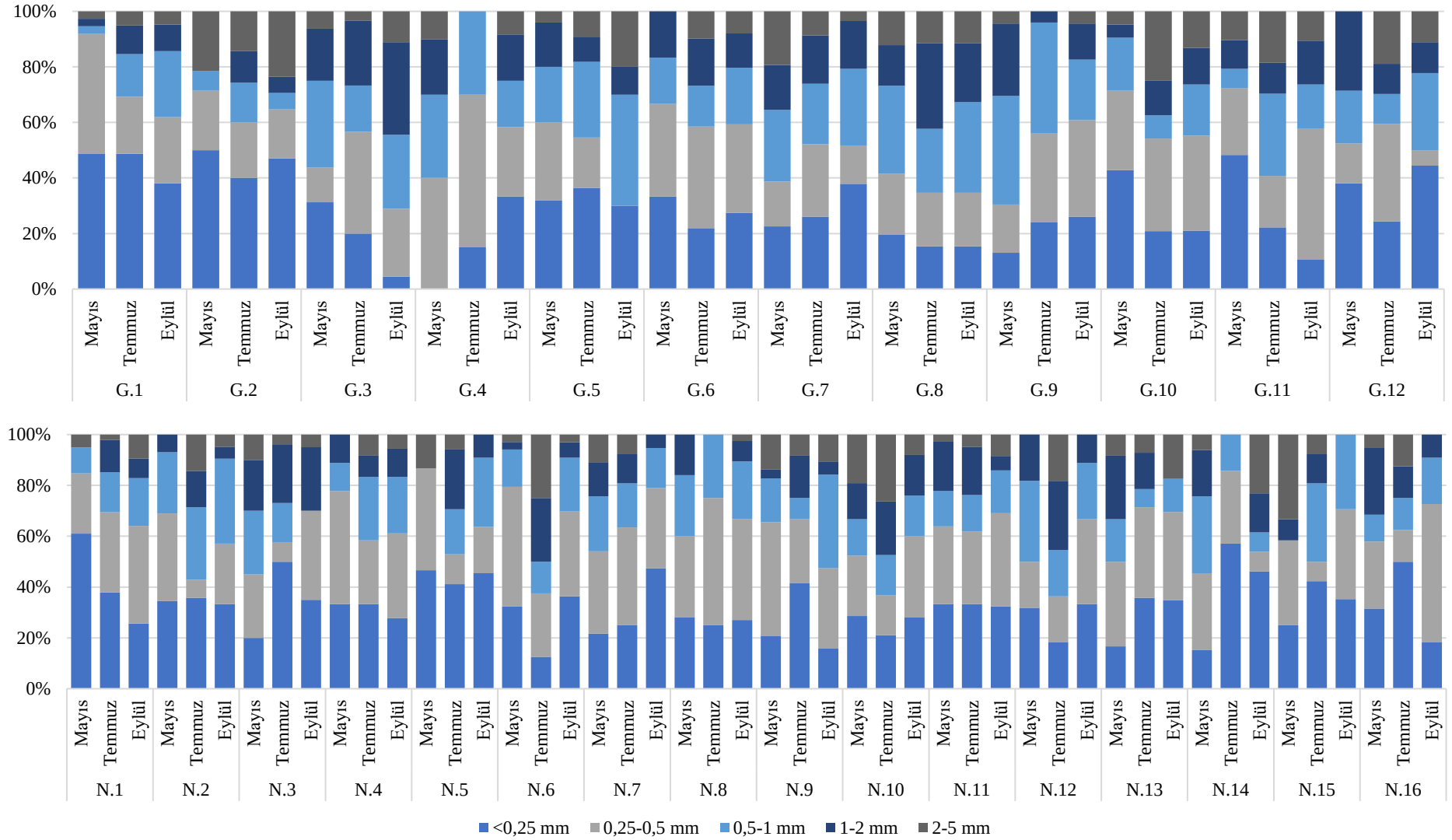
Farklı boy sınıflarında gruplandırılan mikroplastikler her bir istasyon ve üç farklı örneklem zamanı için Şekil 4.15’de verilmiştir. Genel olarak hem göl hem de nehir istasyonlarında her üç örneklem zamanında da en sık karşılaşılan boy grupları <0,25 mm ve 0,25-0,5 mm olmuştur.

Göl istasyonlarındaki mikroplastiklerin boy grupları bakımında değerlendirilmesi sonucu mayıs, temmuz ve eylül dönemleri için sırasıyla <0,25 mm boy grubunda: %0-48,6; %15-48,7; %4,4-44,4, 0,25-0,5 mm boy grubunda: %14,3-43,2; %18,2-55; %0-47,4, 0,5-1 mm boy grubunda %2,7-39,1; %8,3-40; %5,9-32,7, 1-2 mm boy grubunda %0-28,6; %0-30,8; %5,9-33,3, 2-5 mm boy grubunda %0-21,4; %0-18,9; %3,4-23,5 arasında olmuştur.

Nehir istasyonlarındaki mikroplastiklerin boy grupları bakımında değerlendirilmesi sonucu mayıs, temmuz ve eylül dönemleri için sırasıyla <0,25 mm boy grubunda: %15,1-61; %12,5-57,1; %15,8-47,4, 0,25-0,5 mm boy grubunda: %18,2-47,1; %7,1-38,5; %7,7-54,5, 0,5-1 mm boy grubunda %10,2-31,8; %7,1-30,8; %0-36,8, 1-2 mm boy grubunda %0-26,3; %0-27,3; %0-15,4, 2-5 mm boy grubunda %0-33,3; %0-26,3; %0-23,1 arasında olmuştur.

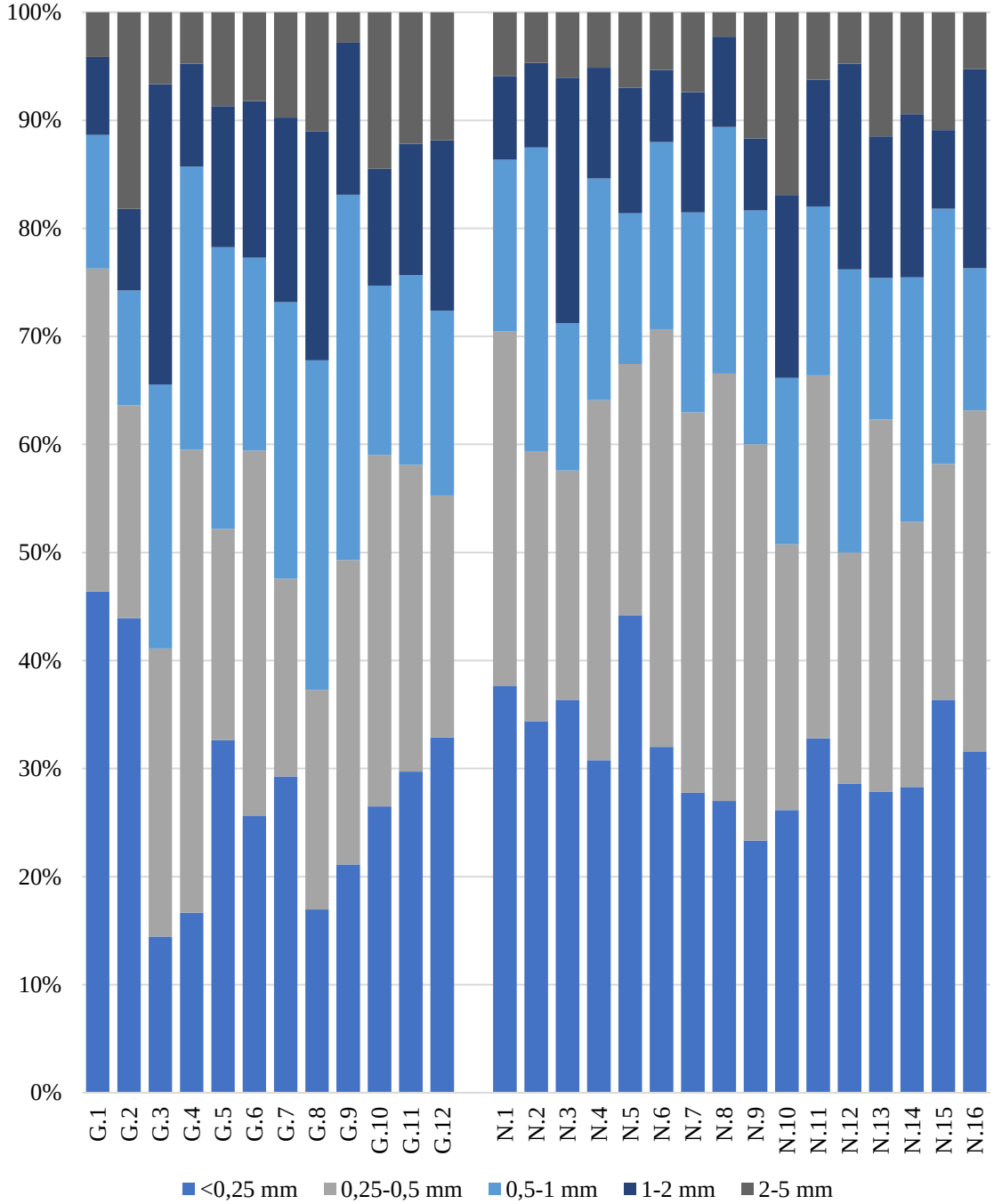
Farklı örneklem zamanları boy grupları bakımından istatistiki açıdan anlamlı bir fark oluşmasına neden olmamıştır (*Kruskal Wallis, $p>0,05$*). Genel olarak üç farklı dönem de de istatistiki açıdan önemli olmasa da nehir istasyonlarında daha küçük boy gruplarındaki mikroplastiklerin oransal dağılım göl istasyonlarında yüksek olmuştur. Yani küçük boy grubundaki mikroplastiklere daha çok nehir istasyonlarında rastlanmıştır.

Üç farklı örneklem dönemi genel olarak değerlendirildiğinde göl istasyonlarındaki mikroplastiklerin boy grupları bakımından değerlendirilmesi sonucu oransal dağılım <0,25 mm boy grubunda %27,6 (%14,4-46,4), 0,25-0,5 mm boy grubunda %27,3 (%19,6-42,9), 0,5-1 mm boy grubunda %21 (%10,6-33,8), 1-2 mm boy grubunda %14,8 (%7,2-21,2) ve 2-5 mm boy grubunda %9,3 (%4,1-18,2) arasında, Nehir istasyonlarında ise <0,25 mm boy grubunda %31,5 (%26,1-44,2), 0,25-0,5 mm boy grubunda %32,4 (%21,2-39,5), 0,5-1 mm boy grubunda %18,9 (%13,2-28,1), 1-2 mm boy grubunda %10,7 (%6,7-22,7) ve 2-5 mm boy grubunda %6,4 (%2,2-16,9) arasında olmuştur.



Şekil 4.15 Farklı örnekleme zamanlarında mikroplastiklerin boy gruplarındaki oransal dağılımı

İstasyonların göl ya da nehir tipi oluşuna bakılmaksızın değerlendirilmesi sonucu boy gruplarının sırasıyla oransal miktarları <0,25 mm: %29,9 (%14,4-46,4); 0,25-0,5 mm: %30,3 (%19,6-42,9); 0,5-1 mm: %19,8 (%10,6-33,8); 1-2 mm: %12,4 (%6,7-22,7), 2-5 mm: %7,6 (%2,2-18,2) olmuştur (Şekil 4.16) Boy grupları istasyonlar bakımından irdelendiğinde ise G.3 istasyonu hariç tüm istasyonlarda mikropplastik miktarı <0,25 mm ve 0,25-0,5 mm boy gruplarında yüksek sayıda bulunmuştur.



Şekil 4.16 Mikropplastik boy gruplarının istasyonlardaki oransal dağılımı

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Sucul ortama ilk girdiğinde yüzer özellikte olan plastikler zamana ve çeşitli etkenlere (biyofilm oluşumu, polimer yoğunluğu, degradasyon süreçleri vs.) bağlı olarak batar hale gelmekte ve sedimanda depolanabilmektedir (Woodall vd., 2018; Van Cauwenberghe vd., 2015; Wang vd., 2019). Tüm dünyada çeşitli sucul ortam sedimanlarında (göl, nehir, östarin/nehir ağzı, kıyı ve açık deniz) mikroplastik varlığı rapor edilmiştir (Semcesen ve Wells, 2021; Castneda vd., 2014; Vianello vd., 2013; Carretero vd., 2020; Thompson vd., 2004; Van Cauwenberghe vd., 2013).

Bu çalışmada, Karadeniz kıyısında bulunan göl ve nehir ortamlarının geçiş suyu özelliğindeki 28 farklı istasyonda (12'si göl, 16'sı nehir) ve farklı zamanlarda mikroplastik varlığı araştırılmıştır. Araştırma sonucunda seçilen araştırma istasyonlarının tümünde mikroplastik ile karşılaşmış ve toplam 2532 adet mikroplastığe rastlanmıştır. Araştırma istasyonlarındaki mikroplastik miktarları detaylı olarak bulgular bölümünde Tablo 4.2'de sunulmuş olup araştırma istasyonlarındaki mikroplastik miktarları en düşük ve en yüksek $31,65 \pm 14,21$ - $258,92 \pm 368,76$ adet.kg⁻¹ yaş sediman, bakımından $37,94 \pm 16,03$ - $347,77 \pm 122,07$ adet.kg⁻¹ kuru sediman ve $53,00 \pm 19,97$ - $514,33 \pm 742,03$ adet.L⁻¹ sediman arasında bulunmuştur. Örneklem dönemleri bakımından ise en düşük mikroplastik miktarına Mayıs en yüksek ise Eylül döneminde rastlanmış olup, birim miktar verileri $62,43 \pm 27,44$ - $98,02 \pm 133,90$ adet.kg⁻¹ yaş sediman, $80,24 \pm 44,74$ - $132,00 \pm 165,32$ adet.kg⁻¹ kuru sediman, $103,31 \pm 45,65$ - $175,59 \pm 264,99$ adet.L⁻¹ sediman olarak tespit edilmiştir. Elde edilen değerlerdeki yüksek standart sapmalar zamansal değişimin sonucu olup, bu heterojenliğe sebep olabilecek faktörler, mikroplastiklerin birikimini veya dağılımını etkileyebilecek kaynaklar (nehir deşarjı, tersaneler, endüstriyel deşarjlar) veya hidrodinamik yapı olarak bildirilmektedir (Carrotero vd., 2021). Geçiş suyu sistemleri bulundukları göl ya da nehrin kirletici kaynaklarına ek olarak insan etkileşimine de oldukça açık bölgelerdir. Bu nedenle farklı örneklem zamanlarında oldukça fazla değişkenlik gözlenmiştir. Sedimandaki mikroplastiklerin araştırıldığı çalışmalarda mikroplastik miktarları birim alan, birim hacim ya da birim ağırlık (kuru ağırlık ya da yaş ağırlık), adet.g⁻¹, adet.kg⁻¹, adet.m⁻² ve adet.mL⁻¹, adet.L⁻¹, gibi çeşitli şekillerde verilmektedir (Tablo 5.1). Genel olarak, bolluk verileri henüz standardize edilmemiştir, bu durum verilerin tam olarak karşılaştırılmasında karışıklığa yol açmaktadır. Bu kapsamda araştırma sırasında olabildiğince karşılaştırılabilir olmak adına birim miktar verilerinin bir çoğu kullanılarak (adet.kg⁻¹ yaş ağırlık, adet.kg⁻¹ kuru ağırlık, adet.L⁻¹) sonuçlar verilmiştir. Denizel ortamlar, nehir ağzı ve tatlı su sistemlerinin

sedimanlarında mikroplastik miktarlarının araştırıldığı çalışmalardan derlenen veriler Tablo 5.2’de sunulmuştur. Tablo 5.1 hazırlanırken ilk olarak Karadeniz sonrasında ise ülkemizde yürütülen sediman çalışmalarından bahsedilmeye çalışılmış sonrasında ise benzer şekilde nehir ağzı sistemlerden ve farklı denizlerden örnekler verilmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen veriler bölgenin azımsanmayacak ölçüde mikroplastik bulunduğunu gösterse de genel olarak bu kirleticinin tüm dünyada birçok sucul ortamı kontamine ettiği Tablo 5.1’de yer alan araştırmaların sonuçları ile gözler önüne serilmektedir. Ayrıca tabloda yer alan çalışmalardan da görüldüğü üzere farklı sediman ortamlarındaki mikroplastik miktar ve çeşitliliği oldukça farklılıklar göstermektedir.

Araştırmaların sonuçları bölgesel olarak değerlendirildiğinde ise, Karadeniz bölgesinde sedimandaki mikroplastik varlığı (sahil sedimanında sadece fiberler) ilk kez Popa vd., (2014) tarafından bildirilmiştir. Son yıllarda ise çeşitli araştırmacılar tarafından deniz tabanı sedimanında (Karadeniz-Cincinelli vd., 2021; Batı Karadeniz- Pojar vd., 2021b; Güneydoğu Karadeniz-Aytan vd., 2020b; D’Hont vd., 2021), littoral bölge sedimanında (Batı Karadeniz-Savuca vd., 2017) ve sahil sedimanında (Güneybatı Karadeniz-Şener vd., 2019) rapor edilmiştir. Tablo 5.2’de yer alan çalışmalar irdelendiğinde, genel olarak Karadeniz sedimanındaki mikroplastik miktarının geçiş suyu sistemlerine oranla daha yüksek olduğu ortaya konulmuştur.

