



**FARKLI HABİTATLARDA YAŞAYAN DEĞİŞİK TROFİK  
STATÜDEKİ BALIKLARIN MİDE İÇERİKLERİNDEKİ  
MİKROPLASTİK VARLIĞININ ARAŞTIRILMASI**

**INVESTIGATION OF THE PRESENCE OF  
MICROPLASTICS IN THE STOMACH CONTENTS OF  
FISH FROM DIFFERENT TROPHIC STATUS THAT  
LIVES IN DIFFERENT HABITATS**

**SERCAN BÖYÜKALAN**

**PROF. DR. SEDAT VAHDET YERLİ**

**Tez Danışmanı**

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Biyoloji Anabilim Dalı için Öngördüğü

DOKTORA TEZİ olarak hazırlanmıştır.

# ÖZET

## FARKLI HABİTATLARDA YAŞAYAN DEĞİŞİK TROFİK STATÜDEKİ BALIKLARIN MİDE İÇERİKLERİNDEKİ MİKROPLASTİK VARLIĞININ ARAŞTIRILMASI

Sercan BÖYÜKALAN

Doktora, Biyoloji Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Sedat V. YERLİ

Nisan 2023, 61 sayfa

Hızlı sanayileşme ve plastik ürünlerin aşırı tüketimi tonlarca plastik atığın çevrede birikmesine neden olmuştur. Mikroplastiklerin neden olduğu kirlilik, ekosistemler için gelişmekte olan çevresel bir tehdittir ve insanlık için endişe kaynağıdır. Türkiye tatlı su biyotasında mikroplastik (MP; 5 mm'den küçük parçacıklar) oluşumuna ilişkin bilgiler halihazırda eksiktir. Bu tez çalışmasında, farklı habitatlarda Manyas Gölü, Uluabat Gölü, Gala Gölü, Gökgöl Gölü, Alaçatı Barajı, Beydağ Barajı, Tahtalı Barajı ve Karaidemir Barajında yaşayan yedi tatlı su balığı türünün (*Cyprinus carpio*, *Carassius gibelio*, *Alburnus* spp., *Scardinius erythrophthalmus*, *Vimba vimba*, *Neogobius fluviatilis* ve *Perca fluviatilis*) sindirim kanallarındaki mikroplastik kontaminasyonu incelenmiştir. Tür teşhisi ve metrik ölçümlerden sonra her bir balık örneğinin sindirim kanalı içerikleri 30 ml %35'lik hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) ile işlenmiş ve membran filtre ile süzülmüştür. Süzülen örnekler stereo mikroskop ile saptanan mikroplastik tipine ve rengine göre kayıt altına alınmıştır. Fourier dönüşümlü kızılötesi spektrometresi (FTIR) ile seçilen mikroplastik örneklerinin polimer doğrulaması yapılmıştır. FTIR sonuçları klorlanmış polietilen, polistiren ve neopren ile eşleşmiştir. Elde edilen sonuçlarda yedi balığın (n=406) 292'sinin (%72) sindirim kanalından 610 mikroplastik partikül ekstrakte

edilmiştir. Balıkların sindirim sisteminde sadece lif tipi (0,10-4,85 mm, genellikle mavi renkli) mikroplastiklerin bulunduğu belirlenmiştir. Ortalama MP uzunluk boyutu *C. carpio* türünde  $1,40\pm 0,90$  mm, *C. gibelio* türünde  $1,32\pm 0,88$  mm, *Alburnus* spp.  $1,23\pm 0,90$  mm, *S. erythrophthalmus* türünde  $0,94\pm 0,79$  mm, *V. vimba* türünde  $1,11\pm 0,69$  mm, *P. fluviatilis* türünde  $1,34\pm 0,89$  mm ve *N. fluviatilis* türünde  $1,25\pm 0,97$  mm olarak ölçülmüştür. İncelenen balıklar arasında en fazla fiber mikroplastik miktarı *Perca fluviatilis* türünde tespit edilmiştir. Habitat ve beslenme özelliklerine göre en yüksek mikroplastik miktarı Uluabat Gölü bentopelajik ve invertivor grup balıklarında kaydedilmiştir (2018 örnekleme). Bu sonuçların, iç sularda mikroplastiklerle ilgili gelecekteki çalışmalara kaynaklık etmesi beklenmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Mikroplastik, plastik, kirlilik, tatlı su balığı, Türkiye

## ABSTRACT

### INVESTIGATION OF THE PRESENCE OF MICROPLASTICS IN THE STOMACH CONTENTS OF FISH FROM DIFFERENT TROPHIC STATUS THAT LIVES IN DIFFERENT HABITATS

Sercan BÖYÜKALAN

Doctor of Philosophy, Department of Biology

Supervisor: Prof. Dr. Sedat V. YERLİ

April 2023, 61 pages

Rapid industrialization and excessive consumption of plastic products have resulted in tons of plastic waste accumulating in the environment. Pollution caused by microplastics (MPs) is an emerging environmental menace for ecosystems and for humanity. Information on the occurrence of microplastic (MP; particles smaller than 5 mm) in freshwater biota in the Türkiye is limited. In this study, the microplastic contaminations of seven fish species (*Cyprinus carpio*, *Carassius gibelio*, *Alburnus* spp., *Scardinius erythrophthalmus*, *Vimba vimba*, *Neogobius fluviatilis*, and *Perca fluviatilis*) collected from Lake Manyas, Lake Uluabat, Lake Gala, Lake Gökgöl, Alaçatı Dam, Beydağ Dam, Tahtalı Dam, and Karaidemir Dam were examined. After the identification of species, the contents of digestive tracts of every fish sample were filtered with membrane filter and were processed with 30 ml %35 hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) solution. Filtered samples were recorded according to the type and color of microplastic detected by stereo microscope. Polymer verification of selected microplastic samples was done by Fourier transform infrared spectrometry (FTIR). FTIR results matched with chlorinated polyethylene, polystyrene, and neoprene.

A total of 610 MP particles were extracted from the gastrointestinal systems of all fish species (n=406). The ingested MPs were only fibers with the dominant plastic color was being blue. The length of microplastics ranged from 0.10 to 4.85 mm. Mean MP length size in *C. carpio* species  $1.40\pm 0.90$  mm, in *C. gibelio* species  $1.32\pm 0.88$  mm, in *Alburnus* spp.  $1.23\pm 0.90$  mm, in *S. erythrophthalmus* species  $0.94\pm 0.79$  mm, in *V. vimba* species  $1.11\pm 0.69$  mm, in *P. fluviatilis* species  $1.34\pm 0.89$  mm, in *N. fluviatilis* species  $1.25\pm 0.97$  mm.

Among the studied species, the most fiber microplastic was found in *Perca fluviatilis*. According to habitat and feeding features the highest number of microplastics was found in benthopelagic and invertivore fish. These results will be the principal data for future studies of microplastics in inland waters. The data of this thesis is anticipated to form the basis for new research and decision-making processes.

**Keywords:** Microplastic, plastic, pollution, freshwater fish, Türkiye

## TEŞEKKÜR

Bu doktora tez çalışmasını gerçekleştirmemde büyük emeği bulunan, tez konusunun seçimi, hazırlanması ve çalışmaların yürütülmesinde her türlü bilgi, öneri ve desteğiyle bana yardımcı olan değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Sedat V. YERLİ'ye minnettarım.

Tez çalışmamı değerlendirerek zaman ayıran, yol gösteren Sayın Prof. Dr. Ertunç GÜNDÜZ, Prof. Dr. Mehmet YILMAZ, Prof. Dr. Ali GÜL, Prof. Dr. Ahmet ALTINDAĞ, Prof. Dr. Yasemin SAYGI ve Prof. Dr. Ercüment GENÇ'e,

Çalışmaya başlamadan önce laboratuvarında genel işleyişi gösteren Sayın Ahmet Erkan KIDEYŞ hocama, bilgilerini ve desteğini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Levent BAT ve Dr. Öğretim Üyesi Ayşah ÖZTEKİN'e,

Değerli katkı ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen Sayın Dr. Fatih MANGIT ve Dr. Mustafa KORKMAZ'a,

Kıymetli zamanını ayırarak destek olan Sayın Doç. Dr. Özge KARADAĞ ATAŞ'a

Sucul Yaşam Laboratuvarı (SAL) ailesine ve desteklerini her an hissettiğim başta Ekin DEMİRKAYA, Ezgin TIRPAN, Öznur KARTAL olmak üzere tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Hayatımın her anında benden desteklerini esirgemeyen, ilgi ve sevgilerini her zaman hissettiğim canım aileme (özellikle annem Dilek BÖYÜKALAN, ağabeyim Hasan BÖYÜKALAN ve yaklaşık bir yıl önce vefat eden rahmetli dedem Mustafa GÜRSOY'a), hep yanımda oldukları ve bana güvendikleri için sonsuz teşekkürler.

# İÇİNDEKİLER

ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR .....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
1. GİRİŞ .....	1
2. GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÖZETİ .....	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	12
3.1. Örnekleme Yapılan Alanlar ve Genel Özellikleri .....	12
3.2. İncelenen Balık Türlerinin Genel Özellikleri.....	14
3.3. Laboratuvar Analizleri .....	17
3.4. Fourier Dönüştürümlü Kızılötesi Spektrometresi (FTIR) Analizleri .....	17
3.5. Veri Analizi .....	18
4. BULGULAR.....	19
4.1. Manyas Gölü .....	20
4.2. Uluabat Gölü .....	21
4.3. Gala Gölü .....	23
4.4. Gökgöl Gölü.....	24
4.5. Alaçatı Barajı.....	25
4.6. Beydağ Barajı.....	26
4.7. Tahtalı Barajı.....	27
4.8. Karaidemir Barajı.....	28
4.9. Fourier Dönüştürümlü Kızılötesi Spektrometresi (FTIR) .....	29
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	36
6. KAYNAKLAR.....	45
EKLER .....	59
EK 1 – Tezden Türetilmiş Yayınlar .....	59



EK 2 – Tez Çalışması Orijinallik Raporu.....	60
ÖZGEÇMİŞ.....	61

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3. 1. Örnekleme yapılan göl ve barajların bulunduğu şehirler.....	12
Şekil 4. 1. FTIR analiz sonuçları.....	29
Şekil 4. 2. Çalışma sonucunda bulunan mikroplastik örnekleri.....	31
Şekil 4. 3. İncelenen balık örneklerinden elde edilen mikroplastiklerin renk dağılımı. .	31
Şekil 4. 4. Balık özelliklerinin MP yoğunluğu üzerindeki etkilerini gösteren bir Poisson regresyon analizi.....	35

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2. 1. Deniz plastik çöpünün boyut tanımları ve yaygın kaynakları [24].	7
Çizelge 3. 1. Örneklem yerleri ve tarihleri.	13
Çizelge 3. 2. İncelenen balık türlerine ait bilgiler [95].	16
Çizelge 4. 1. Manyas Gölü balık türlerinden incelenen balık örneklerinin metrik bilgileri ve sindirim kanalında mikroplastik durumu.	20
Çizelge 4. 2. Uluabat Gölü balık türlerinden incelenen balık örneklerinin metrik bilgileri ve sindirim kanalında mikroplastik durumu.	22
Çizelge 4. 3. Gala Gölü balık türlerinden incelenen balık örneklerinin metrik bilgileri ve sindirim kanalında mikroplastik durumu.	23
Çizelge 4. 4. Gökgöl Gölü balık türlerinden incelenen balık örneklerinin metrik bilgileri ve sindirim kanalında mikroplastik durumu.	24
Çizelge 4. 5. Alaçatı Barajı balık türlerinden incelenen balık örneklerinin metrik bilgileri ve sindirim kanalında mikroplastik durumu.	25
Çizelge 4. 6. Beydağ Barajı balık türlerinden incelenen balık örneklerinin metrik bilgileri ve sindirim kanalında mikroplastik durumu.	26
Çizelge 4. 7. Tahtalı Barajı balık türlerinden incelenen balık örneklerinin metrik bilgileri ve sindirim kanalında mikroplastik durumu.	27
Çizelge 4. 8. Karaidemir Barajı balık türlerinden incelenen balık örneklerinin metrik bilgileri ve sindirim kanalında mikroplastik durumu.	28
Çizelge 4. 9. İncelenen balık örneklerinin sindirim kanalında bulunan mikroplastiklerin boy ölçüm değerleri.	32
Çizelge 4. 10. İncelenen balık örneklerinin su içerisinde bulunduğu pozisyon ve beslenme tipine göre sindirim kanalında bulunan mikroplastik durumu.	33
Çizelge 4. 11. İncelenen balıkların beslenme tipi ve su içerisinde bulunduğu pozisyonun MP sayısı ve MP uzunluk büyüklüğü açısından karşılaştırılması	34
Çizelge 5. 1. Türkiye’de ve farklı ülkelerde tatlı sularda yaşayan balıkların sindirim kanalında mikroplastik varlığının araştırıldığı çalışmalar.	40

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

%	Yüzde
mm	Milimetre
g	Gram
SS	Standart sapma

### Kısaltmalar

EPA	Çevre Koruma Ajansı
FDA	Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi
OECD	Ekonomik İş birliği ve Kalkınma Örgütü
FTIR	Fouirer Dönüşümü Kızılötesi Spektroskopisi
Teflon	Politetrafloro-etilen
PA	Poliamid
PET	Polietilen tereftalat
PE	Polietilen
PP	Polipropilen
PS	Polistiren
PU	Poliüretan
PVC	Polivinil klorür
KOK	Kalıcı organik kirletici
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Hidrojen peroksit
TB	Total boy
SB	Standart boy
GIT	Gastrointestinal sistem
MP	Mikroplastik

N

Sayı

NP

Nanoplastik



# 1. GİRİŞ

Plastikler ucuz, hafif ve kullanımı kolay olmalarının yanı sıra belirli uygulamalarda genellikle en ekonomik seçenektir. Bu özelliklerinden dolayı plastikler, örneğin paketleme, inşaat ve inşaat malzemeleri, otomotiv bileşenleri, elektrikli ve elektronik parçalar, ev ve çeşitli insan kullanımları ile tarım ekipmanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır [1]. Plastik ambalaj hacminin, 15 yıl içinde ikiye katlanarak ve 2050'de dört kattan fazla artarak yılda 318 milyon tona ulaşarak güçlü büyümesini sürdürmesi beklenmektedir. Bugün, tüm plastik endüstrisinden daha fazladır [2].

Su ortamlarına giren plastik atıklar kolayca bozulmamaktadır. Mekanik aşınma, ultraviyole radyasyon ve ayrışma gibi etkiler altında ince parçacıklara ayrılmaktadır ve su ortamlarında varlığını sürdürmektedir. Boyutları <5 mm büyüklüğündeki plastik parçacıklar mikroplastikler olarak bilinmektedir [3].

Mikroplastikler kaynaklarına göre birincil ve ikincil olmak üzere iki türe ayrılır. Birincil mikroplastikler, evsel ve endüstriyel atıklar, dökülmeler ve kanalizasyon deşarjı yoluyla doğrudan veya dolaylı olarak yüzey akışıyla çevreye salınan küçük plastik parçacıklardır. Örneğin, kozmetik ve biyomedikal kullanımlardaki, plastik peletler üretim veya taşıma sırasında yanlışlıkla kaybolmaktadır. İkincil mikroplastikler, daha büyük plastik parçacıkların kimyasal ve fiziksel yaşlanma, UV radyasyonu (foto-oksidasyon), mekanik dönüşüm (dalga aşındırma yoluyla) ve mikroorganizmalar tarafından biyolojik bozunma gibi çeşitli bozunma mekanizmaları yoluyla parçalanması sonucunda çevrede oluşmaktadır [4].

Mikroplastikler morfolojilerine göre, beş genel biçime ayrılmaktadır. Bunlar küre şeklinde parçacıklar (boncuklar, topaklar, granüller), fiberler, filmler, parçalar ve köpüklerdir [5]. Bunlar arasında, parçalar ve fiberler (lifler), doğal su kütlelerinin farklı bölümlerinde en yaygın olan mikroplastik türleri olarak rapor edilmiştir [6,7].