Tablo 5.1 Sedimanda mikroplastik varlığının araştırıldığı çeşitli çalışmalar

Araştırma Alanı	Bölge	Miktar			Plastik Tipi	Boy Grupları	Renkler	Kaynaklar
		Ağırlık adet.kg ⁻¹	Hacim adet.L ⁻¹	Alan adet.m ⁻²				
Belçika Atlantik Okyanusu (Kuzey Denizi)	DTS	Liman: 166,7±92,1 ^(y.a.) Kıta sahanlığı: 97,2±37,2 ^(y.a.) Sahil: 92,8±37,2 ^(y.a.)	-	-	Fiber: %59 Granül: %25 Film: %4	-	-	Classesns vd., 2011
Atlantik Okyanusu ve Akdeniz	DTS	-	-	0,5 adet.25cm ⁻²	Parça	-	-	van Cauwenberghe vd., 2013
Avrupa Denizleri: Cantabrian Denizi Alboran Denizi Catalan Denizi Cretan Denizi Levantine Denizi Karadeniz	DTS	-	696±366 fiber (34,8±18,3 mikrofiber.50mL ⁻¹)	6,965±3,669 fiber	Fiber: %100	-	Kırmızı: %27 Beyaz: %23 Mavi: %21 Siyah: %19	Sanchez-Vidal vd., 2018
[Karadeniz]	-	-	400 fiber (20 fiber.50mL ⁻¹)	-				
Sarı Deniz	DTS	1177,8-2142,9 (yüzey sedimanı)	-	-	Fiber: %83,24 Granül: %7,5 Parça: %6,2	0,05-0,1 mm: %36 0,1-0,5 mm: %31 0,5-1 mm: %14 1-2 mm: %12 2-5 mm: %7	Şeffaf: %59,6 Siyah: %19,4 Mavi: %12,6	Wang vd., 2019
İtalya Venice Lagünü	ES	672-2175 ^(k.a.)	-	-	Parça: %87 Fiber: %10 Film: %2 Pellet: %1	<0,1 mm: %55,3 0,1-0,5 mm: %37,6 >0,5 mm: %7,1	-	Vianello vd., 2013
Baltık Denizi Vistula Lagünü- Baltıysk Boğazı	ES	34±10 ^(k.a.)	-	-	Fiber, Parça, Film	-	-	Zobkov ve Esiukova, 2017
Çin Changjiang	ES	121±9 ^(k.a.)	-	-	Fiber: %93 Parça: %6 Pellet: %1	Boy grupları: 0-0,1 mm: %1 0,1-0,5 mm: %34 0,5-1 mm: %42 1-5 mm: %42	Şeffaf: %42, Mavi: %25 Siyah: %16, Sarı: %7, Kırmızı: %6, Beyaz: %4	Peng vd., 2017
İspanya Rías Baixas ve Mino Nehri Şelfi	ES	Rías Baixas: 36,1±6,11-130±99,6 (k.a.)	-	-	Fiber: %88,8 Parça: %5,80 Film: %1,7	0,5 -1 mm: %35 1-2 mm: %28 2-5 mm: %18 >5 mm: %4	Şeffaf: %35 Mavi: %34 Siyah: %12 Mor/Pembe: ~%9 Beyaz: %6 Kırmızı: %4	Carretero vd., 2021
	DTS	Mino Nehri: 26,4±8,98 ^(k.a.)	-	-	Filament: %1,34 Diğerleri: <%1			

Tablo 5.1'nin devamı

Araştırma Alanı	Bölge	Miktar			Plastik Tipi	Boy Grupları	Renkler	Kaynaklar
		Ağırlık adet.kg ⁻¹	Hacim adet.L ⁻¹	Alan adet.m ⁻²				
Doğu Akdeniz Türkiye	DTS	-	80-1720 (2015) 73,33-553,33 (2016)	-	Fiber: %70 Parça: %28 Naylon: %2	-	-	Güven vd., 2017*
Akdeniz	DTS	-	80-840 (2015) 133-866 (2016)	-	Fiber dominant			ÇŞB, 2017b
Ege Denizi		-	1900-3060 (2015) 360-1360 (2016)	-				ÇŞB, 2017a
Marmara Denizi		-	500-940 (2015) 94-243 (2016)	-				ÇŞB, 2017c
Karadeniz		-	1780-2000 (2015) 920-3940 (2016)	-				ÇŞB, 2017d
Marmara Denizi Haliç, İstanbul	DTS	566 (y.a.)	-	-	-	5 mm>1-2 mm> 3-4 mm>2-3 mm> 4-5 mm	-	Doğruyol vd., 2019
Marmara Denizi İstanbul	DTS	13-5100	-	-	Parça>Fiber>Film	-	-	Baysal vd., 2020
Batı Karadeniz Romanya	SS	-	-	40-218 fiber.sahil ⁻¹	-	-	-	Popa vd., 2014
Batı Karadeniz Romanya	LBS	36-64 fiber (3,6-6,4 mikrofiber.100 g sediman ⁻¹)	-	-	Fiber	-	-	Savuca vd., 2017
Güney Batı Karadeniz Türkiye Sahili	SS	20,7 (k.a.)	-	-	-	-	-	Şener vd., 2019
Karadeniz	DTS	106,7 (k.a.)	-	-	Fiber dominant	-	Siyah: %47,7; Mavi: %28,1, Açık mavi: %4,7 Kırmızı: %7; Şeffaf: %5,5 Menekşe: %3,1; Yeşil: %3,9	Cincinelli vd., 2021
Batı Karadeniz Kıyısı ve Tuna Nehri	NS	27,92-165,90 ^(k.a.)	32-152	-	Tuna Deltası:	-	-	Pojar vd., 2021b
	DS	16,06-381,46 ^(k.a.)	12-200	-	Fiber:>%90			
	DSS	76,05-620,41 ^(k.a.)	76-912,5	-	Parça ve kümeler: ~%3			
	DTS(Ro)	176,53-629,19 ^(k.a.)	195-695	-	Karadeniz kıyısı:			
	DTS(Bg)	75,03-198,80 ^(k.a.)	72-262,5	-	Flake: %80			
Karadeniz (Romanya, Bulgaristan) ve Hazar Denizi (Kazakistan)	DTS	1599 (k.a.) (Karadeniz) 862 (k.a.) (Hazar Denizi)	-	-	Fiber: ~%95 Parça ve Film: ~%5	-	Şeffaf/Beyaz: %79,91 Kırmızı: %5,89 Siyah: %4,76 Mavi: % 4,68 Sarı: %4,22 Yeşil: %0,53	D'Hont vd., 2021

Tablo 5.1'nin devamı

Araştırma Alanı	Bölge	Miktar			Plastik Tipi	Boy Grupları	Renkler	Kaynaklar
		Ağırlık adet.kg ⁻¹	Hacim adet.L ⁻¹	Alan adet.m ⁻²				
Güney Doğu Karadeniz Türkiye	DTS GS	-	4-192 (0,004-0,192 adet.ml ⁻¹)	74,1-1778,8	Fiber: %66,4 Parça: %19,9 Film: %13,3 Boncuk: %0,4	Fiber: 1.253±0.954 mm Parça: 1.035±0.429 mm Film: 1.358±0.892 mm Boncuk: 0.079 mm	Mavi: %40,7 Kırmızı: %23,5 Şeffaf: %15,9	Aytan vd., 2020b
Güney Doğu Karadeniz Türkiye (Çamlıhemşin, İkizdere, Fındıklı, Salarha)	NS	64,17-472,1 (k.a.)	-	-	Fiber: %42,03 Granül: %36,23 Parça: %21,74	-	Beyaz: %48,33 Şeffaf: %16,67 Mavi: %6,67	Karaoğlu ve Gül, 2020
Güney Karadeniz Türkiye	SS	64,06±8,95	-	-	Parça: %46,75 Fiber: %41,23 Film: %10,06 Pellet: %1,95	0,15-4,99 mm 1,60±0,06 mm	-	Terzi vd., 2021
Güney Karadeniz Türkiye	GS	31,65±14,21- 258,92±368,7 (y.a.) 37,94±16,03- 347,77±122,07(k.a.)	53,00±19,97- 514,33±742,03	-	Parça: %54,45 (%22,03-72,32) Fiber: %26,15 (%8,21-58,47) Film: %19,15 (9,43-43,33) Köptük: %2,17 (%0-14,98) Boncuk: %0,08	<0,25mm: %29,87 0,25-0,5mm: %30,30 0,5-1 mm: %19,79 1-2 mm: %12,41 2-5 mm: %7,63	Şeffaf: %51,66(%30,23-72,03) Beyaz: %13,35 (%0-33,82) Mavi: %9,83(%4,24-26,42) Gri: %6,60(%1,56-25,45) Siyah: %5,88(%0-16,28) Yeşil: %3,91(%0-9,09) Kırmızı: %3,87(%0-14,67) Sarı/Turuncu: %2,96 Pembe/Mor: %1,4	Mevcut Çalışma

Tabloda yer alan kısaltmalardan; üssel ifade ile parantez içerisinde gösterilen “k.a.” kuru ağırlık “y.a.” ise yaş ağırlık sedimandaki mikroplastik miktarını temsil etmektedir.

DTS: Deniz tabanı sedimanı, SS: Sahil sedimanı, NS: Nehir Sedimanı; GS: Geçiş suyu sedimanı; ES: Östarin bölge sedimanı; LBS: Litoral bölge sedimanı; DS: Delta sedimanı; DSS: Delta sahil sedimanı, Ro: Romanya; Bg: Bulgaristan terimleri için kısaltma olarak kullanılmıştır.

Pojar vd. (2021b) Karadeniz dökülen en büyük nehir olan Tuna Nehri, nehrin deltası ve Karadeniz'in Romanya ve Bulgaristan kıyılarında sedimandaki mikroplastik konsantrasyonunu araştırmışlardır. Araştırma sırasında farklı sediman ortamlarını (nehir, göl, delta kıyısı, kıta sahanlığı) incelemişler ve tüm incelenen alanların mikroplastik ile kontamine olduğunu bildirmişlerdir (Tablo 5.2). Araştırma kapsamında Tuna Nehri Deltasında yer alan geçiş suyu özelliğindeki göl ve kanallardan oluşan örneklem istasyonlarındaki mikroplastik miktarı 16,06-381,46 adet.kg⁻¹ olarak, delta kıyılarındaki mikroplastik miktarı ise 76,05-620,41 adet.kg⁻¹ (kuru sediman) olarak bildirilmiştir. Tuna Nehri deltasında baskın mikroplastik tipi geçiş suyu özelliğindeki örneklem alanlarında fiberler olurken, delta kıyılarında pulcuklar, fiberler ve parçalar olmuştur. Batı Karadeniz'de yürütülen bu araştırma kapsamında genel olarak en yüksek mikroplastik miktarı Karadeniz'in Romanya kıta sahanlığında (Karadeniz'deki başlıca mikroplastik kaynağı olan Tuna Nehrinin Sulina Kolu) ve Delta sahilinde (araştırma istasyonunun yakınında kazara çıkan bir yangın sebebiyle) bildirilmiştir. Genel olarak, araştırma sonucunda nehir istasyonlarına oranla geçiş suyu ortamları ve kıyısal alanlarda daha yüksek konsantrasyonlarda mikroplastik ile karşılaşmıştır (Pojar vd., 2021b). Pojar vd., (2021b)'nin geçiş suyu özelliğindeki araştırma istasyonlarındaki mikroplastik miktarları, mevcut çalışma kapsamında örneklenen geçiş suyu sistemleri ile benzerlik göstermiştir (Türkiye kıyıları: 37,94-347,77 adet.kg⁻¹).

Aytan vd. (2020b) Güney Doğu Karadeniz'de yer alan 7 farklı nehrin, nehir ağzı ve açık deniz bölgelerinde (yüzey, kolon ve sediman) mikroplastiklerin miktar, kompozisyon ve dağılımlarını inceledikleri çalışmalarında, tez araştırmasında yer alan istasyonlardan Karasu (N.6), Kızılırmak (N.8) ve Yeşilirmak (N.10) nehirleri yer almaktadır. 2019 yılı temmuz ayında gerçekleştirilen araştırmanın sediman sonuçlarında bahsi geçen 3 nehrin mikroplastik miktarına dair veriler göz önüne alındığında en düşük mikroplastik miktarına Yeşilirmak en yüksek mikroplastik miktarına ise Kızılırmak'da rastlanmıştır. Yine aynı çalışmanın deniz yüzeyi verilerinde en yüksek mikroplastik barındıran nehir Kızılırmak olmuştur. Ayrıca istasyonların nehir ağzı ve açık deniz oluşuna bağlı olarak yapılan değerlendirmede, sediman örneklerinde açık deniz istasyonlarının nehir ağızlarına oranla mikroplastik miktarının daha yüksek seviyelerde olduğu bildirilmiştir. Tez araştırması kapsamında araştırma istasyonları arasında Kızılırmak Nehri en yüksek mikroplastik barındıran istasyonlardan biri olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanında, Yeşilirmak Nehrinin ise diğer istasyonlara oranla nispeten düşük sayıda mikroplastik bulundurduğu tespit edilmiştir. Miktar bakımından yapılan karşılaştırma sonucu

ise Güneydoğu Karadeniz’de mikroplastik miktarı 4-192 adet.L⁻¹ (2019 yılı temmuz) arasında bildirilmiş olup (Aytan vd. (2020b), tez araştırmasının Güneydoğu Karadeniz’de yer alan nehir istasyonlarının mikroplastik miktarı 26,7-208 adet.L⁻¹ (2018 yılı temmuz ayı) arasında olmuş ve Aytan vd. (2020b)’nın sonuçları ile benzerlik göstermiştir.

Karaoğlu ve Gül (2020), Güneydoğu Karadeniz’de yer alan 4 farklı nehrin sediman ve su örneklerinde ayrıca iki farklı iribaş türünde mikroplastik varlığını araştırmışlar ve araştırma sonucunda, sedimandaki mikroplastik miktarı 64,17-472,1 adet.kg⁻¹ kuru sediman olarak bulunmuş, baskın renk beyaz (%48,33), karşılaşılan mikroplastik tipleri ise fiber (%42,03), granül (%36,23) ve parça (%21,74) olmuştur. Tez araştırması kapsamında örneklenen araştırma istasyonlarında, geçiş suyu sistemlerinin sedimanındaki mikroplastik miktarı 37,94-347,77 adet.kg⁻¹ kuru sediman (N.12-16) arasında bulunmuş olup Doğu Karadeniz Havzasındaki istasyonların mikroplastik miktarı ise 38,13-63,40 adet.kg⁻¹ kuru sediman arasında değişmiştir. Karaoğlu ve Gül (2020)’ün araştırmasına göre Doğu Karadeniz Havzasında yer alan geçiş suyu sistemlerindeki mikroplastik miktarı nehirlerle oranla oldukça düşük kalmıştır. Bu durum örneklem istasyonlarının farklı olmasına bağlı olarak nehirlerin farklı kirletici kaynaklarına sahip olmasından kaynaklanabileceği gibi örnekleme istasyonlarının kirletici kaynaklarına yakınlığı, ayrıca tez çalışmasında seçilen geçiş suyu yerine Karaoğlu ve Gül (2020)’ün tatlısu sistemlerini örneklemeleri, bu bölgelerin deniz etkisi altında olmayan bölgeler oluşu ve araştırmalarında farklı örnekleme zamanlarında gerçekleştirilmiş oluşu gibi sebepler neden olmuş olabilir.

Karadeniz kıyısında 6 farklı havza bulunmaktadır. Bu havzalarda yer alan nehirler kaynak aldıkları yerden denize ulaşmaya kadar irili ufaklı birçok şehirden geçmekte beraberinde oldukça fazla kirleticiyle denize ulaşmaktadır. Yine havzalarda yer alan ve deniz ile bağlantısı bulunan göller çevrelerinden, kaynak aldıkları akarsulardan ve göl içerisinde yapılan çeşitli aktivitelerden (balıkçılık, turizm vs.) kaynaklı olarak kirliliğe oldukça açıktır. Örneklem istasyonlarının ait oldukları havzalar bakımından yapılan değerlendirme sonucunda en yüksek mikroplastik miktarına sahip havza Marmara Havzası en düşük ise Doğu Karadeniz Havzası olmuştur. Doğu Karadeniz Havzasında yer alan nehirlerin boyları kısadır, yer şekilleri etkisiyle nehir yataklarındaki eğim yüksektir ve bu nedenle akış hızları artmaktadır (Hocaoğlu, 1996; Gültekin vd., 2005; Zengin vd., 2017’den alınmıştır). Dik bir eğimden hızla akan akarsularda sedimantasyon akıntı hızının azaldığı genellikle derince ve genişçe bölgelerde yığılırken, en ince sediman en aşağı kısımlara kadar taşınır, hafif maddeler ise akarsu tamamen düzlüğe ulaştığında dibe çöker (Tanyolaç, 2006). Erozyonun en fazla olduğu zamanlar (özellikle sel

mevsimi) suyun artan seviyesiyle birlikte hızı ve hacmi de arttığından normal zamanlara göre daha fazla ve daha büyük parçacıklar taşınabilir (Tanyolaç, 2006). Bu nedenle özellikle Doğu Karadeniz Havzasında yer alan nehirlerin barındırdığı atıkları doğrudan denize taşıması olasıdır. Karadeniz'deki mikroplastik konsantrasyonu en yüksek bölge Güneydoğu Karadeniz olarak rapor edilmektedir (Aytan vd., 2016). Yine Güneydoğu Karadeniz Bölgesi sahillerinde makro boyutlu çöpler üzerinde yapılan araştırmalardaki kaynak analizleri bu atıkların büyük oranda nehir deşarjından kaynaklandığını bildirmektedir (Aytan vd., 2020a; Terzi vd., 2020). Tüm bu sebepler göz önüne alındığında, Doğu Karadeniz Havzasında yer alan istasyonlardan alınan geçiş suyu sediman örneklerinde diğer havzalara oranla düşük mikroplastik barındırması olasıdır.

Geçiş suyu sistemlerindeki mikroplastik miktarı en yüksek olan havza, Karadeniz kıyısında yer alan 6 havza arasında nüfus ve sanayi açısından en yoğun bölge olan, Marmara Havzası olmuştur. Özellikle mikroplastik miktarı bakımından en yüksek istasyonlar arasında yer alan Riva Nehri (N.1) bu bölgede yer almaktadır ve nehrin havzasındaki kirletici faktörler arasında yerleşim, sanayi tesisleri ve tarımsal faaliyetler gösterilmiştir (Garipoğlu vd., 2015). Şener vd. (2019) İstanbul'un Anadolu yakası sahillerinde yürüttükleri çalışmada sahillerde en yüksek mikroplastik konsantrasyonuna sahip istasyonun Riva olduğunu bildirmiştir.

Farklı zamanlarda gerçekleştirilen örneklemeler sırasında mikroplastik miktarında istatistiki açıdan bir farklılık bulunamamış olsa da en yüksek mikroplastik konsantrasyonuna eylül döneminde rastlanmış ve bunu temmuz ve mayıs dönemleri izlemiştir. Örneklem dönemlerindeki farklılıklar istasyonların su tiplerine göre değerlendirildiğinde, göl istasyonlarında mikroplastik konsantrasyonu en yüksek eylül döneminde bulunmuş bunu temmuz ve mayıs dönemleri izlemiştir. Göllerin dibinde biriken madde miktarı, mevsim ve iklimle göre değişmekte olup, İlkbahar yağışları ve eriyen kar suları nehirlerin taşıma kapasitesi artarken, göl dibinde fazla miktarda madde birikebilir, göl havzasına gelen kaba maddeler hemen dibe otururken daha inceler ise bir süre askıda kalıp, kurak mevsimlerde gölde dalga ve akıntılar az olduğu dönemlerde dibe çökebilir (Tanyolaç, 2006). Bu nedenle nehirlerle göre kapalı olan bu ekosistemlerin temmuz ve eylül dönemleri mikroplastikler için daha uygun batma ortamları oluşturmuş olabilir. Lagün göllerinin deniz ile olan bağlantısı yağışlar ve eriyen kar suları etkisiyle daha çok ilkbahar döneminde açık durumda olur. Bu dönemde denizin etkisiyle görülebilecek karışım [tatlı sular daha yoğun olan deniz suyunun üzerinde denize doğru akarken, denizin hızlı suyu da aksi yönde kanalın dip yapısına bağlı olarak nehrin ya da

gölün içine doğru ilerler (Tanyolaç, 2006)] mayıs döneminde daha az plastik bulunmasına neden olmuş olabilir.