Mikroplastikler uzun süredir denizde fiziksel bir tehlike olarak kabul edilmektedir, ancak son araştırmalar bunların başka pek çok şeye de neden olabileceklerini göstermektedir. Deniz suyunun kirlenmesine ve buna bağlı kirleticilerin deniz hayvanlarında birikmesine yol açacak olan plastiklerden tehlikeli organik monomerlerin salınması söz konusu olabilir. Diğer yandan mikroplastikler ağır metal ve kalıcı organik kirleticilerin (KOK), potansiyel taşıyıcısıdır. Mikroplastik kalıntılarının deniz organizmaları tarafından yutulduğu kanıtlanmıştır. Tehlikeli ağır metaller veya KOK'lar bu yolla deniz

hayvanlarının vücuduna geçebilir ve besin zincirinde birikime uğrayabilir. Mikroplastığın dokular ve hücreler tarafından alınıp depolanabileceğine dair kanıtlar bulunmaktadır, bu da deniz suyundan emilen KOK'ların birikmesi için olası bir yol durumunda olup, insan sağlığı için olası olumsuz sonuçları vardır [8–11].

Kanada ve Amerika Birleşik Devletleri de dahil olmak üzere birçok ülke mikroplastik içeren kozmetik ürünlerin satışını yasaklama/sınırlama getirilmiştir. Genellikle kozmetik mikroplastiklerin üretiminde kullanılan polietilen (PE) ve polipropilen (PP), tatlı sudan daha düşük yoğunluklara sahiptir. Buna rağmen, sualtı tortularında (sedimentlerde) düzenli olarak saptanmaktadır [6].

Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü'ne göre Türkiye'de 25 nehir havzası, 320 doğal göl ve 861 baraj bulunmaktadır [12].

Sürdürülemez sulama uygulamaları, kuraklık ve artan kirlilik seviyeleri nedeniyle, Türkiye'nin tatlı su ekosistemleri su seviyelerinde bozulmalar ve düşüşler yaşamaktadır [13]. Türkiye'nin coğrafi konumu, zengin sucul biyolojik çeşitlilik ve balıkçılık kaynakları da dahil olmak üzere çeşitli avantajlar sunmaktadır. Tatlı suda (%20) ve denizde (%80) avlanan balıklar, son yıllarda üretimin büyük bir kısmına katkıda bulunmuştur [14]. Béné vd [15], dünya nüfusunun yarısından fazlasının beslenmesinin balık ve diğer su ürünlerine dayandığını ifade etmişlerdir. 1970'lerden beri mikroplastik kontaminasyonu ile ilgili bir sorun olmasına rağmen, balıkların mikroplastik tükettiğine dair kanıtlar, ancak yakın zamanda 2010 yılında Kuzey Pasifik Orta Girdabında farklı deniz balığı türlerinin mide içerikleri incelendiğinde keşfedilmiştir [16].

Plastiklerin, suda yaşayan yaklaşık 700 tür ile etkileşime girdiğini ve balıkların sindirim sistemlerinde tespit edildiğini gösteren veriler bulunmaktadır [17]. Balıklar tarafından tüketilen mikroplastiklerle ilgili yayınlanmış 443 orijinal araştırma makalesinin yalnızca %38'i tatlı su türleri ile ilgili olup, makalelerin çoğunluğu (%62) deniz canlıları ile ilgilidir. Bu araştırma alanında artan ilgiye ve son on yılda elde edilen büyük bilgi birikimine rağmen, tatlı su balıkları tarafından yutulan mikroplastiklerin seviyesi, deniz türleri ile karşılaştırıldığında hala yeterince çalışılmamıştır [18]. Plastiklerin neden olduğu çevre kirliliği, sağlık ve devlet kurumları, bir bütün olarak doğal ekosistemler ve insan toplulukları için büyüyen bir sorundur. Sağlık durumlarını, maksimum kontaminasyon tolerans seviyelerini ve insanlar dahil olmak üzere çevredeki üst trofik seviyelere kirletici maddelerin potansiyel transferini doğrulamak için insan tüketimine



yönelik ticari olarak değerli ürünler hakkında daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır [19].

Bu tez çalışmasında Türkiye'de farklı trofik seviyelerdeki tatlı su habitatlarında Manyas, Uluabat, Gala ve Gökgöl Gölleri ile Alaçatı, Beydağ, Tahtalı ve Karaidemir Barajlarından değişen yıllarda elde edilmiş ve müzede saklanan %4 formaldehit ile fikse edilmiş balık türlerinde mikroplastiklerin varlığı araştırılmıştır. Bu araştırma ile Türkiye iç sularında yayılış gösteren yedi balık türünün sindirim kanalında bulunan mikroplastiklerin saptanması, tasnif edilmesi ve böylece bundan sonra yapılacak çalışmalara veri oluşturulması amaçlanmıştır.

## 2. GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÖZETİ

Charles Goodyear tarafından 1839'da icat edilen vulkanizasyon, kauçuk polimerler, kükürt ve yardımcı (tamamlayıcı) kimyasallar arasında bir dizi karmaşık kimyasal reaksiyonu içeren termokimyasal bir işlemdir. Vulkanize kauçuk, vulkanize edilmemiş kauçuğa göre daha az esnektir. Bununla birlikte, önemli ölçüde daha fazla dayanıklılığa sahiptir [20]. Kauçuk teknolojisinin 1800'lü yıllarda gelişmesinden sonra sentetik polimerler kullanılmaya başlanmıştır. İlk sentetik polimer malzeme olan selüloit, 1869'da John Wesley Hyatt tarafından selüloz nitrat ve kafur kullanılarak icat edilmiştir. Sentetik polimerlerde büyük bir buluş, 1907'de Leo Hendrik Baekeland tarafından bakalit 'in icadıdır. Hermann Staudinger'in 1920'lerdeki çalışması, tekrar eden birimlerin uzun zincirlerinin makro moleküler doğasını göstermiştir. "Polimer" kelimesi etimolojik olarak Yunancadan gelmektedir, "birçok parça" demektir. Polimer endüstrisinin hızlı büyümesi, İkinci Dünya Savaşı'ndan kısa bir süre önce, akrilik polimerler, polistiren, naylon, poliüretanların geliştirilmesi ve ardından 1940'lar ve 1950'lerde polietilen, polietilen tereftalat, polipropilen ve diğer polimerlerin piyasaya sürülmesiyle başlamıştır. Dünyada 1945'te yaklaşık 1 milyon ton üretilirken, plastik üretimi hacim olarak 1981'de çelik üretimini geçmiş ve fark sürekli büyümüştür [21]. Savaşın sona ermesinden sonra plastik üreticileri yeni oluşturdukları üretim kapasiteleri için yeni pazarlar aramaya başlamışlardır. Modern tüketim toplumunun ortaya çıkışıyla birlikte savaş sonrası yılların benzeri görülmemiş ekonomik büyümesi, küresel plastik üretiminde hızlı ve sürekli bir büyümeye yol açmıştır. Daha geleneksel yeniden kullanılabilir ambalajların yerini giderek daha fazla tek kullanımlık ambalajlar gibi ürünler almıştır [22].

Plastiklerde kullanılan polimerler nadiren saf halde kullanılmaktadırlar. Neredeyse tüm ticari plastikler, işlenebilir özelliklerini iyileştirmek, son kullanım özelliklerini ve ürün performanslarını değiştirmek için monomerik katkı maddeleriyle "bileşik" hale getirilmektedirler [23].

Üç geniş plastik kategorisi vardır: termoplastikler, termosetler ve elastomerler. Termoplastikler ısıtıldığında yumuşar ve soğuduğunda sertleşmektedir. Bunlara örnek olarak polietilen (PE), polipropilen (PP), politetrafloro-etilen (Teflon), polietilen tereftalat (PET), poliamid (PA), polivinil klorür (PVC) ve polistiren (PS) verilebilir. Termosetler ise kalıplandıktan sonra asla yumuşamazlar. Bunlara örnek olarak epoksi reçineler, poliüretan (PU), polyester reçineler ve bakalit verilebilir. Kauçuk ve neopren

gibi elastomerler, elastik karakterli polimerlerdir, malzeme esnedikten sonra orijinal şekline dönebilmektedir. Bunlara örnek olarak, kauçuk ve neopren verilebilir. Plastik polimerler, yaklaşık yirmi farklı grupta oldukça çeşitlidir. Köklü polimerlerin (PE, PP, PS, PET, PVC, PU, PA) yanı sıra, belirli fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip çok çeşitli polimerler ve kopolimerler üretilmektedir [24].

Biyobozunur polimerler, genellikle mikroorganizmaların etkisi nedeniyle CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ve H<sub>2</sub>O gibi küçük moleküllere, yaygın plastiklerden çok daha hızlı bir oranda bozunabilmektedir. Bazı biyo-polimerler, biyo-türevli plastikler ve biyo-bazlı plastikler gerçekten de biyolojik olarak parçalanabilmektedir. Bununla birlikte, biyo-bazlı plastik, biyo-PE veya biyolojik olarak türetilmiş plastik, tamamen asetillenmiş selüloz gibi aynı kategorilerdeki plastik türleri biyolojik olarak parçalanamamaktadır. Biyo-PE, biyo-PET veya biyo-PA'daki biyo-ön eki, bu polimerlerin biyolojik olarak parçalanabileceğini ima etmemektedir. Bu nedenle plastiğin yapımında kullanılan hammaddenin doğasının bilinmesi, malzemenin biyolojik olarak parçalanabilir olmasının belirlenmesine izin vermemektedir [25]. Biyo-bazlı ham maddelerin yakın gelecekte artması ve fosil yakıt ham maddelerine alternatif ham madde sağlaması beklenmektedir. Aslında, biyo-PE veya biyo-PET gibi biyo-esaslı reçineler, aynı kullanım ömrüne, uygulamalara ve geri dönüşüm özelliklerine izin vermek için geleneksel muadillerinin özelliklerini yansıtmak üzere geliştirilmiştir. Örneğin, halihazırda soda şişelerinde çok küçük bir biyo-bazlı PET reçine veya biyo-PET fraksiyonu kullanılmaktadır. Çok az plastik, deniz ortamında tamamen bozunmaya veya mineralleşmeye uğramaktadır. Alifatik polyesterler, bakteriyel biyopolimerler ve bazı biyo-türevli polimerler gibi plastikler, çevrede kolayca biyolojik olarak parçalanabilmektedir. Ancak çoğu zaman, bunların üretimi ticari plastiklerden daha pahalıdır. İdeal olarak, biyobozunurluk, yalnızca ürün çöp veya deniz çöpü içerisinde iken faydalı hizmet ömründen sonra istenilen bir özelliktir. Çoğu uygulamada en çok aranan özellik plastiğin dayanıklılığıdır. Mevcut biyolojik olarak parçalanabilen plastiklerin, kullanım ömürleri boyunca çoğu uygulama için gerekli olan mekanik bütünlüğü ve dayanıklılığı sağlayıp sağlamadığı açık değildir [26].

Deniz ortamındaki plastiklerin ayrışması ve parçalanmasıyla ilgili genel araştırma bilgisi eksikliği, bilimsel bilgede çok önemli bir boşluktur. Foto-oksidasyon, parçalanma, mekanik aşınma ve kimyasal katkıların birleşik etkilerinin mikroplastik oluşumunu nasıl etkilediğine dair veri eksikliği, plastiklerin ve mikroplastiklerin denizlerdeki davranışını açıklamak için güvenilir nicel modellerin üretilmesinin önünde önemli bir engeldir [26].

Mikroplastikler, topraklar, yer altı sistemleri, nehirler, göller, sulak alanlar, okyanuslar ve atmosfer gibi çeşitli ekosistemlerde bulunabilen sentetik, uzun zincirli ve organik polimerlerdir [27].

Mikroplastiklerin uygun tanımı hakkında devam eden bir tartışma vardır. Şimdiye kadar en yaygın kullanılan tanım, mikroplastiklerin en uzun boyutları 5 mm'den küçük parçacıklar olduğu şeklindedir. Bu tanım, birçok sucul biyota türü tarafından yutulmanın meydana geldiği boyut olarak kabul edildiğinden, pratik açıdan benimsenmiştir [26].

Mikroplastikler, üretildikleri şekle bağlı olarak birincil veya ikincil olarak sınıflandırılmaktadır [28]. Denizdeki birincil mikroplastiklerin ana kaynağı, taşımacılık sırasında kazara plastik reçine taneciklerinin ortaya çıkmasıdır. Daha küçük bir kaynak, özellikle yolcu gemilerindeki yolcular tarafından kişisel bakım ve kozmetik ürünlerin kullanımıyla temsil edilmektedir. Olta takımlarının ve diğer ekipmanların sıradan aşınması ve yıpranması, çeşitli ikincil mikroplastiklerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Çeşitli trol türlerinde ana av araçlarını için yer halatlarının kullanılması, bazı bölgelerde önemli bir sentetik lif kaynağı olabilmektedir, ancak sağlam kanıtlar mevcut değildir [29]. Deniz plastik çöpünün boyut tanımları ve yaygın kaynaklarına ait özet Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. 1. Deniz plastik çöpünün boyut tanımları ve yaygın kaynakları [25].

Deniz plastik çöplerinin boyut kategorileri	Çap			
	Mikro <5 mm	Orta <2,5 cm	Makro <1 m	Mega >1 m
<b>Kaynak</b>	Birincil mikroplastikler İkincil mikroplastikler – daha büyük plastik parçaların parçalanması	Doğrudan ve dolaylı: daha büyük plastik parçaların parçalanması dahil.	Doğrudan: denizcilik faaliyetlerinden veya nehirlerden kaynaklanan kayıp öğeler.	Doğrudan: terk edilmiş eşya, felaketler sonrası.
<b>Deniz çöpi örnekleri</b>	Birincil: reçine boncukları, kişisel bakım ürünü mikro boncuklar; İkincil: tekstil lifleri, lastik tozu	Şişe kapakları, parçalar	Plastik poşetler, yiyecek ve diğer ambalajlar, balıkçı tekneleri, şamandıralar, balonlar	Terk edilmiş balık ağları ve tuzakları, halatlar, tekne gövdeleri, tarım kökenli plastik filmler

Tatlı suda bulunan mikroplastiklerin boyutu değişmekle birlikte genellikle 5 milimetreden küçük plastik parçacıklar olarak tanımlanmaktadır [30].

Tatlı su sistemlerindeki mikroplastik kaynakları:

**Sentetik tekstiller:** Polyester, naylon ve akrilik gibi sentetik kumaşlar giyim ve diğer tekstillerde kullanılır. Bu malzemeler yıkama sırasında mikro lifleri saçabilir. Bu mikro lifler, atık su arıtma tesisleri tarafından tutulamayacak kadar küçüktür ve tatlı su sistemlerine karışabilir [26].

**Kişisel bakım ürünleri:** Diş macunu ve yüz temizleme ürünleri gibi bazı kişisel bakım ürünlerinde kullanılan küçük plastik parçacıklar olan mikro boncuklar tatlı su sistemlerine de girebilir [30].

**Plastik döküntü:** Şişeler, çantalar ve ambalajlar gibi daha büyük plastik döküntüler zamanla daha küçük mikroplastik parçacıklara dönüşebilir ve tatlı su sistemlerine karışabilir [31].

**Düzenli depolama alanlarından akıntı:** Düzenli depolama alanları, yeraltı sularına sızabilen veya yağmur suyu akışıyla yakındaki tatlı su sistemlerine taşınabilen çeşitli plastik atıklar içerebilir [26].

**Tarımsal akış:** Plastik malç, sulama boruları ve diğer tarımsal plastik atıklardan kaynaklanan mikroplastikler, akış yoluyla tatlı su sistemlerine karışabilir [30].

**Endüstriyel deşarj:** Endüstriyel prosesler, atık su veya başka yollarla tatlı su sistemlerine deşarj edilebilen mikroplastikler üretebilir [26].

Mikroplastikler birçok şekil ve renkte gözükmetedirler. Bir mikroplastığın şekli genellikle kaynağı anlamaya yardımcı olan ortak bir kategoriye yerleştirmek için kullanılmaktadır. Kaynak dağılımına yardımcı olmak için, belirli şekillerin genellikle farklı ürünlerden döküldüğü bilinmektedir. Bu, doğadaki mikroplastiklerin nereden kaynaklanabileceği ile ilgili ipuçları sağlamaktadır. Lifler ve lif demetleri giysi, döşeme veya halıdan dökülme eğilimindedir. Peletler genellikle endüstriyel hammadde ile ilişkilendirilmektedir. Küreler, kişisel bakım ürünleri veya endüstriyel yıkayıcılardan gelen mikro tanecikler olabilmektedir. Köpük genellikle yalıtım veya gıda ambalajı gibi genişmiş polistiren köpük ürünlerinden gelmektedir [32].

Mikroplastiklerin bir organizmaya ne ölçüde zarar verdiği muhtemelen polimer tipine, boyutuna, şekline ve ilgili kimyasal karışımlara bağlıdır. Bazı polimer türlerinin, onları oluşturan monomerlere veya kimyasal katkı maddelerine bağlı olarak diğerlerinden daha zararlı olduğu düşünülmektedir. Birçok araştırmacı, mikroplastiklere maruz kalmanın organizmalar üzerinde olumsuz mu yoksa nötr bir etkiye mi sahip olacağını tartışmaktadır. Literatür, bu argümanın her iki tarafını da destekleyen kanıtlar sunmaktadır. Birçok çalışmada, mikroplastiklere maruz kalmanın bir organizmanın gen ifadesini, hayatta kalmasını veya üreme çıktısını olumsuz etkilediği bulunmuştur. Ekotoksikolog Heather Leslie, mikroplastiklerin parçacık toksisitesinden endişe duyanlar arasında yer almaktadır. Kimyasal otostopçular (chemical hitchhikers) olmasa bile, plastik parçacıkların diğer olumsuz etkilerin yanı sıra immünotoksikolojik tepkileri tetikleyebileceğini, gen ifadesini değiştirebileceğini ve hücre ölümüne neden olabileceğini söylemektedir. "Maruz kalan organizmalar daha sonra çoklu maruz kalma yollarıyla yalnızca kimyasal stresle değil, aynı zamanda parçacık stresine de uğraşır" diye açıklamaktadır. Ancak diğer çalışmalarda mikroplastiklerden kaynaklanan biyolojik etkiler tespit edilememiştir. Bu farklılık kısmen, organizmaların maruz kaldığı mikroplastiklerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin büyük çeşitliliğinin bir sonucu olabilmektedir [32,33]. Mikroplastiklerle ilgili ekotoksikolojik çalışmalar, tatlı su (%23) organizmalarının aksine ağırlıklı olarak deniz organizmaları (%77) kullanılarak yapılmıştır [28].

Ekonomik İş birliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) ve Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından geliştirilen standart biyo-analiz protokolleri; pestisitler, ağır metaller ve endokrin bozucu bileşikler gibi ana kirletici sınıflarının suda yaşayan organizmalar üzerindeki etkisini değerlendirmek için rutin olarak kullanılmaktadır. Mikroplastiklerin akut toksikolojisi üzerine yapılan çalışmaların sayısındaki hızlı artışa rağmen, mikroplastiklerin akıbeti ve biyolojik etkileri hakkındaki tartışmalar, esas olarak standartlaştırılmış laboratuvar biyo-analizlerinin olmaması nedeniyle giderek artmaktadır. Mikroplastiklerin, polimerlerinin çeşitliliği, katkı maddeleri, şekil ve boyutlarının yanı sıra kirlenme ve kirlenmeyi giderme işlemlerinin bir sonucu olarak partikül dağılımındaki sürekli değişiklikler gibi karmaşık özellikleri göz önüne alındığında, geleneksel biyoanaliz protokollerini kullanmadan önce uyarlamak gerekmektedir [34].

Plastiğin fonksiyonel özelliklerinden dolayı, özellikle düşük gelirli bölgelerin ekonomileri büyüdükçe plastik kullanımının gelecekte artacağı düşünülmektedir. Bu nedenle, plastik kullanımının dünyada ve potansiyel olarak insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini azaltmak için çözümler gerekmektedir [35]. Kişisel bakım ürünlerindeki mikroplastikler için Kanada, Birleşik Krallık, Yeni Zelanda ve Amerika Birleşik Devletleri gibi birçok ülke ürünlerde kullanılan mikro boncukları yasaklayan bir yasa çıkarmıştır. Özel sektör şirketlerinin, sivil toplum kuruluşlarının, hükümetlerin ve genel kamuoyunun plastik mikro boncuk sorununa tepkisi, tüm tarafların çevredeki plastikleri ele alma konusunda istekli olduğunu göstermektedir [32,36].

Plastik endüstrisi, balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliğinin gelişimini büyük ölçüde etkilemiştir. Balıkçılık teknikleri, endüstriyel plastik üretimi ile gelişmiştir ve ekipman artık esas olarak sentetik veya yarı sentetik malzemelerden yapılmaktadır. Sentetik elyaflar ilk piyasaya sürüldüklerinde, doğal elyaf halatlardan daha fazla güç ve dayanıklılık sunmuşlardır, ayrıca ağın toplam ağırlığını da azaltmışlardır. Terk edilmiş, kaybolmuş veya başka bir şekilde atılmış av araçları, hem ticari balık ve kabuklu deniz ürünleri stoklarının tükenmesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilmektedir. Ayrıca hedef olmayan türler ve habitatlar üzerinde gereksiz etkilere neden olabilmektedir [29,37].

Ticari balık türleri, iklim değişikliği, aşırı avlanma, yaşam alanlarının bozulması ve kirlilik dahil olmak üzere sayısız antropojenik (insan kaynaklı) tehditle karşı karşıyadır. Küresel deniz ürünleri tüketiminin %50'den fazlası, 2030 yılına kadar küresel tüketimin %62'ye çıkacağı tahmin edilen su ürünleri üretiminden elde edilmektedir [38].

Mikroplastikler; havada [39,40], toprakta [41], sedimentte [42,43], içme suyunda [44], şeker, bal, serinletici içecek, bira ve sütte [45–47], beyaz şarapta [48], çay poşetinde [49], yumurtada [50], tatlı su ve deniz suyunda [51], suda ve karada yaşayan organizmalarda [52] insan kanında [53], akciğer dokusunda [54], plasentada [55], kolektomi örneklerinde [56] bulunmaktadır. Mikroplastiklerin her yerde bulunması, besin zincirine giriş yollarını da çeşitlendirmektedir [57]. Mikroplastiklerin gıda zincirine temel giriş yolu su ürünleridir. Bu gıda tüketim ürünleri çeşitlilik göstermektedir. Bunlar balık [58–63], konserve balık ürünleri [64–66], midye [67,68], deniz yosunu [69] ve sofraya tuzuna [70–73] kadar çeşitlilik göstermektedir.



Deniz türlerini inceleyen yayınların %48'inin aksine, tüm yayınların yalnızca %14'ü tatlı sularla ilgilidir [18]. Türkiye'de son yıllarda özellikle deniz ortamında mikroplastik kirliliği üzerine çalışmalar [74–77] yapılmıştır. Tatlı su üzerine yapılan çalışmalar [78–84] balık türleri ve sayıları olarak daha kısıtlıdır. Bu nedenle bu tez çalışmasında; Susurluk, Konya, Küçük Menderes ve Meriç-Ergene Havzalarından seçilen toplam 8 örneklem alanın balık fauna elemanlarından (toplam 406 balık) yapılan mikroplastik varlığı araştırması verilerinin literatürdeki boşluğa katkı sağlaması beklenmektedir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Örneklem Yapılan Alanlar ve Genel Özellikleri

Tez çalışması kapsamında; Susurluk Havzası'ndan Manyas ve Uluabat Gölü, Konya Havzası'ndan Gököl Gölü, Küçük Menderes Havzası'ndan Alaçatı (Kutlu Aktaş), Beydağ Barajı ve Tahtalı Barajı ile Edirne-Meriç Havzası'ndan Gala Gölü ve Karaidemir Barajı'nın balık fauna elemanlarından olan 7 balık türüne ait toplam 406 balık incelenmiştir. İncelenen balıklar, önceki yıllarda yapılan farklı arazi çalışmalarında (TAGEM-15/AR-GE/29 projesi vb.) çeşitli göz açıklığına sahip ağlar kullanılarak yakalanan ve %4'lük formaldehit ile sabitlenmiş, koleksiyon için saklanan balık örnekleridir. Örneklem yerlerinin bulunduğu şehirler harita üzerinde koyu renkli olarak Şekil 3.1'de gösterilmiştir, örneklem tarihleri hakkındaki bilgiler ise Çizelge 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3. 1. Örneklem yapılan göl ve barajların bulunduğu şehirler.

Çizelge 3. 1. Örneklem yerleri ve tarihleri.

Havza	Örneklem Yeri	Şehir	Tarih
Susurluk	Manyas Gölü	Balıkesir	2018
Susurluk	Uluabat Gölü	Bursa	2016 ve 2018
Meriç-Ergene	Gala Gölü	Edirne	2016
Konya	Gökgöl Gölü	Konya	2016
Küçük Menderes	Alaçatı (Kutlu Aktaş) Barajı	İzmir	2014
Küçük Menderes	Beydağ Barajı	İzmir	2014
Küçük Menderes	Tahtalı Barajı	İzmir	2014
Meriç-Ergene	Karaidemir Barajı	Tekirdağ	2016

Manyas Gölü'nü çeşitli su kaynakları beslemektedir, bunlardan en önemlisi Manyas Çayı (Kocaçay) olmakla birlikte Sığırcı Deresi, Mürüvvetler Deresi, Dutlu Deresi ve yeraltı suları da gölü besleyen kaynaklardır. Manyas Çayı, Manyas Gölü'nü besleyen en önemli yüzeysel su kaynağıdır. Manyas Gölü balıkçılık için kullanılmaktadır. Ayrıca gölün kuzeyinde yer alan Kuş Cenneti Milli Parkı rekreasyon amacıyla kullanılmaktadır [85].

Uluabat Gölü, Marmara Denizi'nin güneyinde yer alan sığ ve örtrofik özellikteki tatlı su gölüdür. Önemli Kuş Alanı statüsü kazanan göl, küçük karabatak, alaca balıkçıl ve kaşıkçı kuşları için üreme alanıdır. Kışın gölde, aralarında *Microcarbo pygmeus* (küçük karabatak), *Pelecanus crispus* (tepeli pelikan), *Aythya ferina* (elmabaç patka), *Aythya fuligula* (tepeli patka) ve *Fulica atra* (sakarmekke) türlerinin de gözlenebileceği büyük sayılarda su kuşu bulunmaktadır. Gölde üreyen diğer önemli kuşlar arasında küçük ak balıkçıl ve çeltikçi sayılabilmektedir [86].

Trakya'da, Edirne'nin Enez ve İpsala ilçe sınırlarında kalan Gala Gölü Milli Parkı, içerisinde göl, sulak alan ve orman ekosistemleri ile burayı barınma amaçlı kullanan canlı türlerini barındıran doğal alandır [87].

Gökgöl Gölü, Samsam Gölü'nden çıkan drenaj kanalı ve yeraltı sularıyla beslenmektedir. Gölün fazla suları bir dere yoluyla Tuz Gölü'ne ulaşmaktadır. Gökgöl Gölü, Tuz Gölü'ndeki *Phoenicopterus ruber* (flamingo) kolonileri için önemli bir beslenme alanıdır.

Gökgöl ile Kozanlı Köyü arasındaki otlaklarda ağırlıklı olarak büyükbaş hayvanlar otlatılmaktadır. Kozanlı Belediyesi gölün doğu ucunda bir dinlenme tesisi kurmuştur, diğer alanlarda tahıl ekilmektedir [88].

Alaçatı Barajı (Kutlu Aktaş Barajı), Hırsızdere üzerinde yer alan, içme suyu üretmek amacıyla 1994-1997 yılları arasında inşa edilmiştir [89].

Beydağ Barajı, Küçük Menderes Nehri üzerinde yer alan, sulama amacıyla 1994-2007 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır [90].

Tahtalı Barajı, Tahtalı Çayı üzerinde yer alan, içme suyu sağlama amacı ile 1986-1999 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır [91].

Karaidemir Barajı, Poğça Deresi yer alan, sulama ve taşkın kontrolü amacıyla 1975-1983 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır [92].

### 3.2. İncelenen Balık Türlerinin Genel Özellikleri

İncelenen balık türlerine ait sistematik bilgiler “Zoolojik Entegre Prensipler” [93] ve “Omurgalı Yaşam” [94] adlı kitaplar ile Fishbase [95] den derlenerek aşağıda gösterilmiştir. Ek bilgileri ise Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Phylum: Chordata

Subphylum: Vertebrata

Superclassis: Pisces

Classis: Actinopterygii

Ordo: Cypriniformes

Familia: Cyprinidae

Subfamilia: Cyprininae

Genus: Cyprinus

**Species: Cyprinus carpio (Linnaeus, 1758)**

Genus: Carassius

**Species: Carassius gibelio (Bloch, 1782)**

Familia: Leuciscidae

Subfamilia: Leuciscinae

Genus: Alburnus

Species: Alburnus spp.

Familia: Leuciscidae

Subfamilia: Leuciscinae

Genus: Scardinius

**Species: Scardinius erythrophthalmus (Linnaeus, 1758)**

Familia: Leuciscidae

Subfamilia: Leuciscinae

Genus: Vimba

**Species: Vimba vimba (Linnaeus, 1758)**

Ordo: Gobiiformes

Familia: Gobiidae

Subfamilia: Gobiinae

Genus: Neogobius

**Species: Neogobius fluviatilis (Pallas, 1814)**

Ordo: Perciformes

Familia: Percidae

Subfamilia: Percinae

Genus: Perca

**Species: Perca fluviatilis (Linnaeus, 1758)**

Çizelge 3. 2. İncelenen balık türlerine ait bilgiler [95].

<b>Familiya</b>	<b>Bilimsel ismi</b>	<b>Yaygın ismi</b>	<b>Yaşadığı habitat</b>	<b>Beslenme tipi</b>	<b>Trofik seviye [95]</b>
Cyprinidae	<i>Cyprinus carpio</i> (Linnaeus, 1758)	Common carp- Sazan	Bentopelajik	Omnivor	3.1
Cyprinidae	<i>Carassius gibelio</i> (Bloch, 1782)	Prussian carp- Gümüşi havuz balığı	Bentopelajik	Omnivor	2.5
Leuciscidae	<i>Alburnus</i> spp.	Bleak	Bentopelajik	Omnivor	2.7
Leuciscidae	<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Linnaeus, 1758)	Rudd- Kızılkant	Bentopelajik	Omnivor	2.9
Leuciscidae	<i>Vimba vimba</i> (Linnaeus, 1758)	Vimba bream- Eğrez balığı	Bentopelajik	Invertivor	3.3
Gobiidae	<i>Neogobius fluviatilis</i> (Pallas, 1814)	Monkey goby- Kaya balığı	Bentopelajik	Invertivor	3.4
Percidae	<i>Perca fluviatilis</i> (Linnaeus, 1758)	European perch- Tatlı su levreği	Demersal	Piscivor	4.4

### 3.3. Laboratuvar Analizleri

Laboratuvarda yapılan analizlerde, Avrupa Komisyonu'nun mikroplastik numunelerin işlenmesine ilişkin yönergelerine uyulmuştur [96]. Ayrıca yapılan çalışmalardaki öneriler de dikkate alınmıştır [97].

Tür teşhisi yapıldıktan sonra her bir örneğin toplam, çatal, standart boyu ve vücut ağırlığı ölçülmüştür. Daha sonra anüsten özofagusu kadar kesilerek sindirim sistemi çıkarıldıktan sonra sindirim kanalı ağırlığı ölçülmüştür.

Her bir balık örneğinin sindirim kanalı içerikleri ayrı petri kabına aktarıldıktan sonra üzerine 30 ml %35'lik hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) eklenmiştir. Oda sıcaklığında beş gün beklenerek organik kalıntıların yıkımı sağlanmıştır. Organik materyalden arındırılan petri kabının içeriği, 26 mikrometre göz açıklığına sahip filtre kâğıdı kullanılarak membran filtrasyon setiyle süzölmüştür. Süzölen örnekler görsel olarak incelenmek için kurumaya bırakılmıştır.

Filtrelenen içerik Leica DFC320 dijital mikroskop kamera ile donatılmış bir Leica MZ6 stereo mikroskop kullanılarak görsel olarak, saptanabilen renge (mavi, kırmızı, yeşil vb.) ve materyal cinsine (fiber vb.) göre, ince uçlu bir pens yardımıyla örneklerin plastik parçaları ayıklanıp, başka bir temiz petri içindeki GF/C filtre kâğıdına aktarılmıştır. Aktarılan plastiklerin her birinin fotoğrafları çekilmiştir. Daha sonra mikroplastiklerin boy uzunlukları ImageJ (<https://imagej.nih.gov/ij/>) programı kullanılarak ölçölmüştür.