Nehirlerin geçiş suyu özelliğindeki örnekleme istasyonlarındaki en yüksek mikroplastik konsantrasyonuna eylül döneminde rastlanmış ve bunu mayıs ve temmuz izlemiştir. Son yıllarda yaz aylarında ülkemiz Karadeniz bölgesinde görülen ani yağışlar eylül dönemi örnekleme öncesinde haziran ve temmuz aylarındaki durgunlukta biriken kirleticilerin geçiş suyu bölgelerine taşınmasına sebep olmuş olabilir. Yüksek yağış miktarı ve buna ek olarak karların erimesi nehirlerde yüksek akış oranına sebep olur ve böyle zamanlarda da suyun seviyesiyle birlikte hızı ve hacmi de arttığından normal zamanlara göre nehirler daha fazla ve daha büyük parçacıklar taşıyabilir (Tanyolaç, 2006). Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 2018 Yılı İklim Değerlendirmesinde (MGM, 2019) en fazla yağışın gerçekleştiği ay aralık olurken bunu mayıs ayı izlemiştir. Örnekleme gerçekleştirildiği mayıs ayındaki yüksek mikroplastik miktarı bu durumdan da etkilenmiş olabilir. Ayrıca, mikroplastiklerin birikimi veya dağılımında hem zamansal hemde mekânsal farklılıklara neden olabilecek oldukça fazla etken bulunmakta (hidrodinamik, yayılı ve noktasal kaynaklardan kirlilik girişi vs.) ve buna bağlı olarak da mikroplastik miktarı oldukça değişkenlik gösterebilmektedir. Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı (Den-İZ) kapsamında gerçekleştirilen sedimanda mikroplastik araştırmalarında aynı bölgenin tekerrürlerinde dahi hem mikroplastik miktarının hemde tiplerinin oldukça değişkenlik gösterdiği bildirilmiştir (ÇŞB, 2017a,b,c,d).

Bir akarsu kaynağından döküldüğü yere kadar, birçok kaynaktan çok çeşitli atıkları da bünyesine katar. Büyük nehirler yüksek akış oranı ile atıkları denize aktarabilirken, düşük akış oranına sahip nehirlerde atık taşınımı haliçlere bitişik bölgelerde ve ön cephelerde birikim yapabilir (Acha vd., 2003; Barnes vd., 2009). Nehirler, üzerine kurulu barajlar, hidroelektrik santralleri ya da akışın azaldığı nehir yataklarında kirleticileri kendi bünyesinde tutabilir, bu durumda da taşıdığı kirletici miktarında kaynaktan uzaklaştıkça azalma gözlemlenebilir. Nehir ağzı sistemlerde kirletici kaynaktan (atıksu arıtma tesisi ve marina) uzaklaştıkça mikroplastik miktarında azalma görüldüğü rapor edilmiştir (Enders vd., 2019). Geçiş suyu bölgeleri görece olarak nehrin kaynak aldığı ve geçtiği birçok kirletici kaynaktan nispeten uzak noktalar olup bu kirletici kaynaklardan daha az etkilenebilir. Tam aksi durum olarak da eğimin düştüğü alanlar nehirlerin kirleticileri bünyesinde tuttuğu alanlar olarak karşımıza çıkabilir. Hafif organik maddeler akarsu tamamen düzlüğe ulaştığında dibe çökeceğinden (Tanyolaç, 2006), geçiş suyu ekosistemleri nispeten daha durgun bölgeler olarak sedimentasyona ve kirletici birikimine daha

uygun şartlar sağlayabilir. Ayrıca lagünler ve nehir deltalarındaki plastik girdisi, tarım, atıkların bertaraf edilmesi, kentsel ve endüstriyel atık sular, su ürünleri yetiştiriciliği, balıkçılık ve turistik faaliyetler ve kentsel birçok insan faaliyeti tarafından etkilenebilir (Renzi vd., 2020). Bu nedenle ani ve noktasal kirlilik girdisine de açık oldukları bu bölgelerde bulunan mikroplastik kaynakları yüksek değişkenlik gösterebilir.

Karadeniz'in Türkiye kıyılarına dökülen nehir ve akarsuların birçoğunun akışları kontrol altına alınarak üzerlerine barajlar ve hidroelektrik sistemler inşa edilmiş ve bu sebepten dolayı da nehirlerin normal alüvyon taşıma dengeleri değişmiştir (Berkün vd., 2010). Nehirlerin kontrolü ve endüstriyel amaçlı su kullanım nedeniyle, Yeşilırmak, Kızılırmak ve Sakarya gibi önemli nehirlerde sediman yükü düşüş göstermiş ve büyük boydaki partiküllerde azalma görülmüştür (Berkün vd., 2010). Barajlar ve taşkın yataklarının, nehirlerin yukarı bölgelerinden gelen atıklar için tutulma alanı olarak karşımıza çıkması muhtemeldir. Tuna Nehrinde, Pojar vd. (2021) tarafından yürütülen çalışmada, Avusturya'da Tuna'nın yüzen mikroplastik konsantrasyonu oldukça yüksek bulunmuştur. Lechner vd. (2014)'nın Tuna Nehri yukarı havzada gözlemledikleri bu yüksek mikroplastik konsantrasyonun, Tuna'nın aşağı kısımlarında sedimanda henüz yüksek konsantrasyonlara dönüşmediğini ve bu durumun kayıp mikroplastikler nerede birikebileceği sorusunu gündeme getirdiğinden bahsetmektedir. Bu duruma istinaden, Tuna Nehri yukarı havzasındaki düzenlemeler, hidroelektrik geliştirme ve kanallaştırma gibi faaliyetlerin sediman akışında %60'lık bir azalmaya yol açtığını (Habersack vd., 2016) ve kayıp mikroplastiklerin büyük olasılıkla Tuna Nehrinin yatağı üzerindeki barajlar ve aktif alüvyon alanlarda tutulmasının muhtemel olduğundan bahsetmişlerdir. Benzer durum Karadeniz Bölgesindeki nehir ve akarsular için de geçerli olup Türkiye'nin Karadeniz Havzasında yer alan nehirler yılda 8 milyon m³ sediman yükü taşımakta olup bu nehirlerin rezervuarlarında yılda 17 milyon m³'ten fazla sedimanın tutulduğu, normalde ise Karadeniz'e nehirlerden ulaşan sediman miktarının 25-26 milyon m³ olması gerektiği bildirilmektedir (Berkün vd., 2010). Bu nedenle nehirlerin üst kesimlerinde karşılaşılabilecek yüksek mikroplastik konsantrasyonları barajlar ve nehir yataklarında tutulum sonrası aşağı bölgelerde düşüş görünmesine neden olabilir. Özellikle Yeşilırmak, Sakarya, Filyos ve Kızılırmak (Eylül dönemi hariç) gibi büyük nehirlerin geçiş suyu sistemlerinde karşılaşılan, görece olarak diğer nehirlerle oranla çok yüksek olmayan mikroplastik konsantrasyonlarına bu durum ile sebep olmuş olabilir.

Mikroplastikler, doğada çok çeşitli şekil ve boyutlarda görülmektedir. Mikroplastiklerin örneklenmesi ve analizi için Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi Deniz Çöpü Teknik Alt Grubu

tarafından çeşitli önerilerde bulunulmuştur (Hanke vd., 2013). Genellikle mikroplastikleri tiplerine göre ayırt etmek için görsel tanımlamalar kullanılmaktadır (Hidalgo-Ruz vd, 2012). Mikroplastikler, tipine (fiber, parça, pelet, film, köpük vb.), rengine (beyaz, mavi, siyah, gri, sarı, kırmızı vb.) ve boyutuna (1-5 mm, <1 mm, vb.) göre fiziksel olarak tanımlanmaktadır. Bunun yanında daha küçük mikroplastiklerin polimer tiplerini güvenilir tekniklerle (örneğin, spektroskopik yaklaşımlar-FTIR/Raman) analiz etmek doğru sonuçlara ulaşmak noktasında oldukça önemlidir (Hanke vd., 2013).

Birçok sediman çalışmasında olduğu gibi tez çalışması kapsamında da en sık rastlanılan mikroplastik tipleri parça, fiber ve film olmuştur (Vianello vd., 2013; Baysal vd., 2020; Zobkov ve Esiukova, 2017; Weng vd., 2018). Bulgular kısmında daha detaylı olarak verilen oransal mikroplastik dağılım grafiklerinden de anlaşılacağı üzere istasyonlardaki mikroplastik dağılımı parça, fiber ve filmler için birkaç istasyon dışında homojendir. Kamış (G.3), Dumanlı (G.11) ve Terme (N.11) istasyonlarında filmler baskın mikroplastik tipleri olurken, Karaboğaz (G.7), Liman (G.8), Sarısu (N.2), Yeşilırmak (N.10) ve Akçay (N.12), Yağlıdere (N.16) istasyonlarında fiberler baskın mikroplastik tipleri olmuştur. Bu istasyonlar dışında kalan istasyonlarda ise parçalar baskın mikroplastik tipi olarak bulunmuştur. Araştırma sırasında köpük ve boncuk oranı oldukça düşük bulunmuş, peletler ve boyalar ile karşılaşılmamıştır.

Mikroplastikler de sıvı ortamda bulunan parçacıklar gibi ya suda askıda kalır ya da çöker, ayrıca diğer parçacıklar ile etkileşime de girebilir (Filella, 2015). Mikroplastiklerin batma davranışlarında tuzluluk, polimer yoğunluğu, biofilm, şekil ve boyutun etkili olduğu çeşitli deneysel çalışmalarla da kanıtlanmıştır (Kowalski vd., 2016; Semcesen ve Wells 2021). Bu durum sonucunda şekil bakımından irdelendiğinde fiber ve film tipi mikroplastiklerin küresel olanlara oranla daha yüksek yüzerlik ve daha düşük batma hızına sahip olabileceği iddia edilmektedir (Filella, 2015; Zhang, 2017). Açık deniz bölgelerinde gerçekleştirilen çalışmalarda genellikle fiberlerin daha yoğun olarak bulunduğu gözlenmektedir (Sanchez-Vidal vd., 2018; Aytan vd., 2020; D'Hont vd., 2021) (Tablo 5.2). Karadeniz ve Hazar Denizi sedimanlarındaki mikroplastik varlığının araştırıldığı çalışmada, derinlik arttıkça parça tipi mikroplastiklerin miktarında bir azalma olduğu fiber tipi mikroplastiklerin miktarında ise derinliğe bağlı bir değişiklik gözlenmediği bildirilmiştir (D'Hont vd., 2021).

Mikroplastiklerin tipleri bakımından yapılan değerlendirmelerde yoğun miktarda fiber bulunan bölgelerde atıksu deşarjının bulunabileceği, yoğun miktarda parça rastlanılan bölgelerde ise atık

boşaltım sahalarının varlığından bahsedilmektedir (Kang vd., 2018; Wang vd., 2017; Irfan vd., 2020).

Büyük oranda plastik, karasal ortamlardaki katı atık depolama sahalarında depolanmakta ve uygun olmayan atık yönetimi nedeniyle ikincil mikroplastiklerin oluşumuna uygun ortamlar oluşturmaktadır (Nizetto vd., 2016). Ayrıca karasal ortamdaki evsel, endüstriyel ve ulaşım gibi aktiviteler sonucu oluşan fiberler, boya pulları ve araba lastiklerinin parçaları başlıca mikroplastik kaynakları arasında yer almaktadır (Boucher ve Friot, 2017). Tüm bu aktiviteler sonucu oluşan mikroplastikler nehirler vasıtasıyla kıyı bölgelerine taşınmaktadır. Ülkemizin Karadeniz kıyısında 16 şehir bulunmakta olup bu şehirlerdeki insanların aktiviteleri sonucunda oluşan katı atıklar kasıtlı veya kazara denizel ortama karışmakta ve bu ürünlerin parçalanması sonucunda da nihai ürün olan mikroplastikler oluşmaktadır.

Tez çalışması sırasında çok yüksek sayıda ve oransal olarak da yüksek yüzde payına sahip parça tipte mikroplastik bulunan araştırma istasyonları Riva Nehri (N.1-Parça: %72,32), Sarıkum Gölü (G.6-Parça: %67,15) ve Kızılırmak Nehri (N.8-Parça: %71,38) olarak tespit edilmiştir. Özellikle Kızılırmak Nehrinde eylül döneminde yüksek bir mikroplastik girdisi ile karşılaşmış ve büyük oranda parçalara rastlanmıştır. Bu durum noktasal bir kaynaktan yüksek mikroplastik girişine bağlı olabileceği gibi, kaçak hafriyat dökümü ya da uygun olmayan katı atık boşaltımı gibi istenmeyen faaliyetlerde bu duruma sebep olmuş olabilir. Riva Nehri ve Sarıkum Gölü'nde ise üç örnekleme döneminde de yüksek sayıda mikroplastik ile karşılaşmıştır. Riva Nehri konum itibarıyla yüksek insan popülasyonunun bulunduğu bir bölgede (İstanbul) yer almaktadır. Çok çeşitli insan aktiviteleri bölgede yüksek atık girdisine sebep olmuş olabilir. Sarıkum Gölü ise konum itibarıyla insan aktivitelerinden oldukça az etkilense de akıntı, rüzgâr ve dalgalar vasıtasıyla denizden gelen kirleticilere oldukça açık bir konumdadır. Bölgede daha önce yürütülen çalışmalarda yüksek miktarda her boy grubundan atığın lagün kıyısında depolandığı bildirilmiştir (Öztekin, 2016). Ayrıca araştırma istasyonunda yüksek oranda köpük parçalarına rastlanmış olması da bölgenin denizel aktivitelerden de etkilenme ihtimalinin destekler niteliktedir.

Kentsel kanalizasyon sistemleri mikroplastik kirliliğinin önemli kaynaklarından biridir. Evlerde kullanılan çamaşır makinesinden alınan atıksu numuneleri üzerinde yapılan bir çalışmada, tek bir sentetik giysiden bile her yıkama başına 1900 adetten fazla mikroplastik fiberin kanalizasyona geçebileceği bildirilmiştir (Browne vd., 2011). Kaynak faktörü de göz önüne alındığında kıyısal bölgelerdeki mikroplastiklerin fiber ağırlıklı oluşu kentsel arıtma sularının

deniz ortamına deşarjı neticesinde oluşabileceğı tespitini de desteklemektedir (Browne vd., 2011; ÇŞB 2018c). Bu durum sentetik tekstil ürünlerin yıkanması sonucu kanalizasyon sistemine geçen fiberlerin denizel ortama ulaşmasından kaynaklanabilir. Türkiye'nin Karadeniz kıyısında yer alan kentlerin birçoğunda kanalizasyon sistemleri genelde kaba filtrasyona tabi tutulduktan sonra derin deşarj ile denize verilmektedir (İÇDR, 2018a,b,c,d,e,f,g,h). Atık su arıtma sistemleri bulunsa bile mikroplastiklerin bu sistemlerde arıtılmadığı ve denizel ortama karıştığı yapılan çalışmalarla bildirilmektedir (Talvitie vd., 2015; Mason vd., 2016; Estahbanati ve Fahrenfeld, 2016). Bu kapsamda Karadeniz kıyısında yer alan şehirlerin atık sularından kaynaklı olarak da bu kirleticinin bulunması ve yoğun nüfuslu bölgelerde bu kirleticiye de yoğun olarak rastlanması olasıdır.

Çalışması sırasında sediman örneklerinde köpük parçalara da rastlanmış olup bu plastik tipine daha çok göl tipi örneklem istasyonlarında karşılaşılmıştır. Kıyısız alanlarda yapılan balıkçılık faaliyetleri ve buna ek olarak Karadeniz'de gerçekleştirilen gemi trafiğı de Karadeniz'in kirletici kaynakları arasında yer almaktadır (Öztekin vd., 2020; Aytan vd., 2020a; Terzi vd., 2020). Plastikler, balıkçılık endüstrisinin ana bileşenlerinden biridir ve buna bağılı olarak plastik çöpler balıkçılık alanlarında yaygındır (Galgani vd., 2000; Barnes vd., 2009). Yapılan çalışmalarda balıkçılık kaynaklı atıklara özellikle balıkçılık sezonun yoğun olduğu dönemlerde oldukça fazla rastladığı bildirilmiştir (Terzi ve Seyhan, 2017; Öztekin vd., 2020). Özellikle köpük kutulara dair parçalar balıkçılık dönemlerinde sahillerin en yaygın kirleticileri arasındadır (Öztekin, 2016). Araştırma istasyonları arasında bulunan lagün gölleri ve büyük nehirlerden bazılarında balıkçılık aktiviteleri gerçekleştirilmektedir, buna bağılı olarak da geçiş suyu sistemlerinde bu kirleticilere rastlanması olasıdır.