Laboratuvar analizlerinde ortamdan kaynaklanabilecek kontaminasyonu önlemek için, işlemin her aşamasında temiz pamuklu laboratuvar önlüğü ve tek kullanımlık eldivenler kullanılmıştır. Diseksiyon materyalleri ve tüm çalışma yüzeyleri %70'lik etanol ile temizlemiştir. Ayrıca kontaminasyon kontrolü için saf su içeren petri kabı kullanılmış, kontrol petri kabı, filtrelemeden sonra mikroplastiklerin varlığı açısından analiz edilmiştir.

### 3.4. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrometresi (FTIR) Analizleri

En yaygın kızılötesi spektroskopi biçimi olan FTIR, "Fourier dönüşümlü kızılötesi" anlamına gelmektedir. Tüm kızılötesi spektroskopiler, kızılötesi (IR) radyasyon bir numuneden geçtiğinde radyasyonun bir kısmının emildiği prensibine göre hareket etmektedir. Numuneden geçen radyasyon kaydedilmektedir. Farklı yapıları ile farklı

moleküller farklı spektrumlar ürettikleri için, spektrumlar molekülleri tanımlamak ve ayırt etmek için kullanılabilir. FTIR, numuneyi yok etmemektedir, eski tekniklerden önemli ölçüde daha hızlıdır, çok daha hassas ve kesin olması nedenleriyle tercih edilen kızılötesi spektroskopisi yöntemidir [98].

Mikroplastiklerin (MP) analizi için mevcut yöntemler arasında, Fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopisi, parçacıkların kimyasal olarak tanımlanmasına veya başka bir ifadeyle parçacık tipinin belirlenmesine izin veren en sık kullanılan yöntemdir [99].

Çalışma boyunca balık türlerinin sindirim kanalından toplanan mikroplastik parçacıkların plastik polimerler olup olmadığını doğrulamak için rastgele seçilen altı örnekten üç tanesi (boyut nedeniyle üç tanesi çalışılmamıştır) Thermo Fisher, Nicolet is50 ile analiz edilmiştir. Polimer tipi, absorpsiyon spektrumlarının farklı referans kitaplıklarıyla ve açık kaynak kitaplıklarıyla karşılaştırılmasıyla belirlenmiştir.

### **3.5. Veri Analizi**

Tüm istatistiksel analizler, IBM-SPSS (International Business Machines-Software Package for Social Sciences) İstatistikleri, Sürüm 23,0 (Armonk, New York) kullanılarak yapıldı. Veriler frekans tabloları ve tanımlayıcı istatistiklerle özetlenmiştir. Verilerin normalliği Kolmogorov-Smirnov testi ile analiz edildi ve bu dağılım bozukluğuna bağlı olarak parametrik olmayan istatistiksel analizler kullanıldı. Balık kantitatif ölçümleri açısından iki ve ikiden fazla grubun karşılaştırılmasında sırasıyla Mann-Whitney U ve Kruskal-Wallis testleri kullanıldı. MP yoğunluğu ile balık özellikleri arasındaki ilişkiyi analiz etmek için bir Poisson regresyon analizi yapıldı. MP yoğunluğu ve balık özellikleri arasındaki ilişkiler de Spearman'ın Rho korelasyon katsayısı ile analiz edildi. Anlamlılık düzeyi 0,05 olarak ayarlandı.



#### 4. BULGULAR

Sunulan tez çalışması kapsamında Manyas Gölü, Uluabat Gölü, Gala Gölü, Gököl Gölü, Alaçatı Barajı, Beydağ Barajı, Tahtalı Barajı ve Karaidemir Barajı balık faunasından incelenen balık türlerine ait metrik ve mikroplastik bilgileri detaylı olarak ilgili başlıklar altında ayrı ayrı sunulmuştur.

Her türün ortalama total boy uzunluğu (TB- cm), standart boy uzunluğu (SB- cm), minimum ve maksimum total boy uzunluğu (cm), ortalama vücut ağırlığı (g), ortalama sindirim kanalı ağırlığı (gastrointestinal sistem, GIT- g) ve mikroplastik (MP) verileri standart sapma (SS) değerleri ile sunulmuştur.

#### 4.1. Manyas Gölü

Manyas Gölü balık türlerinden toplam 63 örnekte *Alburnus spp.*, *V. vimba* ve *N. fluviatilis* türlerinin sindirim kanalı mikroplastik varlığı açısından incelenmiştir. En fazla mikroplastik 22 tane fiber mikroplastik olarak *N. fluviatilis* türünde bulunmuştur. Manyas Gölünde yapılan çalışmaya ait detaylar Çizelge 4.1.'de özetlenerek verilmiştir.

Çizelge 4. 1. Manyas Gölü balık türlerinden incelenen balık örneklerinin metrik bilgileri ve sindirim kanalında mikroplastik durumu.

	<i>Alburnus spp.</i>	<i>V. vimba</i>	<i>N. fluviatilis</i>
	N	N	N
	Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS
<b>İncelenen balık sayısı</b>	19	14	30
<b>Ortalama TB (ve SB) uzunluğu (cm)</b>	10,61±1,77 (8,42±1,40)	8,72±1,04 (6,76±0,74)	9,86±2,08 (8,10±1,75)
<b>Minimum ve maksimum TB uzunluğu (cm)</b>	6,7-14,3	7,2-10,6	6,9-15,6
<b>Ortalama vücut ağırlığı (g)</b>	9,15±4,79	5,69±2,23	11,57±10,89
<b>Ortalama GIT ağırlık (g)</b>	0,46±0,24	0,3±0,10	0,31±0,23
<b>Optik analizle bulunan MP sayısı</b>	18	10	22
<b>Ortalama MP boy uzunluğu (mm)</b>	1,03±0,89	1,17±1,20	1,19±0,99
<b>Minimum ve maksimum MP boy uzunluğu (mm)</b>	0,18-3,54	0,1-4,22	0,18-4,20
<b>MP içermeyen balık sayısı</b>	7	7	14

## 4.2. Uluabat Gölü

Uluabat Gölü balık türlerinden 2016 yılı örneklemesine ait toplam 60 örnekte *Alburnus* spp. ve *V. vimba* türlerinin sindirim kanalı mikroplastik varlığı açısından incelenmiştir. En fazla mikroplastik 35 tane fiber mikroplastik olarak *V. vimba* türünde bulunmuştur.

Çalışmada 2018 yılı örneklemesine ait toplam 58 örnekte *V. vimba* ve *N. fluviatilis* türlerinin sindirim kanalı mikroplastik varlığı açısından incelenmiştir. En fazla mikroplastik 68 tane fiber mikroplastik olarak *V. vimba* türünde bulunmuştur.

Analiz sonucunda değişen yıllarda yakalanan balık örneklerindeki mikroplastik miktarının arttığı, en çok mikroplastik içeren türün değişmediği tespit edilmiştir. Uluabat Gölünde yapılan çalışmaya ait detaylar Çizelge 4.2.'de özetlenerek verilmiştir.

Çizelge 4. 2. Uluabat Gölü balık türlerinden incelenen balık örneklerinin metrik bilgileri ve sindirim kanalında mikroplastik durumu.

	<i>Alburnus spp.</i>	<i>V. vimba</i>	<i>N. fluviatilis</i>
	N	N	N
	Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS
<b>İncelenen balık sayısı</b>	30 <sup>a</sup>	30 <sup>a</sup> / 32 <sup>b</sup>	26 <sup>b</sup>
<b>Ortalama TB (ve SB) uzunluğu (cm)</b>	9,13±0,96 <sup>a</sup> (7,35±0,70) <sup>a</sup>	11,72±3,98 <sup>a</sup> 11,56±1,95 <sup>b</sup> (9,45±3,31) <sup>a</sup> (9,91±1,69) <sup>b</sup>	10,78±1,91 <sup>b</sup> (8,82±1,53) <sup>b</sup>
<b>Minimum ve maksimum TB uzunluğu (cm)</b>	7,3-10,7 <sup>a</sup>	7,9-20,2 <sup>a</sup> 8,1-16,3 <sup>b</sup>	8,0-14,9 <sup>b</sup>
<b>Ortalama vücut ağırlığı (g)</b>	5,17±1,65 <sup>a</sup>	15,92±16,71 <sup>a</sup> 16,05±9,31 <sup>b</sup>	16,16±11,19 <sup>b</sup>
<b>Ortalama GIT ağırlık (g)</b>	0,26±0,09 <sup>a</sup>	0,7±0,72 <sup>a</sup> 0,84±0,61 <sup>b</sup>	0,30±0,24 <sup>b</sup>
<b>Optik analizle bulunan MP sayısı</b>	23 <sup>a</sup>	35 <sup>a</sup> / 68 <sup>b</sup>	24 <sup>b</sup>
<b>Ortalama MP boy uzunluğu (mm)</b>	1,24±0,66 <sup>a</sup>	1,09±0,53 <sup>a</sup> 1,12±0,71 <sup>b</sup>	1,30±0,97 <sup>b</sup>
<b>Minimum ve maksimum MP boy uzunluğu (mm)</b>	0,33-2,68 <sup>a</sup>	0,42-2,85 <sup>a</sup> 0,2-3,19 <sup>b</sup>	0,28-4,38 <sup>b</sup>
<b>MP içermeyen balık sayısı</b>	17 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup> / 2 <sup>b</sup>	10 <sup>b</sup>

\*: a ile gösterilen değerler 2016 yılında yakalanan balık örneklerine, b ile gösterilen değerler 2018 yılında yakalanan balık örneklerine aittir.

### 4.3. Gala Gölü

Gala Gölü balık türlerinden toplam 30 örnekte *S. erythrophthalmus* türünün sindirim kanalı mikroplastik varlığı açısından incelenmiştir. Toplam 61 tane fiber mikroplastik bulunmuştur. Gala Gölünde yapılan çalışmaya ait detaylar Çizelge 4.3.'te özetlenerek verilmiştir.

Çizelge 4. 3. Gala Gölü balık türlerinden incelenen balık örneklerinin metrik bilgileri ve sindirim kanalında mikroplastik durumu.

	<i>S. erythrophthalmus</i>
	N
	Ort±SS
<b>İncelenen balık sayısı</b>	30
<b>Ortalama TB (ve SB) uzunluğu (cm)</b>	17,69±4,08 (14,11±3,27)
<b>Minimum ve maksimum TB uzunluğu (cm)</b>	13-27
<b>Ortalama vücut ağırlığı (g)</b>	79,10±66,78
<b>Ortalama GIT ağırlık (g)</b>	2,78±2,54
<b>Optik analizle bulunan MP sayısı</b>	61
<b>Ortalama MP boy uzunluğu (mm)</b>	0,94±0,79
<b>Minimum ve maksimum MP boy uzunluğu (mm)</b>	0,14-3,75
<b>MP içermeyen balık sayısı</b>	5

#### 4.4. Gökgöl Gölü

Gökgöl Gölü balık türlerinden toplam 21 örnekte *C. carpio* ve *C. gibelio* türlerinin sindirim kanalı mikroplastik varlığı açısından incelenmiştir. En fazla mikroplastik 21 tane fiber mikroplastik olarak *C. gibelio* türünde bulunmuştur. Gökgöl Gölünde yapılan çalışmaya ait detaylar Çizelge 4.4.'te özetlenerek verilmiştir.

Çizelge 4. 4. Gökgöl Gölü balık türlerinden incelenen balık örneklerinin metrik bilgileri ve sindirim kanalında mikroplastik durumu.

	<i>C. carpio</i>	<i>C. gibelio</i>
	N	N
	Ort±SS	Ort±SS
<b>İncelenen balık sayısı</b>	11	10
<b>Ortalama TB (ve SB) uzunluğu (cm)</b>	23,45±2,00 (18,72±1,63)	14,12±3,09 (10,97±2,56)
<b>Minimum ve maksimum TB uzunluğu (cm)</b>	20,6-26,5	7,8-18,4
<b>Ortalama vücut ağırlığı (g)</b>	186,92±44,34	57,99±28,86
<b>Ortalama GIT ağırlık (g)</b>	8,05±1,40	4,07±2,38
<b>Optik analizle bulunan MP sayısı</b>	20	21
<b>Ortalama MP boy uzunluğu (mm)</b>	1,13±0,70	1,01±0,57
<b>Minimum ve maksimum MP boy uzunluğu (mm)</b>	0,19-2,62	0,26-2,13
<b>MP içermeyen balık sayısı</b>	1	0

#### 4.5. Alaçatı Barajı

Alaçatı Barajı balık türlerinden toplam 23 örnekte *C. carpio* ve *C. gibelio* türlerinin sindirim kanalı mikroplastik varlığı açısından incelenmiştir. Toplam 21 tane *C. carpio* türünün 16 tanesinin sindirim kanalından 23 adet fiber mikroplastik bulunmuştur. Alaçatı Barajında yapılan çalışmaya ait detaylar Çizelge 4.5.'te özetlenerek verilmiştir.

Çizelge 4. 5. Alaçatı Barajı balık türlerinden incelenen balık örneklerinin metrik bilgileri ve sindirim kanalında mikroplastik durumu.

	<i>C. carpio</i>	<i>C. gibelio</i>
	N	N
	Ort±SS	Ort±SS
<b>İncelenen balık sayısı</b>	21	2
<b>Ortalama TB (ve SB) uzunluğu (cm)</b>	10,88±3,09 (8,33±2,43)	16,75±6,01 (13,2±5,23)
<b>Minimum ve maksimum TB uzunluğu (cm)</b>	6,5-15,9	12,5-21
<b>Ortalama vücut ağırlığı (g)</b>	23,23±18,77	87,5±89,80
<b>Ortalama GIT ağırlık (g)</b>	1,72±1,31	3,1±3,11
<b>Optik analizle bulunan MP sayısı</b>	23	4
<b>Ortalama MP boy uzunluğu (mm)</b>	1,63±1,00	1,48±1,15
<b>Minimum ve maksimum MP boy uzunluğu (mm)</b>	0,38-4,03	0,4-2,75
<b>MP içermeyen balık sayısı</b>	5	1

#### 4.6. Beydağ Barajı

Beydağ Barajı balık türlerinden toplam 60 örnekte *C. gibelio* ve *P. fluviatilis* türlerinin sindirim kanalı mikroplastik varlığı açısından incelenmiştir. *C. gibelio* türünün 28 tanesinin sindirim kanalından toplam 60 adet fiber mikroplastik bulunmuştur. Beydağ Barajında yapılan çalışmaya ait detaylar Çizelge 4.6.'da özetlenerek verilmiştir.

Çizelge 4. 6. Beydağ Barajı balık türlerinden incelenen balık örneklerinin metrik bilgileri ve sindirim kanalında mikroplastik durumu.

	<i>C. gibelio</i>	<i>P. fluviatilis</i>
	N	N
	Ort±SS	Ort±SS
<b>İncelenen balık sayısı</b>	32	28
<b>Ortalama TB (ve SB) uzunluğu (cm)</b>	14,71±2,74 (11,36±2,20)	10,13±3,04 (8,31±2,62)
<b>Minimum ve maksimum TB uzunluğu (cm)</b>	9,6-19,7	7,8-21,6
<b>Ortalama vücut ağırlığı (g)</b>	55,81±34,49	17,97±31,28
<b>Ortalama GIT ağırlık (g)</b>	1,97±0,81	0,53±0,56
<b>Optik analizle bulunan MP sayısı</b>	60	49
<b>Ortalama MP boy uzunluğu (mm)</b>	1,19±0,86	1,36±0,95
<b>Minimum ve maksimum MP boy uzunluğu (mm)</b>	0,22-4,5	0,15-4,8
<b>MP içermeyen balık sayısı</b>	4	9



#### 4.7. Tahtalı Barajı

Beydağ Barajı balık türlerinden toplam 44 örnekte *C. carpio*, *C. gibelio* ve *P. fluviatilis* türlerinin sindirim kanalı mikroplastik varlığı açısından incelenmiştir. *P. fluviatilis* türünün sindirim kanalından toplam 62 adet fiber mikroplastik bulunmuştur. Tahtalı Barajında yapılan çalışmaya ait detaylar Çizelge 4.7.'de özetlenmiştir.

Çizelge 4. 7. Tahtalı Barajı balık türlerinden incelenen balık örneklerinin metrik bilgileri ve sindirim kanalında mikroplastik durumu.

	<i>C. carpio</i>	<i>C. gibelio</i>	<i>P. fluviatilis</i>
	N	N	N
	Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS
<b>İncelenen balık sayısı</b>	1	13	30
<b>Ortalama TB (ve SB) uzunluğu (cm)</b>		17,23±3,28 (13,80±2,55)	13,00±3,22 (10,88±2,74)
<b>Minimum ve maksimum TB uzunluğu (cm)</b>		14,0-23,5	8,7-21,9
<b>Ortalama vücut ağırlığı (g)</b>		110,79±76,89	32,27±31,10
<b>Ortalama GIT ağırlık (g)</b>		2,63±1,77	1,08±0,89
<b>Optik analizle bulunan MP sayısı</b>	0	21	62
<b>Ortalama MP boy uzunluğu (mm)</b>		1,51±0,91	1,43±0,94
<b>Minimum ve maksimum MP boy uzunluğu (mm)</b>		0,29-3,92	0,27-4,85
<b>MP içermeyen balık sayısı</b>	1	5	4

#### 4.8. Karaidemir Barajı

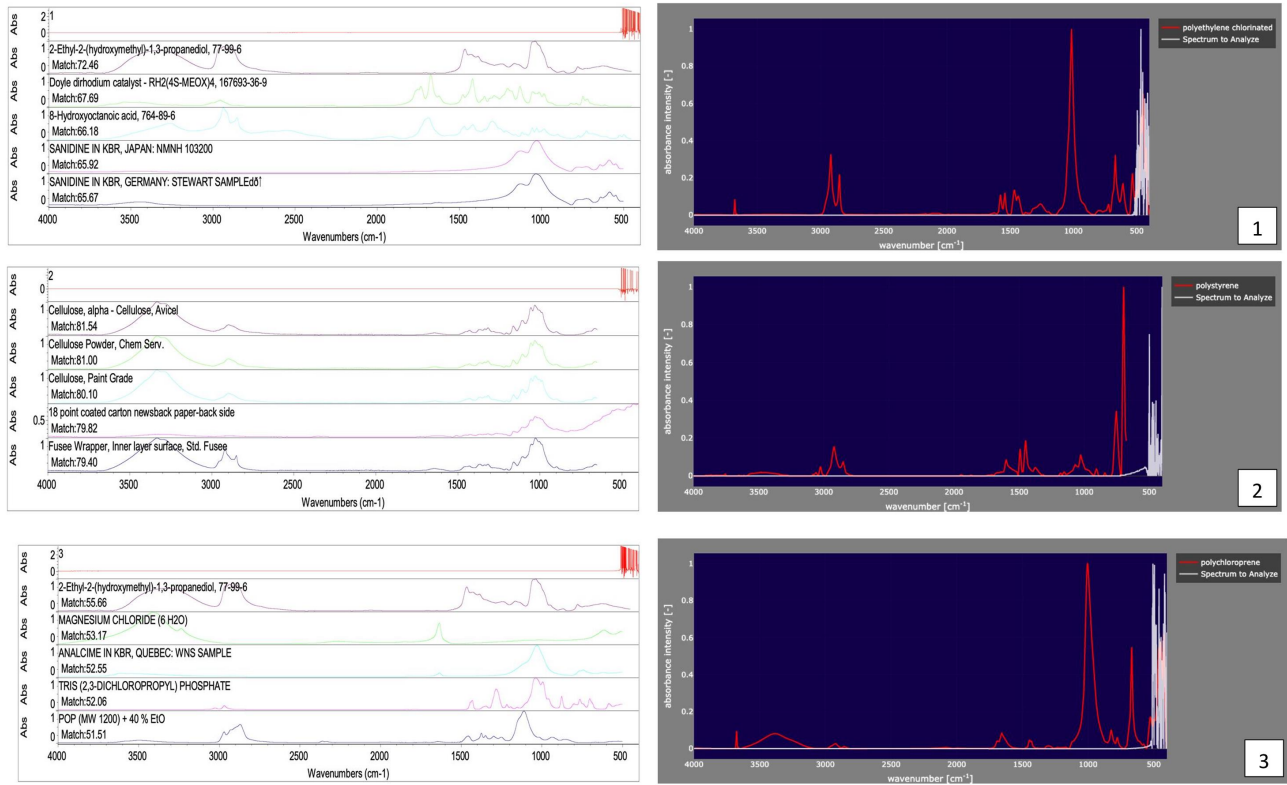
Karaidemir Barajı balık türlerinden toplam 47 örnekte *C. gibelio*, *Alburnus spp.*, *V. Vimba* ve *P. fluviatilis* türlerinin sindirim kanalı mikroplastik varlığı açısından incelenmiştir. *Alburnus spp.* sindirim kanalında toplam 31 adet fiber mikroplastik bulunmuştur. Barajda yapılan çalışmaya ait detaylar Çizelge 4.8.'de özetlenerek verilmiştir.

Çizelge 4. 8. Karaidemir Barajı balık türlerinden incelenen balık örneklerinin metrik bilgileri ve sindirim kanalında mikroplastik durumu.

	<i>C. gibelio</i>	<i>Alburnus spp.</i>	<i>V. vimba</i>	<i>P. fluviatilis</i>
	N	N	N	N
	Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS
<b>İncelenen balık sayısı</b>	10	14	8	15
<b>Ortalama TB (ve SB) uzunluğu (cm)</b>	20,07±4,60 (16,05±3,70)	12,12±1,55 (9,75±1,25)	12,62±2,23 (9,93±1,73)	10,27±4,00 (8,60±3,43)
<b>Minimum ve maksimum TB uzunluğu (cm)</b>	14-26,2	10,5-15	10,3-15,7	6,4-16,2
<b>Ortalama vücut ağırlığı (g)</b>	122,03±97,91	12,49±4,95	18,35±11,02	18,71±20,07
<b>Ortalama GIT ağırlık (g)</b>	3,3±2,37	0,40±0,18	0,71±0,48	1,00±1,36
<b>Optik analizle bulunan MP sayısı</b>	21	31	15	22
<b>Ortalama MP boy uzunluğu (mm)</b>	1,70±1,02	1,34±1,05	1,03±0,48	1,04±0,48
<b>Minimum ve maksimum MP boy uzunluğu (mm)</b>	0,32-4,08	0,22-4,6	0,45-1,92	0,48-2,18
<b>MP içermeyen balık sayısı</b>	1	4	1	6

#### 4.9. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrometresi (FTIR)

Seçilen 3 fiber parça örneklerinin FTIR çalışmasından elde edilen absorbans sonuçları cihaz kütüphanesi ve açık kod kaynak olan Open Specy ([www.openspecy.org](http://www.openspecy.org)) ile karşılaştırılmıştır. Farklı kütüphane aramalarında değişen eşleşmeler bulunmuştur, bunlar Şekil 4.1.'de gösterilmiştir. Open Specy Kütüphanesine göre birinci örnek klorlanmış polietilen (polyethylene chlorinated), ikinci örnek polistiren (polystyrene) ve üçüncü örnek neopren (polychloroprene- neoprene) ile eşleşmiştir.

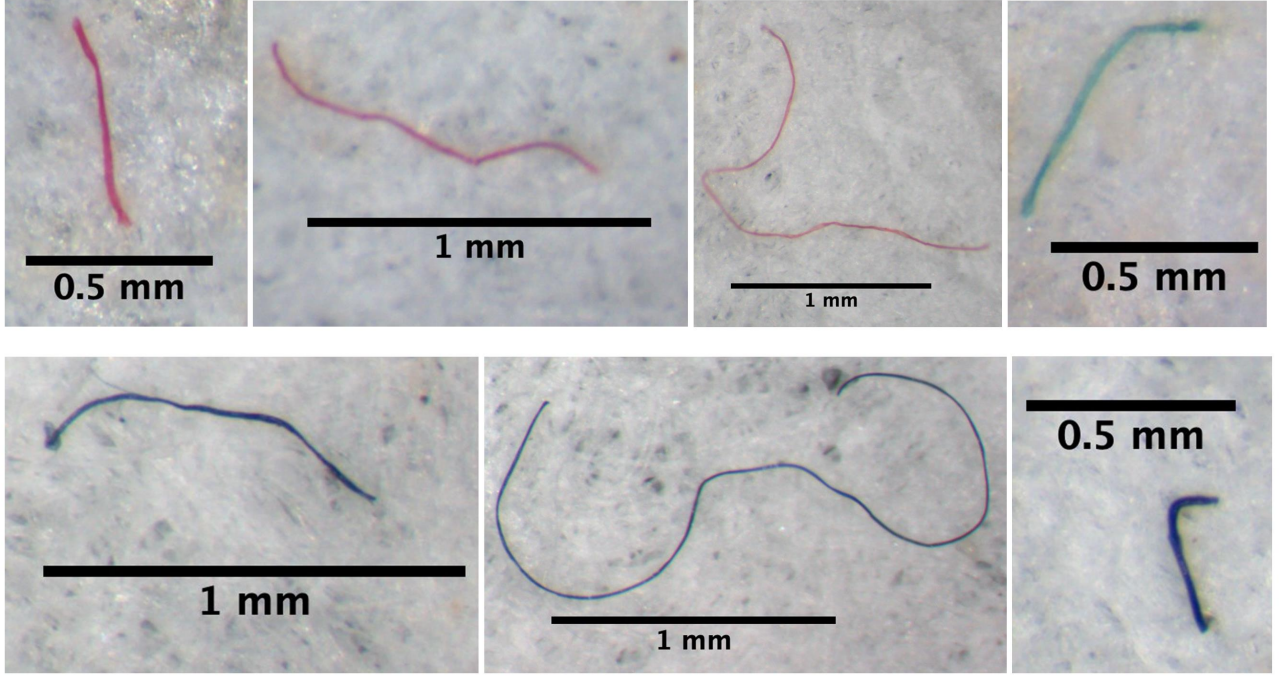


Şekil 4. 1. FTIR analiz sonuçları.

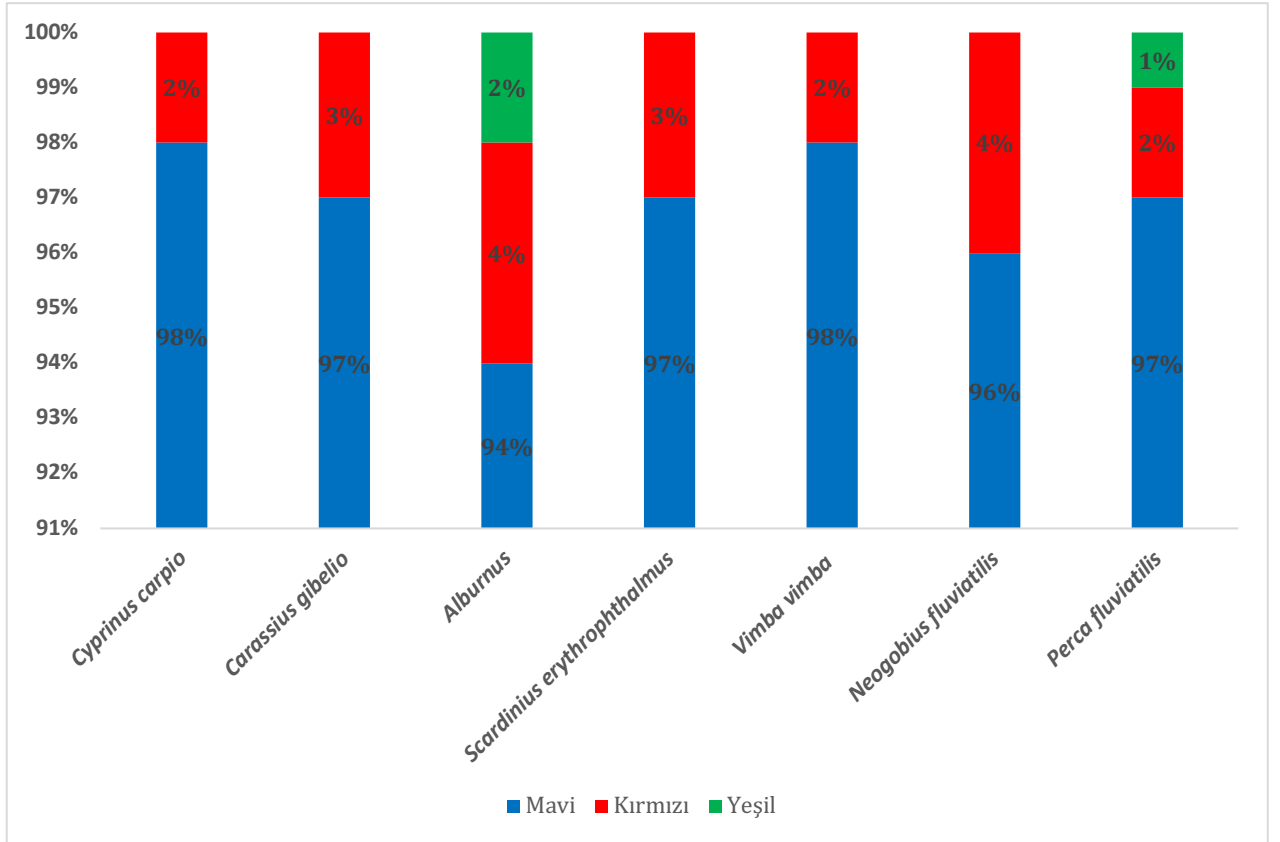
Çalışmada bulunan fiber mikroplastiklere ait görseller Şekil 4.2’de gösterilmiştir, balık örneklerindeki renk dağılımı Şekil 4.3.’te gösterilmiştir. Boyut olarak, bu çalışmada en küçük plastik boyutu *Vimba vimba* türünde (0,10 mm) ve en büyük plastik boyutu *Perca fluviatilis* türünde (4,85 mm) ölçülmüştür. Balık örneklerindeki boyut dağılımı Çizelge 4.9.’da gösterilmiştir. Ortalama MP uzunluk boyutu açısından türler arasındaki fark Kruskal-Wallis testi ile analiz edildi. Test sonuçları, türlerin MP uzunluk büyüklüğü üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğunu gösterdi ( $p<0.05$ ). İkili karşılaştırmalara göre, *S. erythrophthalmus* için ortalama MP uzunluk boyutu, *P. fluviatilis*, *C. carpio* ve *C. gibelio* gibi diğer türlerin çoğundan daha küçük bulunmuştur. Analiz edilen balıklar, habitat ve beslenme özellikleri olarak üç kategoriye ayrılmıştır. Bentopelajik ve omnivor, bentopelajik ve invertivor ile demersal ve piscivor. Uluabat Gölü’nde 2018 yılında yapılan örneklemede en fazla mikroplastik bentopelajik ve invertivor grubu balıklarda bulunmuştur. İncelenen balık örneklerinin su içerisinde bulunduğu pozisyon ve beslenme tipine göre sindirim kanalında bulunan mikroplastik durumu Çizelge 4.10.’da verilmiştir.

Beslenme ve yaşadığı habitatın MP ölçümleri üzerindeki etkileri sırasıyla Kruskal-Wallis ve Mann-Whitney U testleri ile analiz edildi. MP sayısı açısından üç farklı besleme özelliği arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p<0.05$ ). Piscivorda MP sayısı invertivora göre daha yüksek bulundu. Benzer şekilde MP sayısı bakımından da iki habitat arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Demersal habitatındaki MP sayısı bentopelajik habitatından daha yüksek bulunmuştur. MP uzunluk boyutu için beslenme ve yaşama ortamının etkisi istatistiksel olarak anlamsız bulundu ( $p>0.05$ ), Çizelge 4.11.’de verilmiştir.

Balık özelliklerinin MP yoğunluğu üzerindeki etkilerini incelemek için bir Poisson regresyon analizi yapıldı. Balık boyunun MP sayısına etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $\beta=0,110$ ,  $p=0,000$ ). Spearman's Rho katsayısına göre MP sayısı ile uzunluk arasındaki korelasyon 0,34 ( $p=0,000$ ) olarak bulundu, Şekil 4.4.’te gösterilmiştir.



Şekil 4. 2. Çalışma sonucunda bulunan mikroplastik örnekleri.



Şekil 4. 3. İncelenen balık örneklerinden elde edilen mikroplastiklerin renk dağılımı.