Mikroplastiklerin renklerine göre sınıflandırılmasında araştırmacılar mikroplastikleri farklı renk sınıflarında (mavi, siyah, yeşil, turuncu, kırmızı, şeffaf, beyaz, sarı, pembe vb.) gruplandırmıştır (Öztekin ve Bat 2017; Aytan vd., 2020a,b; Pojar vd., 2021a,b; Cincinelli vd., 2021; Şentürk vd., 2020; Gedik ve Eryaşar 2020). Tez çalışması kapsamında en sık rastlanılan renk grubu şeffaf olmuştur ve şeffaf mikroplastiklerin sediman örneklerinde yoğun olarak bulunuşu birçok araştırmacı tarafından da rapor edilmiştir (D'Hont vd., 2021; Wang vd., 2019; Wen vd., 2018; Peng vd., 2017). Şeffaf mikroplastikler genellikle tek kullanımlık ve kısa ömürlü plastik poşetler, gıda kutuları, bardaklar ve şişeler gibi kullan at plastiklerden (Xiong vd., 2018; Yang vd., 2021), renkli mikroplastiklerin ise daha uzun kullanım ömrü olan plastik ürünlerden kaynaklanması muhtemeldir (Andrady, 2017; Eo vd., 2019; Yang vd., 2021). Mikroplastiklerin tipi ya da kaynağını belirlemek için renklerin tartışılmasında dikkatli

olunmalıdır, çünkü polimerlerin degradasyonunun görsel sonucu da renk değişimleridir, farklı polimer tipleri degradasyona farklı tepkiler vermektedir (Nicholson, 2012; Gewert vd., 2015). Ayrıca laboratuvar işlemleri sırasında uygulanan oksidasyon adımı sırasında da renk değişimlerinin oluşabileceği bildirilmektedir (Nuelle vd., 2014; Karami vd., 2017; Lusher vd., 2020). Örneklemlerin gerçekleştirildiği noktalardaki yüksek organik madde varlığında plastiklerin doğal partiküller ile karışma ihtimali ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle yoğunluk ayırıştırma işlemine tabi tutulan örneklerle organik maddenin uzaklaştırılması için ek bir oksidasyon adımı uygulanmaktadır. Bu işlem için çeşitli araştırmacılar farklı kimyasallar kullanmaktadır [H_2O_2 , $FeSO_4 + H_2O_2$, KOH vb. (Lares vd., 2019; Masura vd., 2015; Frias vd., 2018)]. Araştırma sırasında yoğun organik madde varlığı sebebiyle tek başına %30'luk H_2O_2 çözeltisi organik madde parçalanmasına yeterli olmamış bu nedenle $FeSO_4$ çözeltisi kullanılarak reaksiyon hızlandırılmıştır. Laboratuvar işlemleri sırasında uygulanan oksidasyon adımı sırasında da renk değişimlerinin oluşabileceği bildirilmektedir [%30-35 H_2O_2 ile 1 hafta oksidasyon sonrası bazı polimerlerin (PA, PC ve PP) şeffaflaşabildiği ve %10 KOH ile 50-60°C'de oksidasyon sonrası NY66 açık sarıya dönüşebildiği] (Nuelle vd., 2014; Karami vd., 2017; Lusher vd., 2020). Bu nedenle kullanılan kimyasallardan kaynaklı olarak renk değişimleri, bazı polimerlerin kaybı gibi dezavantajlar ortaya çıkmış olabilir.

Mikroplastiklerin sınıflandırılmasında renklerin önemi, çeşitli organizmalar tarafından kolayca gıda ile karıştırılması ve sonucunda yutulma olasılığına katkıda bulunma potansiyelinden kaynaklanmaktadır. Bazı ticari balık türleri ve larvaları, küçük zooplankton üzerinden beslenen görsel avcılardır ve avlarına en çok benzeyen mikroplastiklerle beslenme davranışı gözlenebilir (Rodríguez-Seijo ve Preiro, 2016). Sucul organizmalar, avlarına benzer bir renge sahip olan veya besin kaynaklarıyla karışan mikroplastikleri kazara/kasten yutma eğilimi gösterebilirler. Örneğin; bazı balık türlerinde en sık rastlanılan renk mavi olmuş ve bu renk tercihinin avını oluşturan zooplankton grubunun renginden kaynaklanabileceği ileri sürülmüştür (Ory vd., 2017).

Fu vd. (2020), Çin'de sucul organizmalardaki mikroplastikler üzerine yapılan araştırmalardan yaptıkları derlemede, en sık şeffaf ve mavi renklerin rastlandığını bildirmişlerdir. Tez çalışması kapsamında seçilen araştırma matrisi olan sediman ile etkileşimde olan bentik organizmalar üzerine gerçekleştirilen araştırmalarda ise şeffaf (Çin/Omurgasızlar-Wang vd., 2019), beyaz ve şeffaf (Baltık-Kuzey denizi/Pelajik ve Demersal balıklar-Rummel vd., 2016), mavi (Akdeniz/Pelajik ve Bentik balık türleri-Güven vd., 2017; Akdeniz/Demersal balıklar-Giani vd., 2019), siyah (Akdeniz/Demersal balıklar-Bellas vd., 2016), kırmızı (Tayland/Demersal

balıklar-Klangnurak ve Chunniyom, 2020) gibi sediman çalışmalarında da sık rastlanılan renk grupları ile karşılaşılmıştır.

Karadeniz Bölgesinde de çeşitli organizmalarda mikroplastik varlığı renkler ile ilişkilendirilerek rapor edilmiştir (Aytan vd., 2020c; 2022a,b; Şentürk vd., 2020; Gedik ve Eryaşar, 2020; Karaoğlu ve Gül, 2020). Zooplankton türlerinde karşılaşılan renkler kırmızı, siyah ve mavi olurken (Aytan vd., 2020c; 2022a), 4 farklı Bivalve türü üzerinde gerçekleştirilen araştırma sırasında ise en sık karşılaşılan renkler mavi ve siyah olarak (Şentürk vd., 2020), farklı ticari balık türlerinde ise sindirim kanalında yüksek oranlarda karşılaşılan mikroplastiklerin renkleri siyah, mavi, şeffaf ve kırmızı olarak bildirilmiştir (Aytan vd., 2020b; 2022b). İki farklı iribaş türü üzerinde gerçekleştirilen araştırmada ise karşılaşılan renkler *Pelophylax ridibundus* türünde şeffaf, kırmızı, turuncu ve beyaz; *Rana macrocnemis* türünde siyah, yeşil, şeffaf, kırmızı, yeşil ve mavi olarak bulunmuştur (Karaoğlu ve Gül, 2020). Sonuç olarak hem farklı sucul ortamlar hem de sucul organizmalar üzerinde yürütülen araştırmalarda sık karşılaşılan renkler ile tez çalışmasında karşılaşılan renkler benzerlik göstermiştir.

Genel olarak araştırmacılar tarafından kullanılan boyut tanımı, mikroplastik parçacıklar için <5 mm'den küçük olan boy sınıfıdır (Hanke vd., 2013; Frias ve Nash, 2019), Karadeniz bölgesinde yürütülen çalışmalarda ise boyut bakımından araştırmalar farklılık göstermiştir. Bazı araştırmacılar 5 mm'den küçük mikroplastikleri (Aytan vd., 2020b; Pojar vd., 2021), bazıları sadece 1-5 mm arasındaki mikroplastikleri (Şener vd., 2019; Totoiu vd., 2020), bazıları ise kullandıkları örnekleme kepçelerinin ağ göz açıklığına bağlı olarak boyutları 200-300 µm ile 5 mm arasındaki mikroplastikleri değerlendirmişlerdir (Aytan vd., 2016; Öztekin ve Bat 2017; Berov ve Klayn 2020). Tez çalışması sırasında genel olarak boy grupları küçüldükçe mikroplastik miktarında artış gözlenmiştir ve yüksek sayıda mikroplastığe daha çok 500 µm küçük boy gruplarında rastlanmıştır ve benzer durum çeşitli araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Vianello vd., 2013; Wang vd., 2019; Carretero vd., 2021). Plastiklerin doğada degradasyon süreçleri çeşitli fiziksel süreçlere bağlı olarak devam etmekte olup, kırılganlaşmada degradasyon sonuçlarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır (Gewert vd., 2015; Chamas vd., 2020).

Örneklemelemlerin gerçekleştirildiği littoral bölgeler dalga hareketleri nedeniyle erozyona uğradıklarından dip daha çok taş, çakıl vb. büyük yapıdır ve bu bölgeler karaların da etkisi altında olduğundan sıcaklığın sık sık değiştiği alanlardır (Tanyolaç, 2006). Bu tip değişiklikler plastiklerin parçalanma süreçlerini hızlandırmış olabilir. Ayrıca mikroplastiklerin degradasyon

süreçleri meso ve makro plastiklere göre daha hızlıdır (Gewert vd., 2015). Tüm bu nedenler göz önüne alındığında daha küçük boyda daha yüksek sayıda plastik ile karşılaşmak olasıdır. Plastik boyu küçüldükçe besin zincirinin alt basamaklarındaki canlıların mikroplastikler ile karşılaşması olasıdır ve besin zincirinin alt basamaklarındaki canlılar tarafından mikroplastik tüketimi rapor edilmiştir (Lusher vd., 2013; Desforjes vd., 2015; Li vd., 2016; Aytan vd., 2022a). Bu durum, mikroplastik ve ilişkili toksik kimyasalların biyoakümülyasyon riskini ortaya çıkarmaktadır, besin zincirinde mikroplastiklerin aktarımı deneysel çalışmalar ile kanıtlanmıştır (Farrell ve Nelson, 2013; Setälä vd., 2014).

Mikroplastik miktarının su tipine göre değerlendirilmesinde araştırma istasyonunun nehir/göl oluşu istatistiki açıdan sadece temmuz dönemindeki mikroplastik miktarında farklılık göstermiştir (*Mann Whitney U*, $p<0,05$). Bu iki sistem arasında mikroplastik çeşitliliği bakımından bir farklılık bulunamamış olsa da mikroplastik boyu bakımından, göl tipi sistemlerde genel olarak nehir tipi sistemlere oranla daha yüksek boyda mikroplastikler ile karşılaşmıştır. Mikroplastiklerin batma davranışlarında birçok etkenle birlikte mikroplastiklerin boyutunun da etkili olduğu çeşitli deneysel çalışmalarla da kanıtlanmıştır (Kowalski vd., 2016; Semcesen ve Wells 2021). Küçük boydaki mikroplastiklerin büyük olanlara oranla daha hızlı battığı ve göllerde küçük boyutlu mikroplastiklerin kaynağa yakın noktalarda depolanırken büyük boydaki mikroplastiklerin ise daha uzak mesafelere taşınabileceği bildirilmektedir (Semcesen ve Wells, 2021). Buradan yola çıkarak daha büyük boyutlu mikroplastiklerin küçük olanlara oranla daha fazla yüzme eğilimi göstermesi ve düzenli bir akış rejimine sahip olan akarsuların büyük boyutlu parçaları daha fazla denize taşıma eğilimi gösterirken, daha durağan olan göl tipi sistemlerde daha büyük parçaların dibe çökmesi için uygun ortam oluşturmuş olabilir.

Sucul ortamdaki mikroplastiklerin örneklenmesi sırasında çeşitli yöntemler kullanılmakta olup sudaki mikroplastiklerin örnekleme sırasında çoğunlukla manta ağları, nöston ağları veya WP-2 ağları kullanılmaktadır. Kullanılan bu ağların ağ göz açıklığının boyutu, tutulan parçacıkların boyutunu ve ayrıca filtrelenebilir hacmi sınırlasa da nispeten daha büyük hacimlerde su örneklemeesine izin vermektedir (Dris vd., 2018). Sediman araştırmalarında ise örnekler, box-core, Van-Veen grab, manuel grab ve multi-core gibi cihazlar ile gerçekleştirilmektedir (Sanchez-Vidal vd., 2018; Aytan vd., 2020b; Cincinelli vd., 2021; Pojar vd., 2021b). Sediman örneklemelelerinde, kullanılan cihaz örnekleme mikroplastiklerin boyutunu sınırlandıran bir etken olmamakta bu sayede küçük boylardaki mikroplastikler kayba uğramamaktadır. Sonuç olarak, sediman araştırmalarında daha küçük boyda ve yüksek sayıda mikroplastığe rastlanması olasıdır. Ayrıca mikroplastikler degradasyon sürecinde

kırılanaşmaktadır (Nicholson, 2012; Gewert vd., 2015), mikroplastiklerin sedimandan ayrıştırılması sırasında uygulanan işlemler hassas olan bu parçaların kırılarak daha küçük parçalara ayrılmasına da neden olmuş olabilir.

Araştırma kapsamında örneklemeler sık kullanılan örnekleme araçlarından olan Van-Veen grab kullanılarak temin edilmiştir. Hali hazırda yürütölmüş birçok sediman araştırmasında da Van-Veen grab kullanılmaktadır (D'Hont vd., 2021; Cincinelli vd., 2021; Pojar vd., 2021b). Kullanılan örnekleme cihazı bazı durumlarda sediman yapısına bağılı olarak sedimanın yıkanarak gelmesi, kaba çakıllı sediman yapısındaki alanlarda örnekleme cihazının kapanmaması gibi sorunlara neden olabilmektedir. Sağlıklı örnekleme gerçekleştirilebilmesi için sediman yapısına bağılı olarak örnekleme cihazının seçimi gerçekleştirilmelidir. Bu cihazın kullanımında özellikle grabın açılması sırasında sedimanın yüzeyinde bozulmalar görölebilmektedir, bu durum dezavantaj olarak nitelendirilebilir. Sediman örneklemelerinde mikroplastikler bozulmamış yüzey sedimanından örneklenmekte ve mikroplastiklerin sedimandan ayrılması laboratuvar ortamında ekstra bir işlem gerektirmektedir, bunun için araştırmacılar tarafından çeşitli teknikler geliştirilmiştir (Imhof vd., 2012, Nuelle vd., 2014). Genel olarak bu işlem için yoğunluk farkından ayırıştırma işlemi uygulanmakta olup işlem sırasında yüksek yoğunluklu solüsyonlar ile plastiklerin sedimandan yüzdürme yoluyla uzaklaştırılması amaçlanmaktadır. Bu işlem için farklı çözeltiler (NaCl, ZnCl₂, NaI vb.) kullanılabilir ve birçok çalışmada toksik olmayışı, kolay elde edilebilir oluşu ve ucuz oluşu gibi nedenlerden dolayı çoğunlukla doymuş sodyum klorür (NaCl-1,2 g/cm³) çözeltisi kullanılmaktadır (Blumenröder vd. 2017; Vianello vd., 2013; Pojar vd., 2021). Bu çalışmada, solüsyon seçimi yapılırken Frias vd. (2018) tarafından hazırlanan rapordan uyarlanan Tablo 5.2 göz önüne alınmış ve sediman örneklerinden yoğunluk farkından ayırıştırılması için hem sağlık riski hem de güvenlik-fiyat ilişkisi bakımından sodyum klorür (NaCl) çözeltisi kullanılmıştır. Bahsi geçen raporda yoğunluk ayırıştırma işlemi için NaCl ve Na₂WO₄·2H₂O çözeltilerinin kullanımı önerilmekte olup NaCl kullanımının PVC gibi yüksek yoğunluklu polimerlerin ayırıştırılmasında dezavantajlı olduğundan bahsedilse de yüksek yoğunluklu kimyasalların kullanımında sağlık riskine ek olarak yüksek fiyatlar da dezavantaj olarak ortaya çıkmaktadır.

Tablo 5.2 Yoğunluk ayırtırmada yaygın olarak kullanılan solüsyonlar (Frias vd., 2018’den düzenlenmiştir)

Formülü	Adı	Solüsyon yoğunluğu (g/cm ³)	Sağlık Riski	Güvenlik-Fiyat İlişkisi
NaCl	Sodyum klorür	1,0-1,2	Düşük	Düşük
Na ₂ WO ₄ ·2H ₂ O	Sodyum tungstat dihidrat	1,4	Düşük	Düşük
NaBr	Sodyum bromid	1,37-1,4	Düşük	Düşük
3Na ₂ WO ₄ ·9WO ₃ ·H ₂ O	Sodyum politungstat	1,4	Düşük	Yüksek
Li ₆ (H ₂ W ₁₂ O ₄₀)	Lityum metatungstat	1,6	Orta	Yüksek
ZnCl ₂	Çinko klorür	1,6-1,8	Yüksek	Yüksek
ZnBr ₂	Çinko bromür	1,71	Yüksek	Yüksek
NaI	Sodyum iyodür	1,80	Orta	Orta

Polimer yoğunlukları sucul ortamdaki plastiklerin dağılımını etkilediğinden, mikroplastiklerin yüzeyde ve derinlerde nasıl taşındığını anlamak adına polimer tipleri hakkında bilgi sahibi olmak da önemlidir. Makro- ve mikroplastiklerin spektroskopik yöntemlerle tanımlanması, polimer bileşeni hakkında bilgi sağlamaktadır. Karadeniz Bölgesinde yapılan çalışmalarda sınırlı sayıda polimer analiz verisi bulunmaktadır (Aytan vd., 2020a, 2022a; Cincinelli vd., 2021; Pojar vd., 2021a,b; Terzi vd., 2021). Sediman örneklerinde baskın polimer türleri PE: %57,1, PP: %28,6, PA: %14,3 (Aytan vd., 2020a), PET: %31, PP: %26, PS: %18, PAN: %13 (Pojar vd., 2021b), SAC: %40,53, PET: %38,75, PE: %6,91, PS: %5,81 (Terzi vd., 2021) olarak bildirilmiştir. Genel olarak çalışmalarda karşılaşılan baskın polimer türleri, üretimi yoğun olan polimer türleri ile paralellik göstermektedir. Tez çalışması sırasında karşılaşılan mikroplastiklerin polimer yapıları, mevcut olanaklar içerisinde analiz cihazı bulunmayışı ve proje desteği olmadığı için belirlenememiştir.

Plastik uzun ömrü, artan kullanım miktarı ve kolay elde edilebilir oluşu gibi sebeplerle insan hayatında çok yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu materyal beraberinde atık yönetim sorunlarını getirmiş ve günümüzün baskın kirleticisi olarak karşımıza çıkmıştır. Bu materyal zamana ve çeşitli etkilere bağlı olarak parçalara ayrılarak devam eden uzun bir zaman yolculuğu içerisinde ve artık bilim insanları tarafından bulunduğumuz Antroposen Çağına “Plastik Çağı” demenin doğru olacağı iddia edilmektedir (Weston, 2019; Selamoğlu-Çağlayan ve Aytan, 2020).

Mikroplastikler sucul ekosistemler için bir tehdit olarak karşımıza çıkmıştır ve bu nedenle miktarı, dağılımı ve kaynakları hakkında detaylı araştırmalar gerçekleştirilmelidir. Ekosistemin bu kirleticiden etkilenme miktarını analiz edebilmek ve atıkları kaynağından azaltmak, bu

büyük sorun ile baş edebilmek için oldukça önemlidir. Mikroplastikler hakkında yapılan araştırmalar son yıllarda artan bir ivmeyle devam etmektedir. Fakat araştırmacılar tarafından kullanılan terminolojik tanımlamalardaki farklılıklar nedeniyle karşılaştırmalar yapmak oldukça zordur. Yapılan çalışmaları birbiri ile karşılaştırabilmek için metodolojide de standardizasyon gereklidir.

Mikroplastik nicel ve nitel durumunun tespitini içeren çalışmaların artış hızına paralel olarak özellikle ekosistem üzerindeki etkilerini anlamak üzerine yapılacak araştırmaların da artması son derece önemlidir.