Çizelge 4. 9. İncelenen balık örneklerinin sindirim kanalında bulunan mikroplastiklerin boy ölçüm değerleri.

	<i>C. carpio</i>	<i>C. gibelio</i>	<i>Alburnus spp.</i>	<i>S. erythrophthalmus</i>	<i>V. vimba</i>	<i>P. fluviatilis</i>	<i>N. fluviatilis</i>
<b>MP uzunluk boyutu (mm) (Ortalama ± SS)</b>	1,40±0,90	1,32±0,88	1,23±0,90	0,94±0,79	1,11±0,69	1,34±0,89	1,25±0,97
<b>Minimum ve maksimum MP uzunluk boyutu (mm)</b>	0,19-4,03	0,22-4,5	0,18-4,6	0,14-3,75	0,10-4,22	0,15-4,85	0,18-4,38

Çizelge 4. 10. İncelenen balık örneklerinin su içerisinde bulunduğu pozisyon ve beslenme tipine göre sindirim kanalında bulunan mikroplastik durumu.

	Manyas Gölü	Uluabat Gölü (2016)	Uluabat Gölü (2018)	Gala Gölü	Gökgöl Gölü	Alaçatı Barajı	Beydağ Barajı	Tahtalı Barajı	Karaidemir Barajı
<b>Bentopelajik ve omnivor</b>	Balık n: 19 MP n: 18	Balık n: 30 MP n: 23		Balık n: 30 MP n: 61	Balık n: 21 MP n: 41	Balık n: 23 MP n: 27	Balık n: 32 MP n: 60	Balık n: 14 MP n: 21	Balık n: 24 MP n: 52
<b>Bentopelajik ve invertivor</b>	Balık n: 44 MP n: 32	Balık n: 30 MP n: 35	Balık n: 58 MP n: 92						Balık n: 8 MP n: 15
<b>Demersal ve piscivor</b>							Balık n: 28 MP n: 49	Balık n: 30 MP n: 62	Balık n: 15 MP n: 22

Çizelge 4. 11. İncelenen balıkların beslenme tipi ve su içerisinde bulunduğu pozisyonun MP sayısı ve MP uzunluk büyüklüğü açısından karşılaştırılması

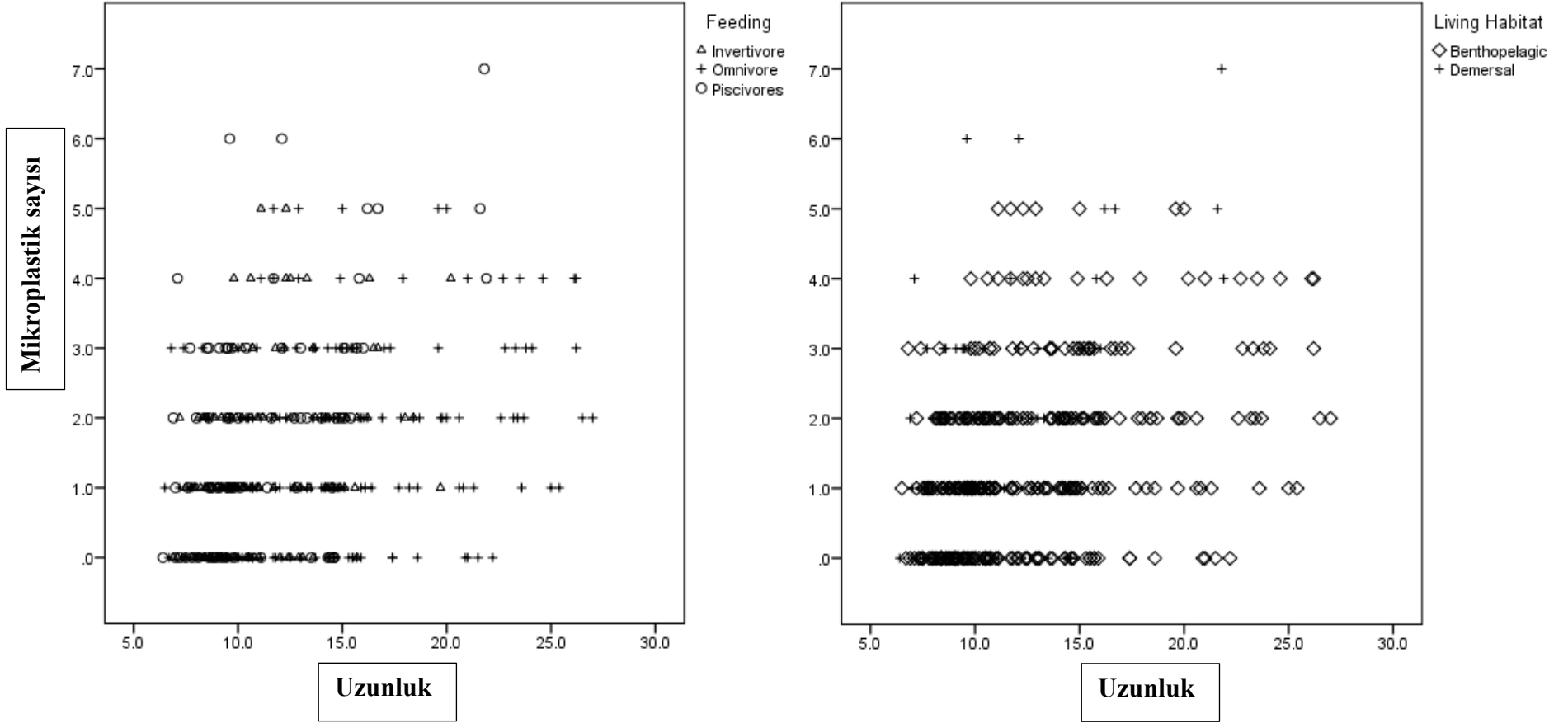
		MP sayısı	p-değeri	MP uzunluk boyutu	p-değeri
		(Ortalama ± SS)		(mm)	
				(Ortalama ± SS)	
<b>Beslenme tipi</b>	<b>Invertivor</b>	1,81 ± 1,02		1,19 ± 0,77	
	<b>Omnivor</b>	2,10 ± 1,08	<sup>a</sup> 0,003*	1,23 ± 0,69	<sup>a</sup> 0,189
	<b>Piscivor</b>	2,54 ± 1,46		1,38 ± 0,73	
<b>Yaşadığı habitat</b>	<b>Bentopelajik</b>	1,98 ± 1,06		1,21 ± 0,72	
	<b>Demersal</b>	2,54 ± 1,46	<sup>b</sup> 0,009*	1,38 ± 0,73	<sup>b</sup> 0,081

<sup>a</sup> Kruskal-Wallis testi

<sup>b</sup> Mann-Whitney U testi

\* 0,05 düzeyinde anlamlı





Şekil 4. 4. Balık özelliklerinin MP yoğunluğu üzerindeki etkilerini gösteren bir Poisson regresyon analizi.

## 5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çeşitli ürünlerin üretiminde farklı türde plastikler kullanılmaktadır. Bireysel monomerler polimerize edilerek bu ürünler için polimerin omurgasını oluşturmaktadır. Bu işlemler sırasında, başlatıcı ve katalizör olarak çeşitli çözücüler ve diğer kimyasallar kullanılmaktadır. Ayrıca, ürün gereksinimlerine göre plastiğe esneklik, mukavemet ve renk gibi belirli özellikler kazandırmak için alev geciktiriciler, stabilizatörler, pigmentler ve dolgu maddeleri gibi çeşitli katkı maddeleri üretim sürecine dahil edilmektedir. Bu kimyasallar, ürünün üretimi, kullanımı veya imhası sırasında yaşam döngülerinin herhangi bir aşamasında çevreye salınabilir [100].

Yetersiz atık yönetiminin bir sonucu olarak tatlı su yaşam alanlarına mikroplastik kirliliği girmiştir [101]. Plastikler, MP'ler olarak da bilinen daha küçük parçacıklara ayrıldıktan ve çevreye dağıldıktan sonra, bunların ekosistemin herhangi bir bölümünden çıkarılması yorucu bir iştir. MP'ler çoğunlukla insan faaliyetlerinin bir sonucu olarak sucul habitatlara girerler ve dağılımları oldukça çeşitlidir. İnsan nüfusu yoğunluğundaki artışın ve MP'lerin bolluğunun, su habitatlarında biriken plastik atıkların artmasına katkıda bulunabilecek pozitif bir ilişkiye sahip olduğu gösterilmiştir [102].

Tatlı sular çok sayıda mikroplastik lif ve parçacık biriktirmekle birlikte, bunları tespit etmek için deniz sularından daha az sayıda çalışma yapılmıştır. Yoğun yerleşim alanlarının yakınında bulunan ve mikroplastik miktarının daha yüksek olduğu bazı tatlı su gölleri ve nehirleri vardır. Tatlı su ekosistemlerinde mikroplastik üzerine yapılan çalışmalar, nispeten küçük örneklem boyutları ile karakterize edilmiştir [103].

Hem balıkçılıkta hem de su ürünleri yetiştiriciliğinde plastikler önemli bileşenlerdir. Ağlar, olta takımları, troller, taraklar, kancalar ve oltalar, balık ambarlarının izolasyonu, balık kasaları ve paketleme malzemeleri gibi birçok araç bu iki endüstride de kullanılmaktadır. Endüstrilerin gelişmesiyle birlikte, bu aletlerin çoğu sentetik veya yarı sentetik plastik malzemelerden yapılmıştır [24]. Sentetik liflerin, eski geleneksel aletlere kıyasla daha fazla güç ve dayanıklılık sunmaları ve ayrıca aletlerin toplam ağırlığını büyük ölçüde azaltmaları nedeniyle doğal lifli halatlardan daha faydalı olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte, sentetik ekipman türlerinin sağladığı faydalara ek olarak, konunun diğer tarafı, bu ekipman eskidiğinde ve yok edildiğinde, plastik bileşenlerin MP'ler ve NP'ler oluşturmak için ayrıştıkları suya hemen girmesidir [104,105].

Son saha araştırmaları, liflerin kutup buzullarında bile uzak yerler dahil olmak üzere çeşitli habitatlarda belirgin bir MP tipi olduğunu belirlemiştir [106]. Tekstil mikro elyafları, başlıca MP elyaf kaynaklarından biridir. Bu lifler, kullanım ömrünün her aşamasında, özellikle çamaşır yıkama sırasında tekstil ürününden ayrılmaktadır. Sadece yıkama sırasında değil, bezlerin normal kullanımı sırasında da liflerin parçalanması meydana gelmektedir. Bir grup araştırmacı, bilinçli olarak pamuktan oluşan kırmızı tulumlar giyerek göl tortusu, kar ve buzdan numune alarak bu yönü incelemiştir, ve yukarıda bahsedilen numunelerde tespit edilen tüm lifler numune alma kıyafetlerinden kaynaklanmaktadır [107,108].

Su sistemindeki MP'lerin ve NP'lerin sayısı arttıka, MP'lerin ve NP'lerin besin ağlarına dahil edilmesine ilişkin endişeler artmıştır. Polimerlerin veya plastiklerin etkisi, su ortamındaki besin ağının en alt seviyesinden başlamaktadır. MP'ler, plankton ve diğer organik gıda maddelerinin taneleri ile aynı boyuttur ve çeşitli beslenme stratejileri ile çeşitli organizmalar tarafından tüketilmelerine izin verir [109].

Çoğu balık türü, besin ağı karmaşıklığını artıran bentik kaynakları kullanmaktadır. Ayrıca, kıyı bölgeleri hem insan faaliyetlerinden daha olumsuz etkilenir hem de açık deniz sularına göre daha az yoğun olarak çalışılmaktadır [110]. Birçoğu düşük trofik seviyede yer alan bentik toplayıcılar tarafından yutulan plastik, belki de yerleşmiş plastik artıkları kıyı, nektonik ve pelajik besin ağlarına yeniden sokmanın bir yolu olabilmektedir [111]. Üst-orta tabakada yaşayan herbivor ve filtreyle beslenen balıklar bu nedenle tortudan besin almazlar ve vücutlarında ham topak veya parça yoktur. Çoğunlukla alt su tabakasında yaşayan omnivor balıklar, genellikle tortunun üzerinde bentik besin kaynakları aramaktadırlar. Bu beslenme davranışı, balıklara tortudaki mikroplastikleri yakalama veya yutma olasılığını artırmaktadır [112]. Bu belki de farklı balık türlerinin farklı beslenme ve yaşam alışkanlıklarına atfedilmektedir ve mikroplastiklerin balıklarda farklı dağılımına neden olmaktadır [113]. Bu varyasyon, su kirlilik derecesi, mikroplastiklerin özellikleri ve balık türlerinin davranış, beslenme özellikleri ile ilgili olabilmektedir.

Fizyolojik strese neden olarak, midede uzun süre dolaşıp oyalanma eğilimleri nedeniyle, mikroplastik lifleri deniz türlerinde yeme oranlarını ve vücut kütesini bozabilmektedir [114]. Son zamanlarda yapışmanın, deniz yosunlarının plastik biriktirmesine benzer şekilde, fiber mikroplastiklerin sindirim sistemi dışındaki organlarla ilişki kurması için ek bir yol sağladığı öne sürülmüştür [115]. Diğer mikroplastik türleri gibi mikrofiberler

de poliklorlu bifeniller, arsenik ve metil civa gibi zararlı maddeleri kişinin vücuduna alma potansiyeline sahiptir. Kanser, DNA hasarı ve üreme ile ilgili sorunların tümü, bu tür uzun süreli maruz kalmalarla ilişkilendirilmiştir [116]. Katkı maddesi içermeyen mikroplastikler, su yaşamı için kimyasal bir tehdit oluşturmamaktadır, ancak bağırsak tıkanmaları gibi fiziksel sorunlara neden olmaktadır [117]. Bu nedenle, potansiyel etkileri nedeniyle hem su yaşamı hem de halk sağlığı için mikroplastiklerin izlenmesi önemlidir.

Bu çalışma, mikroplastiklerin tatlı su organizmaları tarafından tüketilebileceğini gösteren çalışmalardan biridir. Çalışmada incelenen 406 balıktan 292'si (%72) değişen miktarlarda fiber mikroplastik içermektedir. Türler arasında, örnek sayısı 73 olan *Perca fluviatilis*, mikroplastik sayısı bakımından (133 adet) ile en çok, örnek sayısı 33 olan *Cyprinus carpio* mikroplastik bakımından (43 adet) en az mikroplastik içeren türlerdir. Çalışma sonucunda bulunan mikroplastik tiplerinden olan fiber mikroplastik olarak bulunması Türkiye'den daha önce yapılan çalışma sonuçları [74–76,78,79,84] ve ayrıca farklı ülkelerden yapılan çalışmalar [118–121] ile benzerlik göstermektedir. Açıkçası benzer şekilde Sürgü Baraj Gölü [84] Van Gölü [79], Karasu Nehri [78] ve Asi Nehrinde [122] iç su balıkları ile yapılan araştırmalarda da fiber tip baskındır. Bu yönü ile söz konusu araştırma sonuçları ile paralellik ortaya çıkmaktadır. Yine fiber tip mikroplastığın baskın olduğu sonuçlar elde edilen Çin'deki Lijiang Nehri [123], Kanada'daki Wascana Deresi [124], Polonya'daki Widawa Nehri [125] ve Tayland'daki Chi Nehrinde [126] iç su balıkları ile yapılan araştırmalar ile benzerlik görülmektedir. Çalışma sonucunda bulunan fiberler renk olarak değerlendirildiğinde, en baskın rengin mavi olduğu sonucuna varılmaktadır. Bu araştırmanın sonuçları; Mondego Nehir ağzında [61], Akdeniz [75], Van Gölü [79] ve Brezilya kıyılarında [127] yapılan araştırma sonuçlarıyla uyumlu olmakla birlikte; Karadeniz [74] ve Karasu Nehrinde [78] yapılan araştırma sonuçları ile farklılık göstermektedir. Boyut olarak, bu çalışmada en küçük plastik boyut *Vimba vimba*'da (0,10 mm) ve en uzun *Perca fluviatilis* türünde (4,85 mm) ölçülmüştür. Çalışma sonuçları Türkiye'de ve farklı ülkelerde tatlı sularda yaşayan balıkların sindirim kanalında MP araştırmaları sonuçları ile karşılaştırmalı olarak Çizelge 5.1.'de verilmiştir.