Sucul ortamda mikroplastiklerin varlığı dünya literatürüne 1970’lerde girmiş olsa da bölgesel bazda yapılan araştırmalar değerlendirildiğinde, Karadeniz bölgesinde mikroplastikler hakkında yürütülen çalışmalar oldukça yenidir. Hala tam olarak mevcut durumu ortaya koyan çalışma sayısı oldukça sınırlı olup, plastiklerin diğer kirleticiler ile etkileşimi ve canlılar üzerindeki etkisi hakkında yapılan araştırmalarda eksilikler bulunmaktadır.

Tez çalışması kapsamında Karadeniz Bölgesinde alan ve kapsam olarak eksik olan ekolojik ve ekonomik önemi yüksek geçiş suyu (nehir ve göl) sistemlerinin sedimanlarındaki mikroplastik varlığı ilk kez bu denli geniş alanda araştırılmıştır. Bu çalışmada, bundan sonra planlanıp yürütülecek araştırmalar ve ekosistem modelleri için temel oluşturabilecek veriler toplanmıştır. Çalışma kapsadığı alan ve ekosistemler adına gerçekleştirilen temel çalışma olma niteliği taşımaktadır.

Geldiğimiz bu noktada, yapılacak araştırmalarda yapısal ve sistemsel değişikliğe gidilmesi gerekmektedir. Nitel ve nicel mikroplastik miktar tespiti gerekli ancak yeterli değildir. Elde edilen sonuçların anlamlı olması için; çalışılan alanı doğru temsil edecek kadar noktadan ve etkenleri içine alacak kadar farklı bölgeden, ekosistemin tüm unsurlarının olası etkenlerinin de değerlendirilmesine imkan verecek kadar parametre (tuzluluk, akıntı hızı vs.) içeren, eldeki imkanlar ile değil de çalışma alanını doğru tespit edebilmek için gerekli olan araştırma metotları ile yürütülen, ekosistemin canlı unsurları üzerine olası etkilerini önceleyen araştırmalar yapmak gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Acha, E., Hermes, W., Mianzan, A., Iribarne, C., Domingo, A., Gagliardini, C., Carlos Lasta, A., & Pedro Daleo, D. (2003). The role of the Río de la Plata bottom salinity front in accumulating debris. *Marine Pollution Bulletin*, 46, 197–202. [https://doi.org/10.1016/cS0025-326X\(02\)00356-9](https://doi.org/10.1016/cS0025-326X(02)00356-9)
- Akbal, F., Gürel, L., Bahadır, T., Güler, İ., Bakan, G., & Büyükgüngör, H. (2011). Multivariate statistical techniques for the assessment of surface water quality at the mid-black sea coast of Turkey. *Water, Air, & Soil Pollution*, 216(1), 21–37. <https://doi.org/10.1007/s11270-010-0511-0>
- Akın, M., & Akın, G. (2007). Suyun önemi, Türkiye’de su potansiyeli, su havzaları ve su kirliliği. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 47(2), 105–118.
- Alongi, D.M. (2009). *Paradigm Shifts in Mangrove Biology*. Coastal Wetlands an Integrated Ecosystem Approach. Elsevier, Amsterdam, Países Bajos (pp. 615–640).
- Altınsaçlı, S., Altınsaçlı, S., & Temel, M. (2013). Species composition and qualitative distribution of macrophytes in four lakes (Karasu, Adapazarı, Turkey). *Phytologia Balcanica*, 19(1), 67–75.
- Altınsaçlı, S., Altınsaçlı, S., & Paçal, F.P. (2014). Species composition and distribution of ostracods (Crustacea, Ostracoda) in some lakes and lagoons (Kocaeli and Sakarya, Turkey). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 2(5), 182–192.
- Andrady, A.L., & Neal, M.A. (2009). Applications and societal benefits of plastics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B. Biological Sciences*, 364(1526), 1977–1984. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0304>
- Andrady, A.L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine pollution bulletin*, 62(8), 1596–1605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>
- Andrady, A.L. (2017). The plastic in microplastics: A review. *Marine pollution bulletin*, 119(1), 12–22. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.082>
- Anonim (1981). Yurt Ansiklopedisi. Anadolu Yayıncılık, Cilt 9: 6746–6753, İstanbul, 1981 (Ertorun ve Tanatmış, 2004’ten alınmıştır).
- Anonim (2019a). *İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi*, <https://www.iski.istanbul/web/tr-TR/arama?k=riva> (Erişim tarihi: 10.11.2019)
- Anonim (2019b). *T.C. Sakarya Valiliği*, <http://www.sakarya.gov.tr/sakarya-nehri> (Erişim tarihi: 10.11.2019)
- Anonim (2019c). *Enerji Atlası*, <https://www.enerjiatlası.com/> (Erişim tarihi: 11.11.2019)
- Anonim (2019d). *Samsun*, <https://www.samsun.com.tr> (Erişim tarihi: 12.11.2019)
- Anonim (2019e). *Türkiye Sulak Alanları*, <http://www.turkiyesulakalanlari.com> (Erişim tarihi: 12.11.2019)

- Anonim (2021). *İğneada Longoz Ormanları Milli Parkı*, <http://igneada.tabiat.gov.tr/> (Erişim tarihi: 09.10.2021)
- Arthur, C., Baker, J., & Bamford, H. (Eds.). (2009). *Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects and Fate of Microplastic Marine Debris*. Sept 9-11, 2008. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-30 (pp. 49).
- Aydın, C., Güven, O., Salihoğlu, B., & Kıdeys, A. E. (2016). The influence of land use on coastal litter: an approach to identify abundance and sources in the coastal area of Cilician Basin, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 16(1), 029-039. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v16_1_04
- Aytan, Ü., Valente, A., Senturk, Y., Usta, R., Sahin, F.B.E., Mazlum, R.E., & Agirbas, E. (2016). First evaluation of neustonic microplastics in Black Sea waters. *Marine environmental research*, 119, 22-30. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.05.009>
- Aytan, U., Sahin, F.B.E., & Karacan, F. (2020a). Beach litter on Sarayköy Beach (SE Black Sea): density, composition, possible sources and associated organisms. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 20(2), 137-145. http://doi.org/10.4194/1303-2712-v20_2_06
- Aytan, Ü., Şentürk, Y., Esensoy, F.B., Öztekin, A., Ağırbaş, E., & Valente, A. (2020b). Microplastic pollution along the southeastern Black Sea. In Ü. Aytan, M. Pogojeva, & A. Simeonova, (Eds.), *Marine Litter in the Black Sea* (pp. 192). Turkish Marine Research Foundation (TUDAV), 56, Istanbul, Turkey.
- Aytan, Ü., Esensoy, F.B., Şentürk, Y., Ağırbaş, E., & Valente, A. (2020c). Presence of microplastics in zooplankton and planktivorous fish in the southeastern Black Sea. In Ü. Aytan, M. Pogojeva, A. Simeonova, (Eds.), *Marine Litter in the Black Sea* (pp. 314). Turkish Marine Research Foundation (TUDAV), 56, Istanbul, Turkey.
- Aytan, U., Esensoy, F.B., & Senturk, Y. (2022a). Microplastic ingestion and egestion by copepods in the Black Sea. *Science of The Total Environment*, 150921. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150921>
- Aytan, U., Esensoy, F.B., Senturk, Y., Arifoğlu, E., Karaoğlu, K., Ceylan, Y., & Valente, A. (2022b). Plastic Occurrence in Commercial Fish Species of the Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 22(SI), TRJFAS20504.
- Barnes, D.K., Galgani, F., Thompson, R.C., & Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1995-1998. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0205>
- Bat, L., Öztekin, A., Şahin, F., Arıcı, E., & Özsandıkçı, U. (2018). An overview of the Black Sea pollution in Turkey. *MedFAR*, 1(2), 67-86.
- Baysal, A., Saygin, H., & Ustabasi, G.S. (2020). Microplastic Occurrences in Sediments Collected from Marmara Sea-Istanbul, Turkey. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 105(4), 522-529. <https://doi.org/10.1007/s00128-020-02993-9>

- Bekleyen, A., & Taş, B. (2008). Çerne Gölü'nün (Samsun) Zooplankton Faunası. *Ekoloji Dergisi*, 17(67), 24-30.
- Bellas, J., Martínez-Armental, J., Martínez-Cámara, A., Besada, V., & Martínez-Gómez, C. (2016). Ingestion of microplastics by demersal fish from the Spanish Atlantic and Mediterranean coasts. *Marine Pollution Bulletin*, 109(1), 55-60. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.026>
- Bergmann, M., Lutz, B., Tekman, M. B., & Gutow, L. (2017). Citizen scientists reveal: Marine litter pollutes Arctic beaches and affects wild life. *Marine Pollution Bulletin*, 125(1-2), 535-540. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.09.055>
- Berkün, M., Anılan, T., & Aras, E. (2010). Doğu Karadeniz Bölgesi'nde sediment taşınması ve kıyı erozyonu etkileşimleri. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 55(3-4), 47-52.
- Berov, D., & Klayn, S. (2020). Microplastics and floating litter pollution in Bulgarian Black Sea coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*, 156, 111225. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111225>
- Bharath K.M., Srinivasalu, S., Natesan, U., Ayyamperumal, R., Kalam, N., Anbalagan, S., Sujatha, K., & Alagarasan, C. (2021). Microplastics as an emerging threat to the freshwater ecosystems of Veeranam lake in south India: A multidimensional approach. *Chemosphere*, 264, 128502. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128502>
- Bilgin, A., Yalcin, E., Kutbay, H. G., & Kilinc, M. (2003). Nutrient concentrations and biomass in lake vegetation and nutrient limitation in lakes of Northern Black Sea Region of Turkey. *Ecology(Bratislava)*, 22(3), 257-268.
- Blumenröder, J., Sechet, P., Kakkonen, J. E., & Hartl, M. G. (2017). Microplastic contamination of intertidal sediments of Scapa Flow, Orkney: a first assessment. *Marine Pollution Bulletin*, 124(1), 112-120. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.07.009>
- Borysova, O., Kondakov, A., Paleari, S., RautalahtiMiettinen, E., Stolberg, F., & Daler, D. (2005). *Eutrophication in the Black Sea region; Impact assessment and Causal chain analysis*. University of Kalmar, Kalmar, Sweden.
- Bostancı, D., İskender, R., Helli, S., & Polat, N. (2015). Turnasuyu Deresi (Ordu) Balık Faunasının Belirlenmesi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(2), 1-9.
- Boucher, J., Friot D. 2017. *Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources*. Gland, Switzerland: IUCN (pp. 43).
- Browne, M.A., Galloway, T., & Thompson, R. (2007). Microplastic—an emerging contaminant of potential concern? Integrated Environmental Assessment and Management: *An International Journal*, 3(4), 559-561. <https://doi.org/10.1002/ieam.5630030412>
- BSC, (2009). *Marine litter in the Black Sea Region: A review of the problem*. Black Sea Commission Publications 2007-1, Istanbul, Turkey (pp. 148).
- Büyükgüngör, H., Bakan, G., & Akbal, F. (2014). Land-Based pollution monitoring and assessment of Black Sea region of Turkey. In E. Düzgüneş, B. Öztürk, & M. Zengin

(Eds.) *Turkish Fisheries in the Black Sea*, (pp. 108-131). Turkish Marine Research Foundation (TUDAV), Publication number 40. Istanbul, Turkey.

- Can, Ö., & Taş, B. (2012). Ramsar Alanı İçinde Yer Alan Cernek Gölü ve Sulak Alanının (Kızılırmak Deltası, Samsun) Ekolojik ve Sosyo-Ekonomik Önemi. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 5(2), 1-11.
- Carbery, M., O'Connor, W., & Palanisami, T. (2018). Trophic transfer of microplastics and mixed contaminants in the marine food web and implications for human health. *Environment international*, 115, 400-409.
- Carlin, J., Craig, C., Little, S., Donnelly, M., Fox, D., Zhai, L., & Walters, L. (2020). Microplastic accumulation in the gastrointestinal tracts in birds of prey in central Florida, USA. *Environmental Pollution*, 264, 114633. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114633>
- Carpenter, E.J., & Smith Jr., K.L. (1972). Plastics on the Sargasso Sea surface. *Science*, 175, 1240–1241.
- Carpenter, E.J., Anderson, S.J., Harvey, G.R., Miklas, H.P., & Peck, B.B. (1972). Polystyrene spherules in coastal water. *Science*, 178, 749–750.
- Carretero, O., Gago, J., & Viñas, L. (2021). From the coast to the shelf: Microplastics in Rías Baixas and Miño River shelf sediments (NW Spain). *Marine Pollution Bulletin*, 162, 111814. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111814>
- Castañeda, R.A., Avlijas, S., Simard, M.A., & Ricciardi, A. (2014). Microplastic pollution in St. Lawrence river sediments. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 71(12), 1767-1771. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2014-0281>
- Chamas, A., Moon, H., Zheng, J., Qiu, Y., Tabassum, T., Jang, J. H., ... & Suh, S. (2020). Degradation rates of plastics in the environment. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 8(9), 3494-3511. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b06635>
- Cincinelli, A., Scopetani, C., Chelazzi, D., Martellini, T., Pogojeva, M., & Slobodnik, J. (2020). Microplastics in the Black Sea sediments. *Science of The Total Environment*, 760, 143898. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143898>
- Claessens, M., De Meester, S., Van Landuyt, L., De Clerck, K., & Janssen, C. R. (2011). Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. *Marine Pollution Bulletin*, 62(10), 2199-2204. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.06.030>
- Clarke, K.R., & Warwick, R.M. (2001). *Change in marine communities. An approach to statistical analysis and interpretation*, PRIMER-E: Plymouth.
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C. & Galloway, T.S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 2588–2597. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>

- Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Goodhead, R.M., Moger, J. & Galloway, T. (2013). Microplastic ingestion by zooplankton. *Environmental Science & Technology*, 47, 6646– 6655. <https://doi.org/10.1021/es400663f>
- Corcoran, P.L., Biesinger, M.C., & Meriem, G. (2009). Plastics and beaches: A degrading relationship. *Marine Pollution Bulletin*, 58, 80–84.
- Cózar, A., Echevarría, F., González-Gordillo, J.I., Irigoien, X., Úbeda, B., Hernández-León, S., ... & Duarte, C.M. (2014). Plastic debris in the open ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(28), 10239-10244. <https://doi.org/10.1073/pnas.1314705111>
- Çağlayan, H. S. & Aytan, Ü. (2020). Mikroplastiklerin Deniz Çevresinde Neden Olduğu Etkiler. *Doğanın Sesi*, (6), 44-56.
- ÇŞB, (2017a). Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme İşi 2014-2016 Ege Denizi Özet Raporu. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı – Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, TÜBİTAK MAM Matbaası Gebze/Kocaeli.
- ÇŞB, (2017b). Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme İşi 2014-2016 Akdeniz Özet Raporu. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı – Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, TÜBİTAK MAM Matbaası Gebze/Kocaeli.
- ÇŞB, (2017c). Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme İşi 2014-2016 Marmara Denizi Özet Raporu. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı – Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, TÜBİTAK MAM Matbaası Gebze/Kocaeli.
- ÇŞB, (2017d). Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme İşi 2014-2016 Karadeniz Özet Raporu. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı – Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, TÜBİTAK MAM Matbaası Gebze/Kocaeli.
- Çullu, A. F., Sönmez, V. Z., Sivri, N. 2021. Microplastic contamination in surface waters of the Küçükçekmece Lagoon, Marmara Sea (Turkey): Sources and areal distribution. *Environmental Pollution*, 268, 115801. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115801>
- D'Hont, A., Gittenberger, A., Leuven, R. S., & Hendriks, A. J. (2021). Dropping the microbead: Source and sink related microplastic distribution in the Black Sea and Caspian Sea basins. *Marine Pollution Bulletin*, 173, 112982. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112982>
- Deniz izleme Kılavuzları. (2017). T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, TÜBİTAK MAM Matbaası Gebze/Kocaeli.
- Derraik, J.G.B. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 44, 842–852. [http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00220-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00220-5)
- Desforges, J.P.W., Galbraith, M., Dangerfield, N., & Ross, P.S. (2014). Widespread distribution of microplastics in subsurface seawater in the NE Pacific Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 79(1-2), 94-99. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.12.035>

- Desforbes, J.P.W., Galbraith, M., & Ross, P.S. (2015). Ingestion of microplastics by zooplankton in the Northeast Pacific Ocean. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 69(3), 320-330. <https://doi.org/10.1007/s00244-015-0172-5>
- Doğruyol, P., Şener, M., & Balkaya, N. (2019). Determination of microplastics and large plastics in the sediments of the Golden Horn Estuary (Halic), Istanbul, Turkey. *Desalin Water Treat*, 172, 344-350. <https://doi.org/10.5004/dwt.2019.25067>
- Dris, R., Imhof, H. K., Löder, M. G., Gasperi, J., Laforsch, C., & Tassin, B. (2018). Microplastic contamination in freshwater systems: Methodological challenges, occurrence and sources. In *Microplastic Contamination in Aquatic Environments*, Elsevier (pp. 51-93). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813747-5.00003-5>
- Enders, K., Käßler, A., Biniash, O., Feldens, P., Stollberg, N., Lange, X., ... & Labrenz, M. (2019). Tracing microplastics in aquatic environments based on sediment analogies. *Scientific reports*, 9(1), 1-15. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50508-2>
- EO, S., Hong, S. H., Song, Y. K., Han, G. M., & Shim, W. J. (2019). Spatiotemporal distribution and annual load of microplastics in the Nakdong River, South Korea. *Water research*, 160, 228-237. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.05.053>
- Eriksen, M., Mason, S., Wilson, S., Box, C., Zellers, A., Edwards, W., ... & Amato, S. (2013). Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes. *Marine pollution bulletin*, 77(1-2), 177-182. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.10.007>
- Erdoğan, Ş. 2020. Microplastic pollution in freshwater ecosystems: A case study from Turkey. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37(3), 213-221.
- Ertorun, N., & Tanatmış M. (2004). Karasu Çayı (Sinop)'nın Ephemeroptera (Insecta) Limnofaunası. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(1), 107-114.
- Estahbanati, S., & Fahrenfeld, N. L. (2016). Influence of wastewater treatment plant discharges on microplastic concentrations in surface water. *Chemosphere*, 162, 277-284. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.07.083>
- Farrell, P., & Nelson, K. (2013). Trophic level transfer of microplastic, *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.). *Environmental Pollution*, 177, 1-3. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2013.01.046>
- Filella, M. (2015). Questions of size and numbers in environmental research on microplastics: methodological and conceptual aspects. *Environmental Chemistry*, 12(5), 527-538.
- Free, C. M., Jensen, O. P., Mason, S. A., Eriksen, M., Williamson, N. J., & Boldgiv, B. (2014). High-levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake. *Marine Pollution Bulletin*, 85(1), 156-163. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.06.001>
- Frias, J., Pagter, E., Nash, R., O'Connor, I., Carretero, O., Filgueiras, A., ... & Gerdt, G. (2018). Standardised protocol for monitoring microplastics in sediments. Deliverable 4.2, JPI-Oceans BASEMAN Project (pp. 24).
- Frias, J., & Nash, R. (2019). Microplastics: finding a consensus on the definition. *Marine Pollution Bulletin*, 138, 145-147. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.022>

- Fu, Z., Chen, G., Wang, W., & Wang, J. (2020). Microplastic pollution research methodologies, abundance, characteristics and risk assessments for aquatic biota in China. *Environmental Pollution*, 266, 115098. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115098>
- Galgani, F., Leaute, J. P., Moguedet, P., Souplet, A., Verin, Y., Carpentier, A., ... & Nerisson, P. (2000). Litter on the sea floor along European coasts. *Marine Pollution Bulletin*, 40(6), 516-527.
- Galgani, F., Fleet, D., Van Franeker, J. A., Katsanevakis, S., Maes, T., Mouat, J., ... & Janssen, C. (2010). *Marine Strategy Framework directive-Task Group 10 Report Marine Litter*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, European Union, IFREMER and ICES, 2010 (pp.57).
- Galgani, F., Hanke, G., Werner, S. D. V. L., & De Vrees, L. (2013). Marine litter within the European marine strategy framework directive. *ICES Journal of Marine Science*, 70(6), 1055-1064. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fst122>
- Galgani, F., Hanke, G., & Maes, T. (2015). Global distribution, composition and abundance of marine litter. In *Marine anthropogenic litter* (pp. 29-56). Springer.
- Garipağaoğlu, N., Şahin, C., Çeker, A., & Şenol, C. (2015). Çayağzı (Riva) Havzası'nın Doğal Ortam Koşulları (Jeolojik-Jeomorfolojik-Hidrografik Açından) ve Sürdürülebilir Kullanım Üzerindeki Rolü. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (31), 48-81.
- Gedik, K., & Eryaşar, A.R. (2020). Microplastic pollution profile of Mediterranean mussels (*Mytilus galloprovincialis*) collected along the Turkish coasts. *Chemosphere*, 260, 127570. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127570>
- GESAMP, (2019). *Guidelines or the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean* (Editors: Kershaw P.J., Turra A., Galgani F.), (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP/ISA Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 99, pp. 130.
- Gewert, B., Plassmann, M. M., & MacLeod, M. (2015). Pathways for degradation of plastic polymers floating in the marine environment. *Environmental science: processes & impacts*, 17(9), 1513-1521. <https://doi.org/10.1039/C5EM00207A>
- Giani, D., Baini, M., Galli, M., Casini, S., & 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. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.01.005>
- González-Fernández, D., Hanke, G., Machitadze, N., Kotelnikova, Y., Tretiak, I., Savenko, O., ... & Aytan, U. (2020). Anthropogenic litter input through rivers in the Black Sea. Marine Litter in the Black Sea. In Ü. Aytan, M. Pogojeva, & A. Simeonova, (Eds.), *Marine Litter in the Black Sea* (pp. 183). Turkish Marine Research Foundation (TUDAV), 56, Istanbul, Turkey.
- Gönençgil, B. (2008). *Tehdit Altındaki Kıyı Alanlarına Bir Örnek: Acarlar Longozu-Karasu, Sakarya*. V. Ulusal Coğrafya Sempozyumu, Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi (TÜCAM), Ankara, 16-17 Ekim 2008, 31-38 s.

- Görmüş, S., Oguz, D., & Esbah, H. (2017). Sector conflicts in a protected area: Kapisuyu River, Kure Mountains National Park, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(2-A), 1333-1351.
- Gregory, M.R., & Ryan, P.G. (1997). Pelagic plastics and other seaborne persistent synthetic debris: a review of Southern Hemisphere perspectives. In J.M. Coe, & D.B. Rogers (Eds.), *Marine Debris—Sources, Impacts and Solutions* (pp. 49–66). Springer-Verlag, New York.
- Gültekin, F., Dilek, R., Ersoy, A.F., & Ersoy, H. (2005). Aşağı Değirmendere (Trabzon) havzasındaki suların kalitesi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 29(1), 21-34.
- Gündüz, E., Saygi, Y., Demirkalp, F. Y., Çağlar, S. S., Atasagun, S., & Kilinc, S. (2013). Seasonal composition and population density of zooplankton in Lake Karaboğaz from the Kızılırmak Delta (Samsun, Turkey). *Turkish Journal of Zoology*, 37(5), 544-553.
- Gündoğdu, S., & Çevik, C. (2017). Micro-and mesoplastics in Northeast Levantine coast of Turkey: The preliminary results from surface samples. *Marine Pollution Bulletin*, 118(1-2), 341-347.
- Gündoğdu, S., Yeşilyurt, İ. N., & Erbaş, C. (2019). Potential interaction between plastic litter and green turtle *Chelonia mydas* during nesting in an extremely polluted beach. *Marine Pollution Bulletin*, 140, 138-145. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.01.032>
- Güven, O., Gülyavuz, H., & 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), 43-49. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v13_1_06
- Güven, O., Gökdağ, K., Jovanović, B., & Kıdeyş, 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. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.01.025>
- Habersack, H., Hein, T., Stanica, A., Liska, I., Mair, R., Jäger, E., ... & Bradley, C. (2016). Challenges of river basin management: Current status of, and prospects for, the River Danube from a river engineering perspective. *Science of the Total Environment*, 543, 828-845. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.10.123>
- Hammer, J., Kraak, M. H.S., & Parsons, J.R. (2012). Plastics in the Marine Environment: The Dark Side of a Modern Gift. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 220. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3414-6_1
- Hanke, G., Galgani, F., Werner, S., Oosterbaan, L., Nilsson, P., Fleet, D., Kinsey, S., Thompson, R., ... & Liebezeit G. (2013). Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas . EUR 26113. Luxembourg (Luxembourg): Publications Office of the European Union; 2013. JRC83985.
- Hartmann, N. B., Hüffer, T., Thompson, R. C., Hassellöv, M., Verschoor, A., Dagaard, A. E., ... & Herrling, M. P. (2019). Are we speaking the same language? Recommendations for a definition and categorization framework for plastic debris. *Environmental Science & Technology*, 53(3), 1039-1047. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b05297>

- Hess, N., Ribic, C., & Vining, Y. (1999). Benthic marine debris, with an emphasis on fishery-related items, surrounding Kodiak Island, Alaska, 1994–1996. *Marine pollution bulletin*, 38, 885–890. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(99\)00087-9](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(99)00087-9)
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R.C., & Thiel, M. (2012). Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification. *Environmental Science & Technology*, 46, 3060–3075. <https://doi.org/10.1021/es2031505>
- Hopewell, J., Dvorak, R., & Kosior, E. (2009). Plastics recycling: challenges and opportunities. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2115–2126. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0311>
- Imhof, H. K., Schmid, J., Niessner, R., Ivleva, N. P., & Laforsch, C. (2012). A novel, highly efficient method for the separation and quantification of plastic particles in sediments of aquatic environments. *Limnology and oceanography: methods*, 10(7), 524–537. <https://doi.org/10.4319/lom.2012.10.524>
- Irfan, M., Qadir, A., Mumtaz, M., & Ahmad, S.R. (2020). An unintended challenge of microplastic pollution in the urban surface water system of Lahore, Pakistan. *Environmental science and pollution research*, 27(14), 16718–16730. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08114-7>
- İÇDR (2017). Sinop İli 2016 Yılı Çevre Durum Raporu. T.C. Sinop Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Çevre Yönetimi ve Denetiminden Sorumlu Şube Müdürlüğü, Sinop. https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Sinop_icdr2016.pdf
- İÇDR (2018a). Kırklareli İli 2017 Yılı Çevre Durum Raporu. T.C. Kırklareli Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü ÇED İzin ve Denetim Şube Müdürlüğü, Kırklareli. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/k-rklarel--cdr2017-20181112175719.pdf>
- İÇDR (2018b). İstanbul İli 2017 Yılı Çevre Durum Raporu. T.C. İstanbul Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Çevresel Etki Değerlendirmesi Şube Müdürlüğü, İstanbul. https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/-istanbul_2017_cevre_durum_raporu-20181126105204.pdf
- İÇDR (2018c). Sakarya İli 2017 Yılı Çevre Durum Raporu. T.C. Sakarya Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Sakarya. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/son-sakarya-2017-cevre-durumu-raporu-20180806140843.pdf>
- İÇDR (2018d). Zonguldak İli 2017 Yılı Çevre Durum Raporu. T.C. Zonguldak Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, ÇED ve Çevre İzinleri Şube Müdürlüğü Çevre Yönetimi ve Denetim Şube Müdürlüğü, Zonguldak. https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/zonguldak_2017_cdr-20180917152751.pdf
- İÇDR (2018e). Samsun İli 2017 Yılı Çevre Durum Raporu. T.C. Samsun Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, ÇED ve Çevre İzinleri Şube Müdürlüğü Çevre Yönetimi ve Denetim Şube Müdürlüğü, Samsun. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/son-2017-cdr-samsun-20180802084013.pdf>

- İÇDR (2018f). Ordu İli 2017 Yılı Çevre Durum Raporu. T.C. Ordu Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü ÇED İzin ve Lisans Şube Müdürlüğü, Ordu. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/son-2017-ordu-il--cevre-durum-raporu-20180806100518.pdf>
- İÇDR (2018g). Giresun İli 2017 Yılı Çevre Durum Raporu. T.C. Giresun Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Giresun. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/giresun-cdr2017-20180608163407.pdf>
- İÇDR (2018h). Trabzon İli 2017 Yılı Çevre Durum Raporu. T.C. Giresun Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, ÇED ve Çevre İzinleri Şube Müdürlüğü, Trabzon. https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/2017_trabzon_cdr_son-20180912145039.pdf
- MGM (2019). 2018 Yılı İklim Değerlendirmesi, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara 24. <https://mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2018-iklim-raporu.pdf>
- Kang, H.J., Park, H.J., Kwon, O.K., Lee, W.S., Jeong, D.H., Ju, B.K., & Kwon, J.H. (2018). Occurrence of microplastics in municipal sewage treatment plants: a review. *Environ. Health. Toxicol.*, 33, e2018013–e2018010. <https://doi.org/10.5620/eh.t.e2018013>
- Karaçelebi, M. Ö., & Elibüyük, M. (2015). Filyos Çayı Vadisi (Aşağı Çığır) ve Yakın Çevresinde Arazi Kullanımı. http://tucaum.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/280/2015/08/semp8_28.pdf
- Karami, A., Golieskardi, A., Choo, C. K., Romano, N., Ho, Y. B., & Salamatinia, B. (2017). A high-performance protocol for extraction of microplastics in fish. *Science of the total environment*, 578, 485-494. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.213>
- Karaoğlu, K., & Gül, S. (2020). Characterization of microplastic pollution in tadpoles living in small water-bodies from Rize, the northeast of Turkey. *Chemosphere*, 255, 126915.
- Kingsford, R.T., Brandis, K., Bino, G., & Keith, D.A. (2020). Freshwater Biome of the World. *Encyclopedia of the World's Biomes*, 1, 16-30. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.12479-0>
- Klangnurak, W., & Chunniyom, S. (2020). Screening for microplastics in marine fish of Thailand: the accumulation of microplastics in the gastrointestinal tract of different foraging preferences. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 27161-27168. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09147-8>
- Kowalski, N., Reichardt, A.M., & Waniek, J.J. (2016). Sinking rates of microplastics and potential implications of their alteration by physical, biological, and chemical factors. *Marine pollution bulletin*, 109(1), 310-319.
- Laist, D.W. (1987). Overview of the biological effects of lost and discarded plastic debris in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 18, 319–326.
- Lares, M., Ncibi, M. C., Sillanpää, M., & Sillanpää, M. (2019). Intercomparison study on commonly used methods to determine microplastics in wastewater and sludge samples.

- Environmental Science and Pollution Research*, 26(12), 12109-12122.
<https://doi.org/10.1007/s11356-019-04584-6>
- Lechner, A., Keckeis, H., Lumesberger-Lois, F., Zens, B., Krusch, R., Tritthart, M., Glas, M., & Schludermann, E. (2014). The Danube so colourful: a potpourri of plastic litter outnumbers fish larvae in Europe's second largest river. *Environmental pollution*, 188, 177-181.
- Li, J., Qu, X., Su, L., Zhang, W., Yang, D., Kolandhasamy, P., ... & Shi, H. (2016). Microplastics in mussels along the coastal waters of China. *Environmental pollution*, 214, 177-184. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.04.012>
- Lobelle, D., Cunliffe, M. (2011). Early microbial biofilm formation on marine plastic debris. *Marine pollution bulletin*, 62, 197-200.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.10.013>
- Lusher, A.L., Mchugh, M., & Thompson, R.C. (2013). Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. *Marine pollution bulletin*, 67(1-2), 94-99. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.11.028>
- Lusher, A. L., Munno, K., Hermabessiere, L., & Carr, S. (2020). Isolation and extraction of microplastics from environmental samples: an evaluation of practical approaches and recommendations for further harmonization. *Applied Spectroscopy*, 74(9), 1049-1065.
<https://doi.org/10.1177/0003702820938993>
- Malankowska, M., Echaide-Gorritz, C., & Coronas, J. (2021). Microplastics in marine environment – sources, classification, and potential remediation by membrane technology – A review. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 7, 243-258. <https://doi.org/10.1039/D0EW00802H>
- Mason, S. A., Garneau, D., Sutton, R., Chu, Y., Ehmann, K., Barnes, J., ...& Rogers, D.L. (2016). Microplastic pollution is widely detected in US municipal wastewater treatment plant effluent. *Environmental pollution*, 218, 1045-1054.
- Masura, J., Baker, J., Foster, G., & Arthur, C. (2015). *Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments*. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-48, pp. 39.
- Mathalon, A., & Hill, P. (2014). Microplastic fibers in the intertidal ecosystem surrounding Halifax Harbor, Nova Scotia. *Marine pollution bulletin*, 81(1), 69-79.
- Mee, L.D. (2005). How to Save the Black Sea. Your Guide to the Black Sea Strategic Action Plan, pp. 31.
- Miladinova, S., Macias, D., Stips, A., & Garcia-Gorritz, E. (2020a). Identifying distribution and accumulation patterns of floating marine debris in the Black Sea. *Marine pollution bulletin*, 153, 110964. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.110964>
- Miladinova, S., Macias, D., Stips, A., & Garcia-Gorritz, E. (2020b). Microplastics accumulation on the Black Sea coast: Scenario analysis. In Ü. Aytan, M. Pogojeva, A. Simeonova,

(Eds.), *Marine Litter in the Black Sea*. Turkish Marine Research Foundation (TUDAV) Publication No, 56, Istanbul, Turkey.

- Mukhanov, V. S., Litvinyuk, D. A., Sakhon, E. G., Bagaev, A. V., Veerasingam, S., & Venkatachalapathy, R. (2019). A new method for analyzing microplastic particle size distribution in marine environmental samples. *Ecologica Montenegrina*, 23, 77-86. <https://doi.org/10.37828/em.2019.23.10>
- Munno, K., Helm, P. A., Jackson, D. A., Rochman, C., & Sims, A. (2018). Impacts of temperature and selected chemical digestion methods on microplastic particles. *Environmental toxicology and chemistry*, 37(1), 91-98.
- Napper, I. E., & Thompson, R.C. (2018). Micro-and Macroplastics in Aquatic Ecosystems. *Encyclopedia of Ecology*, 116.
- Nelms, S. E., Barnett, J., Brownlow, A., Davison, N. J., Deaville, R., Galloway, T. S., ... & Godley, B.J. (2019). Microplastics in marine mammals stranded around the British coast: ubiquitous but transitory? *Scientific Reports*, 9(1), 1-8. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37428-3>
- Nicholson J.W. (2012). The chemistry of polymers, RSC Pub., Cambridge, ISBN: 978-1-84973-391-5.
- Nizzetto, L., Bussi, G., Futter, M. N., Butterfield, D., & Whitehead, P.G. (2016). A theoretical assessment of microplastic transport in river catchments and their retention by soils and river sediments. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 18(8), 1050-1059. <https://doi.org/10.1039/C6EM00206D>
- Nuelle, M. T., Dekiff, J. H., Remy, D., & Fries, E. (2014). A new analytical approach for monitoring microplastics in marine sediments. *Environmental pollution*, 184, 161-169. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.07.027>
- Official Journal of the European Union. 25.06.2008. Directives Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive), L 164, 19-40.
- Official Journal of the European Union. 2.9.2010. Commission Decision of 1 September 2010 on criteria and methodological standards on good environmental status of marine waters. 2010/477/EU, L 232, 14-24.
- Ory, N. C., Sobral, P., Ferreira, J. L., & Thiel, M. (2017). 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. (2016). *Deniz stratejisi çerçeve direktifi kapsamında Sinop Sarıkum lagünü deniz çöplerinin durumu: Bir örnek çalışma*. [Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Sinop Üniversitesi] Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı.