Genel bir ifade ile bu araştırma sonuçları ile diğer araştırmaların sonuçlarının anlamlı kıyaslanmasını engelleyecek çok sayıda değişken mevcuttur. Özellikle plastik çeşitliliği, plastik kaynak ve dağılımı, su, toprak ve iklim koşullarının farklılığı, mevsim farklılığı, taşıyıcıların çeşitliliği, ülkenin sosyo-ekonomisi bunların başında sayılabilir. Diğer yandan, balıkların türü, biyo-ekolojisi, beslenme tipi, ömür uzunluğu, büyüme hızı, üreme

zamanları, habitat tercihleri boy ve ağırlık farklılıkları yine mukayese yapılmasını zorlaştıran değişkenler arasındadır.

Çizelge 5. 1. Türkiye’de ve farklı ülkelerde tatlı sularda yaşayan balıkların sindirim kanalında mikroplastik varlığının araştırıldığı çalışmalar.

Ülke	Araştırma alanları	İncelenen balık türleri	İncelenen toplam balık sayısı	Plastik tipi	Plastik rengi	Plastik boy uzunluğu	Kaynaklar
Türkiye	Manyas Gölü, Uluabat Gölü, Gala Gölü, Gökgöl Gölü, Alaçatı Barajı, Beydağ Barajı, Tahtalı Barajı ve Karaidemir Barajı	<i>C. carpio</i> , <i>C. gibelio</i> , <i>Alburnus spp.</i> , <i>S. erythrophthalmus</i> , <i>V. vimba</i> , <i>P. fluviatilis</i> , <i>N. fluviatilis</i>	406	Fiber	Mavi (baskın), kırmızı, yeşil	0,10-4,85 mm	Bu çalışma
Türkiye	Sürgü Baraj Gölü	<i>C. carpio</i> , <i>A. mossulensis</i>	107	Fiber (baskın), parça, film	Şeffaf (baskın), mavi, siyah	0,11-3,83 mm	[84]
Türkiye	Van Gölü	<i>A. tarichi</i>	101	Fiber (baskın)	Mavi (baskın)	0,1-5 mm	[79]
Türkiye	Karasu Nehri	<i>S. cephalus</i> , <i>C. carpio</i> ,	78	Fiber (baskın)	Siyah (baskın)	-	[78]

<i>A. mossulensis</i>							
Türkiye	Asi Nehri	<i>C. gibelio,</i> <i>P. abu,</i> <i>C. carpio,</i> <i>A. anguilla,</i> <i>C. gariepinus,</i> <i>C. auratus</i>	103	Fiber (baskın)	Siyah (baskın)	<1000 µm	[122]
Çin	Lijiang Nehri	<i>C. carpio,</i> <i>P. fulvidraco,</i> <i>M. macropterus,</i> <i>P. vachelli</i>	84	Fiber (baskın)	Mavi (baskın)	>0.3 mm	[123]
İtalya	Como Gölü, Garda Gölü, Maggiore Gölü, ve Orta Gölü	<i>P. fluviatilis</i>	80	Parça (baskın)	Siyah/gri- Mavi	-	[59]
Kanada	Wascana Deresi	<i>E. lucius</i> <i>C. commersoni</i>	181	Fiber (baskın)	-	-	[124]

---

		<i>N. atherinoides</i>					
		<i>P. promelas</i>					
		<i>E. inconstans</i>					
Polonya	Widawa Nehri	<i>G. gobio</i>	389	Fiber (baskın)	Çeşitli renkler	0,5- 5 mm	[125]
		<i>R. rutilus</i>					
Tayland	Chi Nehri	<i>L. siamensis</i>	107	Fiber (baskın)	Mavi (baskın)	0,03-3,84 mm	[126]
		<i>P. proctozyson</i>					
		<i>C. repasson</i>					
		<i>H. siamensis</i>					
		<i>L. chrysophekadion</i>					
		<i>M. bocourti</i>					
		<i>H. spilopterus</i>					
		<i>L. longibarbis</i>					

---



Spektroskopi, mikroplastiklerin polimerini tanımlamada önemli bir adımdır [128,129]. Bu çalışmada, FTIR çalışmasından elde edilen polimer analizi sonuçları, farklı kütüphane aramalarında değişen eşleşmeler bulmuştur. Cowger vd [130], mikroplastik kirlilik araştırması veri ve spektral sınıflandırma araçlarından yoksun olduğunu ve spektral eşleştirme araçları, mikroplastik tanımlama için sıklıkla hatalı ve pahalı olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, Open Specy ([www.openspecy.org](http://www.openspecy.org)) adlı uygulanabilir bir yazılım çözümü önermişlerdir. Open Specy Kütüphanesine göre birinci örnek klorlanmış polietilen (polyethylene chlorinated), ikinci örnek polistiren (polystyrene) ve üçüncü örnek neopren (polychloroprene- neoprene) ile eşleşmiştir.

CPE, polietilenin klorlanmasıyla üretilen termoplastik klorlu polietilen elastomerin standartlaştırılmış kısaltmasıdır. Klor içeriği ağırlıkça %15 ile %30 olabilmektedir. CPE polimerleri, sert termoplastiklerden esnek elastomere kadar değişebilir ve bu da onları çok yönlü hale getirir. Bu polimerler, tel ve kablo kılıfı, çatı kaplama, otomotiv ve endüstriyel hortum ve tüp, kalıplama ve ekstrüzyon gibi çeşitli son kullanım uygulamalarında ve bir baz polimer olarak kullanılmaktadır [131].

Çeşitli renklendiriciler, katkı maddeleri veya diğer plastiklerle birleştirildiğinde polistiren (PS), ev aletleri, elektronik, otomobil parçaları, oyuncaklar, bahçe saksıları ve ekipmanları ve daha fazlasını içeren çeşitli ürünlerin yapımında kullanılmaktadır. Sert, katı bir plastik olarak gıda paketlenme ve laboratuvar ekipmanları gibi şeffaflık gerektiren ürünlerde sıklıkla kullanılmaktadır. Polistiren ayrıca, yalıtım ve yastıklama özellikleriyle değer verilen, genişletilmiş polistiren (EPS) veya ekstrüde polistiren (XPS) olarak adlandırılan bir köpük malzemeye dönüştürülmektedir. Gıda ambalajları, yiyecek veya içeceklere çok küçük miktarlarda "geçebilen" maddeler içerir. FDA, taşınabilecek madde miktarının güvenli olup olmadığını belirlemek için polistiren dahil olmak üzere gıda paketlenme malzemelerini sıkı bir şekilde düzenlemektedir [132].

Neopren'in esnek olması bilek, dizlik dolgusu ve kişisel koruyucu ekipman için dolgu gibi birçok tıbbi kullanım için çok uygun hale getirmektedir. Aşınmaya ve hava koşullarına dayanıklı özellikleri nedeniyle neopren, fan kayışları, hortum kılıfları, amortisör contaları ve kırma ve direksiyon bileşen sistemleri gibi çeşitli otomobil parçalarında kullanılmaktadır. Elektrik yalıtımı, yapıştırıcılar ve asfalt ürünleri dahil olmak üzere çeşitli bina uygulamalarında da kullanılır. Neopren için diğer uygulamalar arasında su sporları ve dalış kumaşları, dizüstü bilgisayar kılıfları ve egzersiz ekipmanları yer almaktadır. Genellikle tehlikeli değildir [133].

Mikroplastikler ile çevre arasındaki etkileşimleri makroplastiklerin davranışından tahmin etmek imkansızdır. Gıda kontaminasyon derecesini değerlendirebilmek için, mikroplastiklerin hangi yollarla gıda ve içecekleri kontamine ettiğini anlamak çok önemlidir.

Bu çalışma, farklı bölgelerdeki farklı trofik statülerdeki tatlı su balıkları üzerinde gerçekleştirilmiştir. İncelenen tüm balık türlerinin sindirim kanalında, tatlı su ekosistemlerinde ne kadar yaygın olduğunu gösteren fiber mikroplastikler bulunmuştur. Çalışma alanlarındaki antropojenik etkileri gözlemlemek için daha kapsamlı araştırmalara ihtiyaç vardır.

Bu bağlamda, mikroplastik sorununu çözmek için ulusal ve uluslararası düzeyde acil önlemler alınmalıdır. Politik ve sosyal-ekonomik olarak uygulanabilir, önleyici planlar uygulanmalıdır.

## 6. KAYNAKLAR

- [1] U.N. Environment, Water pollution by plastics and microplastics: A review of technical solutions from source to sea, 2020. <http://www.unep.org/resources/report/water-pollution-plastics-and-microplastics-review-technical-solutions-source-sea> (accessed March 16, 2023).
- [2] E.M. Foundation, The New Plastics Economy: Rethinking the future of plastics & catalysing action, (2017).
- [3] J.H. Dekiff, D. Remy, J. Klasmeier, E. Fries, Occurrence and spatial distribution of microplastics in sediments from Norderney, *Environ. Pollut.* 186 (2014) 248–256. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.11.019>.
- [4] P.K. Rose, M. Jain, N. Kataria, P.K. Sahoo, V.K. Garg, A. Yadav, Microplastics in multimedia environment: A systematic review on its fate, transport, quantification, health risk, and remedial measures, *Groundw. Sustain. Dev.* (2023) 100889. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2022.100889>.
- [5] C.M. Free, O.P. Jensen, S.A. Mason, M. Eriksen, N.J. Williamson, B. Boldgiv, High-levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake, *Mar. Pollut. Bull.* 85 (2014) 156–163. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.06.001>.
- [6] A. Ballent, P.L. Corcoran, O. Madden, P.A. Helm, F.J. Longstaffe, Sources and sinks of microplastics in Canadian Lake Ontario nearshore, tributary and beach sediments, *Mar. Pollut. Bull.* 110 (2016) 383–395. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.037>.
- [7] Y.K. Song, S.H. Hong, M. Jang, G.M. Han, M. Rani, J. Lee, W.J. Shim, A comparison of microscopic and spectroscopic identification methods for analysis of microplastics in environmental samples, *Mar. Pollut. Bull.* 93 (2015) 202–209. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.01.015>.
- [8] Y. Mato, T. Isobe, H. Takada, H. Kanehiro, C. Ohtake, T. Kaminuma, Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment, *Environ. Sci. Technol.* 35 (2001) 318–324. <https://doi.org/10.1021/es0010498>.
- [9] E.L. Teuten, S.J. Rowland, T.S. Galloway, R.C. Thompson, Potential for Plastics to Transport Hydrophobic Contaminants, *Environ. Sci. Technol.* 41 (2007) 7759–7764. <https://doi.org/10.1021/es071737s>.

- [10] E.L. Teuten, J.M. Saquing, D.R.U. Knappe, M.A. Barlaz, S. Jonsson, A. Björn, S.J. Rowland, R.C. Thompson, T.S. Galloway, R. Yamashita, D. Ochi, Y. Watanuki, C. Moore, P.H. Viet, T.S. Tana, M. Prudente, R. Boonyatumanond, M.P. Zakaria, K. Akkhavong, Y. Ogata, H. Hirai, S. Iwasa, K. Mizukawa, Y. Hagino, A. Imamura, M. Saha, H. Takada, Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife, *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 364 (2009) 2027–2045. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0284>.
- [11] T. Gouin, N. Roche, R. Lohmann, G. Hodges, A Thermodynamic Approach for Assessing the Environmental Exposure of Chemicals Absorbed to Microplastic, *Environ. Sci. Technol.* 45 (2011) 1466–1472. <https://doi.org/10.1021/es1032025>.
- [12] General Directorate of Nature Conservation and National Parks, (n.d.). <https://www.tarimorman.gov.tr/DKMP/Sayfalar/EN/AnaSayfa.aspx> (accessed April 1, 2023).
- [13] C. Çevik, A.E. Kıdeys, Ü.N. Tavşanoğlu, G.B. Kankılıç, S. Gündoğdu, A review of plastic pollution in aquatic ecosystems of Turkey, *Environ. Sci. Pollut. Res.* 29 (2022) 26230–26249. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17648-3>.
- [14] A.G. Harlioğlu, Present status of fisheries in Turkey, *Rev. Fish Biol. Fish.* 21 (2011) 667–680. <https://doi.org/10.1007/s11160-011-9204-z>.
- [15] C. Béné, M. Barange, R. Subasinghe, P. Pinstrup-Andersen, G. Merino, G.-I. Hemre, M. Williams, Feeding 9 billion by 2050 – Putting fish back on the menu, *Food Secur.* 7 (2015) 261–274. <https://doi.org/10.1007/s12571-015-0427-z>.
- [16] C.M. Boerger, G.L. Lattin, S.L. Moore, C.J. Moore, Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre, *Mar. Pollut. Bull.* 60 (2010) 2275–2278. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.08.007>.
- [17] M.S. Hossain, F. Sobhan, M.N. Uddin, S.M. Sharifuzzaman, S.R. Chowdhury, S. Sarker, M.S.N. Chowdhury, Microplastics in fishes from the Northern Bay of Bengal, *Sci. Total Environ.* 690 (2019) 821–830. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.065>.
- [18] S. Galafassi, C. Campanale, C. Massarelli, V.F. Uricchio, P. Volta, Do Freshwater Fish Eat Microplastics? A Review with A Focus on Effects on Fish Health and Predictive Traits of MPs Ingestion, *Water.* 13 (2021) 2214. <https://doi.org/10.3390/w13162214>.
- [19] D. de A. Miranda, G.F. de Carvalho-Souza, Are we eating plastic-ingesting fish?,

- Mar. Pollut. Bull. 103 (2016) 109–114. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.12.035>.
- [20] K. Stevenson, B. Stallwood, A.G. Hart, Tire Rubber Recycling and Bioremediation: A Review, *Bioremediation J.* 12 (2008) 1–11. <https://doi.org/10.1080/10889860701866263>.
- [21] J. Vlachopoulos, D. Strutt, Polymer processing, *Mater. Sci. Technol.* 19 (2003) 1161–1169. <https://doi.org/10.1179/026708303225004738>.
- [22] R. Geyer, A Brief History of Plastics, in: M. Streit-Bianchi, M. Cimadevila, W. Trettnak (Eds.), *Mare Plast. - Plast. Sea*, Springer International Publishing, Cham, 2020: pp. 31–47. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-38945-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-38945-1_2).
- [23] R.D. Deanin, Additives in plastics., *Environ. Health Perspect.* 11 (1975) 35–39.
- [24] A. Lusher, P.C.H. Hollman, J. Mendoza-Hill, Microplastics in fisheries and aquaculture: status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2017.
- [25] G. GESAMP, Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment, *IMO Lond.* (2016) 220.
- [26] Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution), Sources, Fate and Effects of Microplastics in the Marine Environment: A Global Assessment, (2015). <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/9545>.
- [27] R. Kumar, P. Sharma, C. Manna, M. Jain, Abundance, interaction, ingestion, ecological concerns, and mitigation policies of microplastic pollution in riverine ecosystem: A review, *Sci. Total Environ.* 782 (2021) 146695. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146695>.
- [28] L.C. de Sá, M. Oliveira, F. Ribeiro, T.L. Rocha, M.N. Futter, Studies of the effects of microplastics on aquatic organisms: What do we know and where should we focus our efforts in the future?, *Sci. Total Environ.* 645 (2018) 1029–1039. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.207>.
- [29] United Nations Environment Programme, *Marine Plastic Debris and Microplastics: Global Lessons and Research to Inspire Action and Guide Policy Change*, (2016). <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/7720>.