- Öztekin, A., & Bat, L. (2017). Microlitter pollution in sea water: a preliminary study from Sinop Sarikum coast of the southern Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17(7), 1431-1440. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v17_6_37
- Öztekin, A., Bat, L., & Baki, O.G. (2020). Beach litter pollution in Sinop Sarikum Lagoon coast of the southern Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 20(3), 197-205.
- Peng, G., Zhu, B., Yang, D., Su, L., Shi, H., & Li, D. (2017). Microplastics in sediments of the Changjiang Estuary, China. *Environmental Pollution*, 225, 283-290. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.12.064>
- Pham, C. K., Ramirez-Llodra, E., Alt, C. H., Amaro, T., Bergmann, M., Canals, M., ... & Tyler, P. A. (2014). Marine litter distribution and density in European seas, from the shelves to deep basins. *PloS one*, 9(4), e95839.
- Plastics-the Facts (2020). An analysis of European plastics production, demand and waste data. Plastic Europe Association of plastics Manufacturers. https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/09/Plastics_the_facts-WEB-2020_versionJun21_final.pdf
- Pojar, I., Kochleus, C., Dierkes, G., Ehlers, S. M., Reifferscheid, G., & Stock, F. (2021a). Quantitative and qualitative evaluation of plastic particles in surface waters of the Western Black Sea. *Environmental Pollution*, 268, 115724. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115724>
- Pojar, I., Stănică, A., Stock, F., Kochleus, C., Schultz, M., & Bradley, C. (2021b). Sedimentary microplastic concentrations from the Romanian Danube River to the Black Sea. *Scientific reports*, 11(1), 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-81724-4>
- Popa M., Morar D., Tîmar A., Teusdea A.C., & Popa D. (2014). Study Concerning the Pollution of the Marine Habitats with the Microplastic Fibers. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 15(3), 916-923.
- Renzi, M., Pauna, V. H., Provenza, F., Munari, C., & Mistri, M. (2020). Marine litter in transitional water ecosystems: state of the art review based on a Bibliometric analysis. *Water*, 12(2), 612.
- Rodríguez-Seijo, A., & Pereira, R. (2017). Morphological and physical characterization of microplastics. *Comprehensive analytical chemistry*, 75, 49-66.
- Rogers, K. (2020). "Microplastics". Encyclopedia Britannica, 8 Sep. 2020. <https://www.britannica.com/technology/microplastic> (Erişim tarihi: 11.03.2021)
- Rummel, C. D., Löder, M. G., Fricke, N. F., Lang, T., Griebeler, E. M., Janke, M., & Gerdts, G. (2016). Plastic ingestion by pelagic and demersal fish from the North Sea and Baltic Sea. *Marine pollution bulletin*, 102(1), 134-141.
- Sanchez-Vidal, A., Thompson, R. C., Canals, M., & de Haan, W. P. (2018). The imprint of microfibrils in southern European deep seas. *PloS one*, 13(11), e0207033. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207033>

- Săvucă, A., Strungaru, Ș. A., Nîcoară, M., & Plăvan, G. (2017). A study regarding the pollution of sediments from Romanian Black Sea Coast with microplastic fibers. *Biologie animală*, 63, 85-90.
- Semcesen, P.O., & Wells, M.G. (2021). Biofilm growth on buoyant microplastics leads to changes in settling rates: Implications for microplastic retention in the Great Lakes. *Marine Pollution Bulletin*, 170, 112573. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112573>
- Setälä, O., Fleming-Lehtinen, V., & Lehtiniemi, M. (2014). Ingestion and Transfer of Microplastics in the Planktonic Food Web. *Environmental Pollution*, 185, 77-83. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2013.10.013>
- Schmidt, C., Krauth, T., & Wagner, S. (2017). Export of plastic debris by rivers into the sea. *Environmental science & technology*, 51(21), 12246-12253.
- Simeonova, A., Chuturkova, R., & Yaneva, V. (2017). Seasonal dynamics of marine litter along the Bulgarian Black Sea coast. *Marine Pollution Bulletin*, 119, 110- 118. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.03.035>
- Soylu, E. N., Maraşlıoğlu, F., & Gönülol, A. (2011). Liman Gölü (Bafra-Samsun) Epifitik Diatome Florası. *Ekoloji*, 20(79), 57-62.
- Stanev, E. V., & Ricker, M. (2019). The fate of marine litter in semi-enclosed seas: a case study of the Black Sea. *Frontiers in Marine Science*, 6, 660. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00660>
- Suaria, G., Melinte-Dobrinescu, M.C., Ion, G., & Aliani, S. (2015). First observations on the abundance and composition of floating debris in the North. *Marine Environmental Research*, 107, 45-49. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.03.011>
- Sulak Alan Yönetim Planı (2013). *Acarlar Gölü Longoz Ormanı Sulak Alan Yönetim Planı 2014-2018*. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, I. Bölge Müdürlüğü, Sakarya Şube Müdürlüğü, 136 s.
- Şener, M., Doğruyol, P., & Balkaya, N. (2019). Microplastic pollution in the BLACK SEA Coast of the Anatolian side of Istanbul, Turkey. *Desalination and Water Treatment*, 172, 351–358. <http://dx.doi.org/10.5004/dwt.2019.25111>
- Şentürk, Y., Esensoy, F. B., Öztekin, A., & Aytan, Ü. (2020). Microplastics in bivalves in the southern Black Sea. In Ü. Aytan, M. Pogojeva, A. Simeonova, (Eds.), *Marine Litter in the Black Sea*. Turkish Marine Research Foundation (TUDAV) Publication No: 56, Istanbul, Turkey.
- Talvitie, J., Heinonen, M., Pääkkönen, J. P., Vahtera, E., Mikola, A., Setälä, O., & Vahala, R. (2015). Do wastewater treatment plants act as a potential point source of microplastics? Preliminary study in the coastal Gulf of Finland, Baltic Sea. *Water Science and Technology*, 72(9), 1495-1504.
- Tanyolaç, J. (2006). *Limnoloji*, Ankara: Hatipoğlu yayınları, 294 s.

- Tavşanoğlu, Ü. N., Kankılıç, G. B., Akca, G., Çırak, T., & Erdoğan, Ş. (2020). Microplastics in a dam lake in Turkey: type, mesh size effect, and bacterial biofilm communities. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(36), 45688-45698.
- TÇV (1989). *Türkiye'nin Sulak Alanları*. Türkiye Çevre Sorunları Vakfı Yayını, 1989 Ankara 220s.
- TÇV (2003). *Türkiye'nin Çevre Sorunları*, Türkiye Çevre Vakfı Ankara. ISBN: 975-7250-74-0. 472 s.
- Terzi, Y., & 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.
- Terzi, Y., Erüz, C., & Özşeker, K. (2020). Marine litter composition and sources on coasts of south-eastern Black Sea: A long-term case study. *Waste Management*, 105, 139-147. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.01.032>
- Terzi, Y., Gedik, K., Eryaşar, A. R., Öztürk, R. Ç., Şahin, A., & Yılmaz, F. (2021). Microplastic Contamination and Characteristics Spatially Vary in the Southern Black Sea Beach Sediment and Sea Surface Water.(in press).
- Teuten, E. L., Saquing, J. M., Knappe, D. R., Barlaz, M. A., Jonsson, S., Björn, A., ...& Takada, H.(2009). Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2027-2045. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0284>
- Thiel, M., Luna-Jorquera, G., Álvarez-Varas, R., Gallardo, C., Hinojosa, I. A., Luna, N., ...& Zavalaga, C. (2018). Impacts of marine plastic pollution from continental coasts to subtropical gyres—fish, seabirds, and other vertebrates in the SE Pacific. *Frontiers in Marine Science*, 5, 238. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00238>
- Thompson, R.C., Olsen, Y., Mitchell, R.P., Davis, A., Rowland, S.J., John, A.W.G., McGonigle, D., & Russell, A.E. (2004). Lost at sea: where is all the plastic? *Science*, 304(2004), 838.
- Thompson R. C., Moore C. J., vom Saal F. S., & Swan, S. H. (2009). Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends.*Philosophical Transactions of the Royal Society B*,364,2153–2166. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0053>
- Tonay, A.M., Gül, B., Dede, A., & Amaha Öztürk, A. (2020). Cetaceans and marine litter in the Black Sea. In Ü. Aytan, M. Pogojeva, & A. Simeonova, (Eds.), *Marine Litter in the Black Sea*. Turkish Marine Research Foundation (TUDAV) Publication No: 56, Istanbul, Turkey.
- Toprak, M. (2017). *Sarısu Havzası'nın Doğal Ortam Koşullarının Arazi Kullanımına Etkisi*. [Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi] Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı.
- Topcu, E.N., & Ozturk, B. (2010). Abundance and composition of solid waste materials on the western part of the Turkish Black Sea seabed. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 13(3),301–306. <http://dx.doi.org/10.1080/14634988.2010.503684>

- 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. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2012.12.006>
- Totoiu, A., Harcotă, G.E., Bişnicu, E., Timofte, F., & Boicenco, L. (2020). Distribution of micro- and mesolitter in the southwestern part of the Black Sea. In Ü. Aytan, M. Pogojeva, & A. Simeonova, (Eds.), *Marine Litter in the Black Sea*. Turkish Marine Research Foundation (TUDAV) Publication No: 56, Istanbul, Turkey.
- Turhan, D.Ö. (2021). Evaluation of Microplastics in the Surface Water, Sediment and Fish of Sürgü Dam Reservoir (Malatya) in Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 22, 20157. <http://doi.org/10.4194/TRJFAS20157>
- Uğurlu, S., Polat, N., & Kandemir, Ş. (2008). Kızılırmak ve Yeşilirmak Deltalarındaki (Samsun) Lagün Göllerinin Balık Faunası. *Journal of Fisheries Sciences.com*, 2(3), 475-483.
- UNEP (2005). *Marine Litter: An analytical overview*, United Nations Environment Programme-Nairobi (pp. 58).
- UNEP (2009). *Marine Litter: A Global Challenge*. United Nations Environment Programme Nairobi (pp. 232).
- Wang, W., Ndungu, A.W., Li, Z., & Wang, J. (2017). Microplastics pollution in inland freshwaters of China: a case study in urban surface waters of Wuhan, China. *Sci Total Environ*, 575, 1369–1374.
- Wang, J., Wang, M., Ru, S., & Liu, X. (2019). High levels of microplastic pollution in the sediments and benthic organisms of the South Yellow Sea, China. *Science of the Total Environment*, 651, 1661-1669. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.007>
- Weston, P. (2019). “Bilim insanları modern zamanların ismini buldu: Plastik Devri” Independent Türkçe için çeviren: Ata Türkoğlu. <https://www.independent.co.uk/environment>
- Wen, X., Du, C., Xu, P., Zeng, G., Huang, D., Yin, L., ...& Deng, R. (2018). Microplastic pollution in surface sediments of urban water areas in Changsha, China: abundance, composition, surface textures. *Marine pollution bulletin*, 136, 414-423. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.09.043>
- Woodall, L. C., Sanchez-Vidal, A., Canals, M., Paterson, G. L., Coppock, R., Sleight, V., ... & Thompson, R.C. (2014). The deep sea is a major sink for microplastic debris. *Royal Society open science*, 1(4), 140317. <https://doi.org/10.1098/rsos.140317>
- Xiong, X., Zhang, K., Chen, X., Shi, H., Luo, Z., & Wu, C. (2018). Sources and distribution of microplastics in China's largest inland lake—Qinghai Lake. *Environmental pollution*, 235, 899-906. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.12.081>
- van Cauwenberghe, L., Vanreusel, A., Mees, J., & Janssen, C.R.(2013). Microplastic pollution in deep-sea sediments. *Environmental pollution*, 182, 495-499. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.08.013>

- vanCauwenberghe, L., Devriese, L., Galgani, F., Robbens, J., & Janssen, C.R. (2015). Microplastics in sediments: a review of techniques, occurrence and effects. *Marine environmental research*, 111, 5-17. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.06.007>
- van der Wal, M., Van der Meulen, M., Tweehuijsen, G., Peterlin, M., Palatinus, A., Kovac Viršek, M., ...& Kržan, A. (2015). Identification and assessment of riverine input of (marine) litter. Final Report for the European Commission DG Environment under Framework Contract No ENV.D.2/FRA/2012/0025 (pp. 208).
- Verep, B., Serdar, O., Turan, D., & Şahin, C. (2005). İyidere (Trabzon)'nin fiziko-kimyasal açıdan su kalitesinin belirlenmesi. *Ekoloji*, 14(57), 26-35.
- Verep, B., Mutlu, C., Apaydin, G., & Cevik, U. (2012). The trace element analysis in freshwater fish species, water and sediment in İyidere stream (Rize-Turkey). *Pak J Biol Sci*, 15(14), 658-665.
- Vianello, A., Boldrin, A., Guerriero, P., Moschino, V., Rella, R., Sturaro, A., & Da Ros, L. (2013). Microplastic particles in sediments of Lagoon of Venice, Italy: First observations on occurrence, spatial patterns and identification. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 130, 54-61. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2013.03.022>
- Yang, L., Zhang, Y., Kang, S., Wang, Z., & Wu, C. (2021). Microplastics in freshwater sediment: A review on methods, occurrence, and sources. *Science of the Total Environment*, 754, 141948. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141948>
- Yıldız, İ. (2013). *Gelevera Deresi Su Kalitesi ve Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi*. [Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Giresun Üniversitesi] Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı.
- Yılmaz, O., Mansuroglu, S., & Yılmaz, R. (2013). Swot Analysis of Ecotourism as a Tool for Sustainable Development: A Case Research in North-west Black Sea Coastal Zone of Turkey. *Journal of Environmental Protection and Ecology* 14(2), 786–798.
- Yurtkuran, Z. (2012). *Karaboğaz Gölünün (Samsun) besin zincirinde pestisit birikiminin tespiti*. [Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi] Biyoloji (Hidrobiyoloji) Anabilim Dalı.
- Yurtsever, M. (2018). Küresel Plastik Kirliliği, Nano-Mikroplastik Tehlikesi ve Sürdürülebilirlik. *Çevre Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1, 171-197.
- Zaitsev, Y., & Mamaev, V. (1997). Marine biological diversity in the Black Sea. A study of change and decline. *GEF Black Sea Environmental Series*, 3, 208.
- Zhang, H. (2017). Transport of microplastics in coastal seas. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 199, 74-86.
- Zengin, M., Kurtoglu, O., Sengü, H., & Çakmak, E. (2017). Doğu Karadeniz'de İşletmeye Açılan Bazı Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinin Sucul Ekosistem ve Karadeniz Alabalığı (*Salmo labrax*) Popülasyonları Üzerine Etkileri. *Turkish Journal of Aquatic Sciences*, 32(4), 189-208.

Zobkov, M., & Esiukova, E. (2017). Microplastics in Baltic bottom sediments: quantification procedures and first results. *Marine pollution bulletin*, 114(2), 724-732.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.10.060>



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ayşah ÖZTEKİN

Eğitim Durumu

Lise : Erdek Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi, 2007

Lisans : Süleyman Demirel Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, 2011

Yüksek Lisans : Sinop Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2016

Mesleki Deneyim

İş Yeri : Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Araştırma Görevlisi
(2012-devam ediyor)

Yayın Listesi :

(a) Makale

Bat L., Arici E., Öztekin A., & Şahin F. (2021). Farmed Turkish salmon: Toxic metals and health threat. *Foods and Raw Materials*, 9(2), 317-323., Doi: 10.21603/2308-4057- 2021-2-317-323

Bat L., Şahin F., Öztekin A., & Arici E. 2021. Toxic Metals in Seven Commercial Fish from the Southern Black Sea: Toxic Risk Assessment of Eleven-Year Data Between 2009 and 2019. *Biological Trace Element Research*, Doi: 10.1007/s12011-021-02684-4

Bat L., Arici E., Öztekin A., & Şahin F. (2020). A Primary Study on the Bioaccumulation of Metals in *Stereoderma kirschbergi* (Heller, 1868) from Sinop Coasts of the Southern Black Sea. *Pakistan Journal of Marine Sciences*, 26(1), 21-27.

Bat L., Ahmed Q., Öztekin A., & Arici E. (2020). A review on heavy metal levels in sea cucumbers. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 7(3), 252-264.

Bat L., Arici E., Öztekin A., & Şahin F. (2020). Toxic metals in the warty crab in the southern Black Sea: Assessment of human health risk. *Marine Biological Journal*, 5(1), 3-11., Doi: 10.21072/mbj.2020.05.1.01

Öztekin A., Bat L., & 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(3), 197-205. Doi: http://doi.org/10.4194/1303-2712-v20_3_04

Bat L., Öztekin A., Arici E., & Şahin F. (2020). Health risk assessment: heavy metals in fish from the southern Black Sea. *Foods and Raw Materials*, 8(1), 115-124., Doi:10.21603/2308-4057-2020-1-115-124

Bat L., Yardim Ö., Öztekin A., Şahin F., & Arici E. (2020). Primary Study on Metal Amounts in *Lophius piscatorius* Linnaeus, 1758 Obtained from Fish Markets in Sinop, Turkey. *Korean Journal of Food Health Convergence*, 6(1), 21-27.

Bat L., Arici E., Öztekin A., & Şahin F. (2020). Toxic Metals in *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758) from the Coastal Waters of Sinop in the Black Sea. *Ecological Life Sciences*, 15(1), 9-14.

Bat, L., Şahin, F., & Öztekin, A. (2019). Acute toxicity of cadmium on *Ophelia bicornis* Savigny, 1822. *Acta Aquatica Turcica*, 15 (3), 289-297. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.509974>

Bat L., Şahin F., Öztekin A., Arici E., & Yardim Ö. (2019). Assessment of Cd, Hg, Pb, Cu and Zn amounts in muscles of *Cyprinus carpio* from Karasu Stream, Sinop. *Current Agriculture Research Journals*, 7(2), 171-180. Doi:<http://dx.doi.org/10.12944/CARJ.7.2.05>

Bat, L., Şahin, F., & Öztekin, A. (2019). Heavy Metal Contamination of Pleuronectiformes Species from Sinop Coasts of the Black Sea. *Sustainability, Agri, Food and Environmental Research*, 7(2), 150-162., Doi: <http://dx.doi.org/10.7770/safer-V0N0-art1664>

Bat, L., Şahin, F., & Öztekin, A. (2019). Assessment of Heavy Metals Pollution in Water and Sediments and Polychaetes in Sinop Shores of The Black Sea. *KSU J. Agric Nat*, 22(5), 806-816.

Bat, L., Şahin, F., & Öztekin, A. (2019). Metal Bioaccumulation of *Mytilaster lineatus* (Gmelin, 1791) Collected from Sinop Coast in the Southern Black Sea. *European Journal of Biology*, 78(1), 23-28., Doi: 10.26650/EurJBiol.2019.0001

Bat L., Arici E., & Öztekin A. (2019). Heavy metals health risk appraisal in benthic fish species of the Black Sea. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 48(1), 163-168.

Bat L., Yardim Ö., Öztekin A., & Şahin, F. (2019). Bioaccumulation of Metals in Fish from Sarıkum Lake. *Aquatic Science and Technology*, 7(1), 1-7.

Bat L., Arici E., & Öztekin A. (2018). Human Health Risk Assessment of Heavy Metals in the Black Sea: Evaluating Mussels. *Current World Environment*, 13(1), 15-31. <http://dx.doi.org/10.12944/CWE.13.1.03>

Ahmed, Q., Bat, L., Öztekin, A., & Mohammad A.Q. (2018). A Review on Studies of Heavy Metal Determination in Mackerel and Tuna (Family Scombridae) Fishes. *Journal of Anatolian Environmental Animal Sciences*, 3(3), 107-123.

Bat, L., Şahin, F., & Öztekin, A. (2018). Acute Toxicity of Heavy Metals to *Hyale crassipes* (Heller, 1866) in the Black Sea. *Pakistan Journal of Marine Science*, 27(2), 1-7.

Bat, L., Öztekin, A., & Yardım, Ö. (2018). Metal Levels in Large Sea Trout From Sinop Fish Market. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(12), 8505-8508.

Bat, L., Şahin, F., & Öztekin, A. (2018). Toxic Metals in *Nereis diversicolor* Müller, 1776 from Inner Shores in Sinop Peninsula of The Black Sea As Bio-Indicator Species. *Pakistan Journal of Marine Sciences*, 27(1), 11-20.

Bat, L., Şahin, F., & Öztekin, A. (2018). Heavy Metal Detection in *Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758 from Sinop Coast of the Black Sea and Potential Risks to Human Health. *Current Agriculture Research Journal*, 6(3), 255-260.

Bat, L., Şahin, F., & Öztekin, A. (2018). Toxic Metal Amounts in *Chelon auratus* (Risso, 1810): a Potential Risk for Consumer's Health. *Journal of Aquaculture Marine Biology*, 7(6), 303-306. Doi: 10.15406/jamb.2018.07.00225

Bat, L., Şahin, F., & Öztekin, A. (2018). Toxic Elements in Edible Mollusks from Igneada Coasts of the Black Sea, Turkey. *Korean Journal of Food Health Convergence*, 4(3), 22- 31. <http://dx.doi.org/10.13106/kjfhc.2018.vol4.no3.22>

Bat, L., Öztekin, A., & Şahin, F. (2018). Trace Metals Amounts and Health Risk Assessment of *Alosa immaculate* Bennett, 1835 in the Southern Black Sea. *Discovery Science*, 14, 109-116.

Bat, L., Şahin, F., & Öztekin, A. (2018). Current Red Data List of Species in the Southern Black Sea. *Discovery Nature*, 12, 115-119.

Bat L., Öztekin A., Şahin F., Arici E., & Özsandıkçı, U. (2018). An Overview of the Black Sea Pollution in Turkey. *Mediterranean Fisheries and Aquaculture Research*, 1(2), 67- 86.

Bat L., Öztekin A., & Arici E. (2018). Assessment in Terms of Human Health Some Heavy Metals Concentrations Determined in *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758) and *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758) Marketed in Sinop (Turkey). *Alinteri Zirai Bilimler Dergisi*, 33(1), 51-54. Doi: 10.28955/alinterizbd.358158

Öztekin, A., & Bat, L. (2017). Seafloor Litter in the Sinop İnceburun Coast in the Southern Black Sea. *International Journal of Environment and Geoinformatics (IJECEO)*, 4(3), 173-181.

Bat L., Bilgin, S., & Öztekin, A. (2017). Toxicity of copper on marine organisms from the Black Sea. *Journal of Coastal Life Medicine*, 5(10), 422-426. Doi: 10.12980/jclm.5.2017J7-119

Bat L., Bilgin, S., & Öztekin A. (2017). Toxicity of cadmium on larvae of *Palaemon adspersus* Rathke, 1837 from the Black Sea. *Journal of Coastal Life Medicine*, 5(9), 375-378. Doi: 10.12980/jclm.5.2017J7-118

Öztekin A., & Bat L. (2017). Microlitter Pollution in Sea Water: A Preliminary Study from Sinop Sarikum Coast of the Southern Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17, 1431-1440. Doi: 10.4194/1303-2712-v17_6_37

Bat, L., Arici, E., & Öztekin, A. (2017). Metal levels in commercial pelagic fishes and their contribution to their exposure in Turkish people of the Black Sea. *Journal of Fisheries Research*, 1(1), 1-4.

Bat, L., Öztekin, H.C., Arici, E., & Öztekin, A. (2016). A Preliminary Study on the Heavy Metal Levels of Dwarf Eelgrass *Zostera noltii* Homermann in the Black Sea. *Journal of Aquaculture Marine Biology*, 4(1), 1-5. Doi: 10.15406/jamb.2016.04.00072

Vişne, A., & Bat, L. (2015). Evaluation of Marine Litter on the Marine Strategy Framework Directive and Current Status in the Black Sea. *Journal of Aquaculture Engineering and Fisheries Research*, 1(3), 104-115. Doi: 10.3153/JAEFR15011

Bat, L., Yardım, Ö., Arici, E., & Öztekin, A. (2014). Metal Levels in the Striped Venus Clam *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758) from the Southern Black Sea. *Pakistan Journal of Marine Sciences*, 23(12), 1-8.

(b) Kitap Bölümü

Bat, L., Arici, E., & Öztekin, A. (2021). Threats to Quality in the Coasts of the Black Sea: Heavy Metal Pollution of Seawater, Sediment, Macro-Algae and Seagrass. In *Spatial Modeling and Assessment of Environmental Contaminants* (pp. 286-325). Springer, ISBN: 978-3-030-63421-6

Öztekin, A., & Bat, L. (2020). Marine litter problem in the southern Black Sea coastal area: An overview of the big pressure in Sinop. In Ü. Aytan, M. Pogojeva, & A. Simeonova (Eds.), *Marine Litter in the Black Sea* (82-93). Turkish Marine Research Foundation (TUDAV), ISBN:978-975-8825-48-6

Stoica, E., Atabay, H., Bat, L., Ciuca, A., Creanga, S., Marin, D., Öztekin, A., Tanase, M., & Tolun, L. (2020). Marine litter occurrence in the river-influenced Black Sea coast. In Ü. Aytan, M. Pogojeva, & A. Simeonova (Eds.), *Marine Litter in the Black Sea* (pp. 49-62). Turkish Marine Research Foundation (TUDAV), ISBN:978-975-8825-48-6.

Aytan, Ü., Şentürk, Y., Esensoy, F.B., Öztekin, A., Ağırbaş, E., & Valente, A. (2020). Microplastic pollution along the southeastern Black Sea. In Ü. Aytan, M. Pogojeva, & A. Simeonova (Eds.), *Marine Litter in the Black Sea* (pp. 192-207). Turkish Marine Research Foundation (TUDAV), ISBN:978-975-8825-48-6.

Şentürk, Y., Esensoy, F.B., Öztekin, A., & Aytan, Ü. (2020). Microplastics in bivalves in the southern Black Sea. In Ü. Aytan, M. Pogojeva, & A. Simeonova (Eds.), *Marine Litter in the Black Sea* (pp. 303-313). Turkish Marine Research Foundation (TUDAV), ISBN:978-975-8825-48-6.

Bat, L., Öztekin, A., & Arıcı, E. (2017). Marine Litter Pollution in the Black Sea: Assessment of the Current Situation in Light of the Marine Strategy Framework Directive. In M. Sezgin, L.

Bat, D. Ürkmez, E. Arıcı, B. Öztürk (Eds.), *Black Sea Marine Environment: The Turkish Shelf* (pp. 476-494). Turkish Marine Research Foundation (TUDAV).

(c) Bildiri

Bat, L., & Öztekin, A. (2019, April 11-14). *Health risk assessment of heavy metals in Scomber japonicus Houttuyn, 1782* [Oral presentation]. 2nd International Congress on Engineering and Life Science, Kastamonu, Turkey

Aytan, Ü., Esensoy, F.B., Şentürk, Y., Öztekin, A., Ağırbaş, E., & Karaoğlu, K. (2019, 11-13 Aralık). *Güneydoğu Karadeniz'de mikropplastik kirliliğinin güncel durumu* [Poster bildiri]. 2. Ulusal Denizlerde İzleme ve Değerlendirme Sempozyumu, Ankara, Türkiye.

Aytan, Ü., Kalkan, S., Öztekin, A., Şentürk, Y., & Esensoy, F.B. (2019, 11-13 Aralık). *Güneydoğu Karadeniz'de yüzen makro deniz çöplerinin miktarı ve kompozisyonu* [Poster bildiri]. 2. Ulusal Denizlerde İzleme ve Değerlendirme Sempozyumu, Ankara, Türkiye.

Bat, L., & Öztekin, A., (2018, November 21-23). *Cadmium, mercury and lead in atlantic bonito from the southern Black Sea coasts* [Oral presentation]. FABA 2018 International Symposium on Fisheries and Aquatic Sciences, Ankara, Turkey.

Bat, L., Sahin, F., & Öztekin, A. (2018, September 5-8). *Pollutant bioaccumulation in the wedge clam from Igneada shores of the Black Sea* [Oral presentation]. The 3rd International Science Symposium, Pristina, Kosovo.

Bat, L., Sahin, F., & Öztekin, A. (2018, July 3-6). *Heavy metal contamination of Pleuronectiformes species from Sinop coasts of the Black Sea* [Oral presentation]. The 4 th Symposium on EuroAsian Biodiversity, Kiev, Ukraine.

Bat, L., Sahin, F., & Öztekin, A. (2018, July 3-6). *Heavy metal levels in the wedge clam Donax trunculus (Linnaeus, 1758) in intertidal areas on Igneada coasts of the Black Sea* [Poster presentation]. The 4th Symposium on EuroAsian Biodiversity, Kiev, Ukraine.

Bat, L., Yardim, Ö., Öztekin, A., & Sahin, F. (2018, July 3-6). *Bioaccumulation of metals in fish from Sarıgözü Lake* [Poster presentation]. The 4th Symposium on EuroAsian Biodiversity, Kiev, Ukraine.

Bat, L., Sahin, F., & Öztekin, A. (2018, June 19-23). *Current Red Data List of species in the southern Black Sea* [Poster presentation]. International Symposium Ecology 2018, Kastamonu, Turkey.

Bat, L., Öztekin, A., & Sahin, F. (2018, June 19-23). *Heavy metal detection in Scorpaena porcus Linnaeus, 1758 from Sinop coast of the Black Sea and potential risks to human health* [Poster presentation]. International Symposium Ecology 2018, Kastamonu, Turkey.

Bat, L., Sahin, F., & Öztekin, A. (2018, June 19-23). *The importance of Marine Protected Areas (MPAs) in the continuation of biologic diversity in the southern Black Sea* [Poster presentation]. International Symposium Ecology 2018, Kastamonu, Turkey.

Öztekin, A., & Bat, L. (2018, June 19-23). *Marine litter pollution of the Black Sea coasts: A Review* [Poster presentation]. International Symposium Ecology 2018, Kastamonu, Turkey.

Bat, L., Öztekin, A., Arıcı, E., & Şahin, F. (2018, 09-12 Mayıs). *Karadeniz'in Sinop kıyılarında yakalanan balıklarda ağır metal seviyelerinin mevcut literatür ışığında değerlendirilmesi* [Poster bildiri]. 3. Ulusal Deniz Bilimleri Konferansı, İzmir, Türkiye.

Bat, L., Öztekin, A., Şahin, F., Arıcı, E., & Öz sandıkçı, U. (2018, April 26-29). *Pollution in the Black Sea Coast of Turkey: An Assessment of Current Situation* . International Congress on Engineering and Life Science (ICELIS), Kastamonu/TURKEY., (Poster Sunu).

Arıcı, E., Bat, L., & Öztekin, A. (2018, April 26-29). *A Review of heavy metal accumulation by using algae to monitor coastal areas of the Southern Black Sea* [Poster presentation]. International Congress on Engineering and Life Science, Kastamonu, Turkey.

Bat, L., Arıcı, E., & Öztekin, A. (2018, April 26-29). *Heavy metal levels of mytilus galloprovincialis Lamarck, 1819 in the Black Sea Coasts: A review* [Poster presentation]. International Congress on Engineering and Life Science, Kastamonu, Turkey.

Bat, L., Öztekin, A., & Arıcı, E. (2018, April 26-29). *Assessment of heavy metal pollution in the sediments along the Southern Black Sea: A Review* [Poster presentation]. International Congress on Engineering and Life Science, Kastamonu, Turkey.

Bat, L., Öztekin, A., & Arıcı, E. (2018, April 26-29). *Heavy metal risk quotient assessment in benthic fish in the Black Sea Coast: Using Mullus barbatus Linnaeus, 1758 and 153 Merlangius*

merlangus (Linnaeus, 1758) [Poster presentation]. International Congress on Engineering and Life Science, Kastamonu, Turkey.

Bat, L., Öztekin, A., Şahin, F., Arıcı, E., & Özsandıkçı, U. (2018, April 26-29). *Pollution in the Black Sea coast of Turkey: An assessment of current situation* [Poster presentation]. International Congress on Engineering and Life Science, Kastamonu, Turkey.

Öztekin, A., & Bat, L. (2017, October 4-7). *Microplastics in the marine environment* [Poster presentation]. 8th International Symposium on Ecology And Environmental Problems, Çanakkale, Turkey.

Bat, L., Öztekin, A., & Yardım, Ö. (2017, October 4-7). *Metal levels in large rainbow trout from sinop fish market* [Poster presentation]. 8th International Symposium on Ecology And Environmental Problems, Çanakkale, Turkey.

Öztekin, A., & Bat, L. (2017, 12-15 Eylül). *Karadeniz'in çöpleri* (Litter of the Black Sea) [Poster bildiri]. 19. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, Sinop, Türkiye.

Bat, L., Arıcı, E., & Öztekin, A. (2017, 12-15 Eylül). *Sinop balıklarının ağır metal birikimleri ve sağlık riski değerlendirmesi* [Poster bildiri]. 19. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, Sinop, Türkiye.

Bat, L., Arıcı, E., & Öztekin, A. (2017, July 5-8). *Heavy metals health risk appraisal in benthic fish species of the Black Sea* [Poster presentation]. The 3rd International Symposium on EuroAsian Biodiversity, Minsk, Belarus.

Bat, L., Arıcı, E., & Öztekin, A. (2017, July 5-8). *Metal levels in commercial pelagic fishes and their contribution to their exposure in Turkish people of the Black Sea* [Poster presentation]. The 3rd International Symposium on EuroAsian Biodiversity, Minsk, Belarus.

Bat, L., Bilgin S., & Öztekin, A. (2017, July 5-8). *Toxicity of copper on marine organisms from the Black Sea* [Poster presentation]. The 3rd International Symposium on EuroAsian Biodiversity, Minsk, Belarus.

Bat, L., Bilgin, S., & Öztekin, A. (2017, July 5-8). *Toxicity of cadmium on Palaemon adspersus Larvae Rathke, 1837 from the Black Sea* [Poster presentation]. The 3rd International Symposium on EuroAsian Biodiversity, Minsk, Belarus.

Bat, L., Öztekin, A., & Arıcı, E. (2017, July 5-8). *Assessment of heavy metals in Dicentrarchus labrax (Linnaeus, 1758) and Sparus aurata Linnaeus, 1758 marketed in Sinop (Turkey)* [Poster presentation]. The 3rd International Symposium on EuroAsian Biodiversity, Minsk, Belarus.

Bat, L., Arıcı E, Yardım, Ö., & Öztekin, A. (2017, July 5-8). *Heavy Metals in the Mediterranean mussel (Mytilus galloprovincialis Lamarck, 1819) from Sinop coasts of the Turkish Black Sea coast as Bio-monitor* [Poster presentation]. The 3rd International Symposium on EuroAsian Biodiversity, Minsk, Belarus.

Öztekin, A., & Bat, L. (2017, May 11-13). *Microplastic in sea bed from Sinop Sarıkum Lagoon coast in the southern Black Sea* [Poster presentation]. Ecology 2017 International Symposium, Kayseri, Turkey.

Öztekin, A., & Bat, L. (2017, May 11-13). *Sinop Sarıkum Lagoon: a microplastic beach* [Poster presentation]. Ecology 2017 International Symposium, Kayseri, Turkey.

Öztekin, A., & Bat, L. (2016, November 3-5). *Seafloor litter in Sinop Sarıkum lagoon coast in the Southern Black Sea* [Poster presentation]. FABA 2016 International Symposium on Fisheries and Aquatic Sciences, Antalya, Turkey.

Öztekin, A., & Bat, L. (2016, November 3-5). *Microplastic pollution in sea water: A preliminary study from Sinop Sarıkum coast* [Poster presentation]. FABA 2016 International Symposium on Fisheries and Aquatic Sciences, Antalya, Turkey.

Vişne, A., & Bat, L. (2016, September 12-16). *Plastic pollution in Sinop Sarıkum lagoon coast in the southern Black Sea* [Oral presentation]. CIESM -41th Congress, Kiel, Germany.

Vişne, A., & Bat, L. (2016, 31 Mayıs-3 Haziran). *Karadeniz'in Sinop Sarıkum Lagünü kıyısında deniz çöpu kirliliği* [Sözlü bildiri]. Türkiye Deniz Bilimleri Konferansı, Ankara, Türkiye.

Vişne, A., & Bat, L. (2016, April 24-27). *Medical waste pollution from Sinop Sarıkum beach of the Black Sea, Turkey* [Poster presentation]. International Conference on One Medicine One Science (ICOMOS), Minneapolis, USA.

Bat, L., & Vişne, A. (2015, 1-4 Eylül). *Deniz ve sahillerdeki büyük tehlike! Küçük plastik parçacıklar* [Poster bildiri]. 18. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, İzmir, Türkiye

Bat, L., & Vişne, A. (2015, 6-9 Mayıs). *Karadeniz'in Sinop İnceburun kıyılarında deniz tabanı çöpleri* [Poster bildirir]. Ekoloji 2015 Sempozyumu, Sinop, Türkiye

Vişne, A., Coşkun D., Küçük, F., & Güçlü, S.S. (2013, 3-6 Eylül). *Aphanius anatoliae* (Leidenfrost, 1912) ve *Aphanius splendens* (Kosswing & Sözer, 1945)'nin akvaryum koşullarına adaptasyonu ve üretimi [Poster bildirir]. 17. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, İstanbul, Türkiye.

(d) Proje

BRIDGE-BS: Advancing Black Sea Research and Innovation to Co-Develop Blue Growth within Resilient Ecosystems. AB- H2020 (01.06.2021-...) (Araştırmacı).

Güneydoğu Karadeniz’de Plastiklerin Dağılımı kompozisyonu ve Plastisifer Komuniteleri. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü, Proje No: FBA-2021-1268 (07.2021-.....) (Araştırmacı).

Karadeniz’in Sinop İli Sahillerinde Deniz Çöplerinin Araştırılması. Sinop Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü, Proje No: SÜF-1901-18-48 (2018-2020) (Araştırmacı).

Güneydoğu Karadeniz Ekosisteminde Mikro- ve Nanoplastiklerin Dağılımı. Kompozisyonu, Kaynakları ve Ekolojik Etkileşimleri Tübitak 1001-Proje No: 118Y125 (01.12.2018-....) (Bursiyer).

Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi Kapsamında Sinop Sarıkum Lagünü Deniz Çöplerinin Durumu: Bir Örnek Çalışma. TÜBİTAK 1002- Hızlı Destek Programı, Proje No 115Y002 (01.04.2015- 22.06.2016) (Bursiyer).