- [30] D. Eerkes-Medrano, R.C. Thompson, D.C. Aldridge, Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs, *Water Res.* 75 (2015) 63–82. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.02.012>.
- [31] A.A. Horton, A. Walton, D.J. Spurgeon, E. Lahive, C. Svendsen, Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities, *Sci. Total Environ.* 586 (2017) 127–141. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.190>.
- [32] C.M. Rochman, C. Brookson, J. Bikker, N. Djuric, A. Earn, K. Bucci, S. Athey, A. Huntington, H. McIlwraith, K. Munno, H. De Frond, A. Kolomijeca, L. Erdle, J. Grbic, M. Bayoumi, S.B. Borrelle, T. Wu, S. Santoro, L.M. Werbowski, X. Zhu, R.K. Giles, B.M. Hamilton, C. Thaysen, A. Kaura, N. Klasios, L. Ead, J. Kim, C. Sherlock, A. Ho, C. Hung, Rethinking microplastics as a diverse contaminant suite, *Environ. Toxicol. Chem.* 38 (2019) 703–711. <https://doi.org/10.1002/etc.4371>.
- [33] N. Seltnerich, New Link in the Food Chain? Marine Plastic Pollution and Seafood Safety, *Environ. Health Perspect.* 123 (2015) A34–41. <https://doi.org/10.1289/ehp.123-A34>.
- [34] A. Karami, Gaps in aquatic toxicological studies of microplastics, *Chemosphere.* 184 (2017) 841–848. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.06.048>.
- [35] J. Boucher, D. Friot, Primary microplastics in the oceans, IUCN, 2017. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2017.01.en>.
- [36] P.A. Helm, Improving microplastics source apportionment: a role for microplastic morphology and taxonomy?, *Anal. Methods.* 9 (2017) 1328–1331. <https://doi.org/10.1039/C7AY90016C>.
- [37] J.W. Valdemarsen, Technological trends in capture fisheries, *Ocean Coast. Manag.* 44 (2001) 635–651. [https://doi.org/10.1016/S0964-5691\(01\)00073-4](https://doi.org/10.1016/S0964-5691(01)00073-4).
- [38] B.R. Baechler, C.D. Stienbarger, D.A. Horn, J. Joseph, A.R. Taylor, E.F. Granek, S.M. Brander, Microplastic occurrence and effects in commercially harvested North American finfish and shellfish: Current knowledge and future directions, *Limnol. Oceanogr. Lett.* 5 (2020) 113–136. <https://doi.org/10.1002/lol2.10122>.
- [39] R. Dris, J. Gasperi, V. Rocher, M. Saad, N. Renault, B. Tassin, Microplastic

contamination in an urban area: a case study in Greater Paris, *Environ. Chem.* 12 (2015) 592–599. <https://doi.org/10.1071/EN14167>.

[40] O. Mbachu, G. Jenkins, C. Pratt, P. Kaparaju, A New Contaminant Superhighway? A Review of Sources, Measurement Techniques and Fate of Atmospheric Microplastics, *Water. Air. Soil Pollut.* 231 (2020) 85. <https://doi.org/10.1007/s11270-020-4459-4>.

[41] R. Gündoğdu, D. Önder, S. Gündoğdu, C. Gwinnett, Microplastics Derived From Disposable Greenhouse Plastic Films and Irrigation Pipes: A Case Study From Turkey, *In Review*, 2022. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1282764/v1>.

[42] Z. Yin, Y. Zhao, Microplastics pollution in freshwater sediments: The pollution status assessment and sustainable management measures, *Chemosphere.* 314 (2023) 137727. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137727>.

[43] S. Uddin, S.W. Fowler, Mohd.F. Uddin, M. Behbehani, A. Naji, A review of microplastic distribution in sediment profiles, *Mar. Pollut. Bull.* 163 (2021) 111973. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.111973>.

[44] H. De Frond, L. Thornton Hampton, S. Kotar, K. Gesulga, C. Matuch, W. Lao, S.B. Weisberg, C.S. Wong, C.M. Rochman, Monitoring microplastics in drinking water: An interlaboratory study to inform effective methods for quantifying and characterizing microplastics, *Chemosphere.* 298 (2022) 134282. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134282>.

[45] M.F. Diaz-Basantes, J.A. Conesa, A. Fullana, Microplastics in Honey, Beer, Milk and Refreshments in Ecuador as Emerging Contaminants, *Sustainability.* 12 (2020) 5514. <https://doi.org/10.3390/su12145514>.

[46] G. Liebezeit, E. Liebezeit, Non-pollen particulates in honey and sugar, *Food Addit. Contam. Part Chem. Anal. Control Expo. Risk Assess.* 30 (2013) 2136–2140. <https://doi.org/10.1080/19440049.2013.843025>.

[47] M. Kosuth, S.A. Mason, E.V. Wattenberg, Anthropogenic contamination of tap water, beer, and sea salt, *PLOS ONE.* 13 (2018) e0194970. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194970>.

[48] J.C. Prata, A. Paço, V. Reis, J.P. da Costa, A.J.S. Fernandes, F.M. da Costa, A.C. Duarte, T. Rocha-Santos, Identification of microplastics in white wines capped with

polyethylene stoppers using micro-Raman spectroscopy, *Food Chem.* 331 (2020) 127323. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127323>.

[49] S. Afrin, Md.M. Rahman, Md.A. Akbor, Md.A.B. Siddique, Md.K. Uddin, G. Malafaia, Is there tea complemented with the appealing flavor of microplastics? A pioneering study on plastic pollution in commercially available tea bags in Bangladesh, *Sci. Total Environ.* 837 (2022) 155833. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155833>.

[50] Q. Liu, Z. Chen, Y. Chen, F. Yang, W. Yao, Y. Xie, Microplastics contamination in eggs: Detection, occurrence and status, *Food Chem.* 397 (2022) 133771. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133771>.

[51] F.-C. Mihai, S. Gündoğdu, F.R. Khan, A. Olivelli, L.A. Markley, T. van Emmerik, Chapter 11 - Plastic pollution in marine and freshwater environments: abundance, sources, and mitigation, in: H. Sarma, D.C. Dominguez, W.-Y. Lee (Eds.), *Emerg. Contam. Environ.*, Elsevier, 2022: pp. 241–274. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85160-2.00016-0>.

[52] R.C. Hale, M.E. Seeley, M.J. La Guardia, L. Mai, E.Y. Zeng, A Global Perspective on Microplastics, *J. Geophys. Res. Oceans.* 125 (2020) e2018JC014719. <https://doi.org/10.1029/2018JC014719>.

[53] L. Ha, van V. Mjm, B. Sh, V. Ad, G.-V. Jj, L. Mh, Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood, *Environ. Int.* 163 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107199>.

[54] L.C. Jenner, J.M. Rotchell, R.T. Bennett, M. Cowen, V. Tentzeris, L.R. Sadofsky, Detection of microplastics in human lung tissue using  $\mu$ FTIR spectroscopy, *Sci. Total Environ.* 831 (2022) 154907. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154907>.

[55] A. Ragusa, A. Svelato, C. Santacroce, P. Catalano, V. Notarstefano, O. Carnevali, F. Papa, M.C.A. Rongioletti, F. Baiocco, S. Draghi, E. D'Amore, D. Rinaldo, M. Matta, E. Giorgini, Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta, *Environ. Int.* 146 (2021) 106274. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106274>.

[56] Y.S. Ibrahim, S. Tuan Anuar, A.A. Azmi, W.M.A. Wan Mohd Khalik, S. Lehata, S.R. Hamzah, D. Ismail, Z.F. Ma, A. Dzulkarnaen, Z. Zakaria, N. Mustaffa, S.E. Tuan Sharif, Y.Y. Lee, Detection of microplastics in human colectomy specimens, *JGH Open.* 5 (2021) 116–121. <https://doi.org/10.1002/jgh3.12457>.



- [57] F. Akoueson, L.M. Sheldon, E. Danopoulos, S. Morris, J. Hotten, E. Chapman, J. Li, J.M. Rotchell, A preliminary analysis of microplastics in edible versus non-edible tissues from seafood samples., *Environ. Pollut.* 263 (2020) 114452. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114452>.
- [58] J.E. Halstead, J.A. Smith, E.A. Carter, P.A. Lay, E.L. Johnston, Assessment tools for microplastics and natural fibres ingested by fish in an urbanised estuary, *Environ. Pollut. Barking Essex* 1987. 234 (2018) 552–561. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.11.085>.
- [59] S. Galafassi, M. Sighicelli, A. Pusceddu, R. Bettinetti, A. Cau, M.E. Temperini, R. Gillibert, M. Ortolani, L. Pietrelli, S. Zaupa, P. Volta, Microplastic pollution in perch (*Perca fluviatilis*, Linnaeus 1758) from Italian south-alpine lakes, *Environ. Pollut.* 288 (2021) 117782. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117782>.
- [60] F.M. Baalkhuyur, M.A. Qurban, P. Panickan, C.M. Duarte, Microplastics in fishes of commercial and ecological importance from the Western Arabian Gulf, *Mar. Pollut. Bull.* 152 (2020) 110920. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.110920>.
- [61] F. Bessa, P. Barría, J.M. Neto, J.P.G.L. Frias, V. Otero, P. Sobral, J.C. Marques, Occurrence of microplastics in commercial fish from a natural estuarine environment, *Mar. Pollut. Bull.* 128 (2018) 575–584. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.044>.
- [62] A. Reboa, L. Cutroneo, S. Consani, I. Geneselli, M. Petrillo, G. Besio, M. Capello, Mugilidae fish as bioindicator for monitoring plastic pollution: Comparison between a commercial port and a fishpond (north-western Mediterranean Sea), *Mar. Pollut. Bull.* 177 (2022) 113531. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113531>.
- [63] S. Abbasi, N. Soltani, B. Keshavarzi, F. Moore, A. Turner, M. Hassanaghaei, Microplastics in different tissues of fish and prawn from the Musa Estuary, Persian Gulf, *Chemosphere.* 205 (2018) 80–87. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.04.076>.
- [64] R. Akhbarizadeh, S. Dobaradaran, I. Nabipour, S. Tajbakhsh, A.H. Darabi, J. Spitz, Abundance, composition, and potential intake of microplastics in canned fish, *Mar. Pollut. Bull.* 160 (2020) 111633. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111633>.
- [65] S. Gündoğdu, A.R. Köşker, Microplastic contamination in canned fish sold in Türkiye, *PeerJ.* 11 (2023) e14627. <https://doi.org/10.7717/peerj.14627>.
- [66] A. Karami, A. Golieskardi, C.K. Choo, V. Larat, S. Karbalaeei, B. Salamatinia,

Microplastic and mesoplastic contamination in canned sardines and sprats, *Sci. Total Environ.* 612 (2018) 1380–1386. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.005>.

[67] K. Gedik, A.R. Eryaşar, Microplastic pollution profile of Mediterranean mussels (*Mytilus galloprovincialis*) collected along the Turkish coasts, *Chemosphere.* 260 (2020) 127570. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127570>.

[68] J. Li, C. Green, A. Reynolds, H. Shi, J.M. Rotchell, Microplastics in mussels sampled from coastal waters and supermarkets in the United Kingdom, *Environ. Pollut.* 241 (2018) 35–44. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.05.038>.

[69] Q. Li, Z. Feng, T. Zhang, C. Ma, H. Shi, Microplastics in the commercial seaweed nori, *J. Hazard. Mater.* 388 (2020) 122060. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122060>.

[70] D. Peixoto, C. Pinheiro, J. Amorim, L. Oliva-Teles, L. Guilhermino, M.N. Vieira, Microplastic pollution in commercial salt for human consumption: A review, *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 219 (2019) 161–168. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.02.018>.

[71] S. Gündoğdu, Contamination of table salts from Turkey with microplastics, *Food Addit. Contam. Part A.* 35 (2018) 1006–1014. <https://doi.org/10.1080/19440049.2018.1447694>.

[72] D. Yang, H. Shi, L. Li, J. Li, K. Jabeen, P. Kollandhasamy, Microplastic Pollution in Table Salts from China, *Environ. Sci. Technol.* 49 (2015) 13622–13627. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b03163>.

[73] M.E. Iñiguez, J.A. Conesa, A. Fullana, Microplastics in Spanish Table Salt, *Sci. Rep.* 7 (2017) 8620. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-09128-x>.

[74] U. Aytan, F.B. Esensoy, Y. Senturk, E. Arifoğlu, K. Karaoğlu, Y. Ceylan, A. Valente, Plastic Occurrence in Commercial Fish Species of the Black Sea, *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.* 22 (2022). <https://www.trjfas.org/abstract.php?lang=en&id=14878> (accessed January 6, 2023).

[75] O. Güven, K. Gökdağ, B. Jovanović, A.E. Kıdeyş, Microplastic litter composition of the Turkish territorial waters of the Mediterranean Sea, and its occurrence in the gastrointestinal tract of fish, *Environ. Pollut.* 223 (2017) 286–294. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.01.025>.

[76] İ. Koraltan, S. Mavruk, O. Güven, Effect of biological and environmental factors

on microplastic ingestion of commercial fish species, *Chemosphere*. 303 (2022) 135101. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135101>.

[77] A. Oztekin, L. Bat, Microlitter Pollution in Sea Water: A Preliminary Study from Sinop Sarikum Coast of the Southern Black Sea, *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.* 17 (2017). [https://doi.org/10.4194/1303-2712-v17\\_6\\_37](https://doi.org/10.4194/1303-2712-v17_6_37).

[78] M. Atamanalp, M. Köktürk, V. Parlak, A. Ucar, G. Arslan, G. Alak, A new record for the presence of microplastics in dominant fish species of the Karasu River Erzurum, Turkey, *Environ. Sci. Pollut. Res.* 29 (2022) 7866–7876. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16243-w>.

[79] A.A. Atici, A. Sepil, F. Sen, High levels of microplastic ingestion by commercial, planktivorous *Alburnus tarichi* in Lake Van, Turkey, *Food Addit. Contam. Part A*. 38 (2021) 1767–1777.

[80] S. Erdogan, Microplastic pollution in freshwater ecosystems: A case study from Turkey, *Ege J. Fish. Aquat. Sci.* 37 (2020) 213–221. <https://doi.org/10.12714/egejfas.37.3.02>.

[81] K. Karaoğlu, S. Gül, Characterization of microplastic pollution in tadpoles living in small water-bodies from Rize, the northeast of Turkey, *Chemosphere*. 255 (2020) 126915. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126915>.

[82] Ü.N. Tavşanoğlu, G. Başaran Kankılıç, G. Akca, T. Çırak, Ş. Erdoğan, Microplastics in a dam lake in Turkey: type, mesh size effect, and bacterial biofilm communities, *Environ. Sci. Pollut. Res.* 27 (2020) 45688–45698. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10424-9>.

[83] A. Faruk Çullu, V.Z. Sönmez, N. Sivri, Microplastic contamination in surface waters of the Küçükçekmece Lagoon, Marmara Sea (Turkey): Sources and areal distribution, *Environ. Pollut.* 268 (2021) 115801. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115801>.

[84] D. Özhan Turhan, Evaluation of Microplastics in the Surface Water, Sediment and Fish of Sürgü Dam Reservoir (Malatya) in Turkey, *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.* 22 (2021). <https://doi.org/10.4194/TRJFAS20157>.

[85] Kuş Cenneti, (2023). <http://www.balikesir.gov.tr/kuscenneti> (accessed March 19, 2023).

- [86] Uluabat Gölü, Kültür Portalı. (2023). <http://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/bursa/TurizmAktiviteleri/ulubat-golu> (accessed March 19, 2023).
- [87] Gala Gölü, (2023). <http://www.enez.gov.tr/gala-golu-milli-parki> (accessed March 19, 2023).
- [88] Doğa Derneği, (2023). <https://www.dogadernegi.org/kozanli-gokgol/> (accessed March 19, 2023).
- [89] Alaçatı Barajı, Vikipedi. (2023). [https://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Ala%C3%A7at%C4%B1\\_Baraj%C4%B1&oldid=29405295](https://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Ala%C3%A7at%C4%B1_Baraj%C4%B1&oldid=29405295) (accessed March 19, 2023).
- [90] Beydağ Barajı, Vikipedi. (2023). [https://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Beyda%C4%9F\\_Baraj%C4%B1&oldid=29406743](https://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Beyda%C4%9F_Baraj%C4%B1&oldid=29406743) (accessed March 19, 2023).
- [91] Tahtalı Barajı, Vikipedi. (2023). [https://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Tahtal%C4%B1\\_Baraj%C4%B1&oldid=29433075](https://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Tahtal%C4%B1_Baraj%C4%B1&oldid=29433075) (accessed March 19, 2023).
- [92] Karaidemir Barajı, Vikipedi. (2023). [https://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Karaidemir\\_Baraj%C4%B1&oldid=29436890](https://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Karaidemir_Baraj%C4%B1&oldid=29436890) (accessed March 19, 2023).
- [93] C.P. Hickman, L.S. Roberts, F.M. Hickman, Zooloji Entegre Prensipler, 16th ed., Palme Yayınevi, 2016. <https://www.palmeyayinevi.com/zooloji-entegre-prensipler>.
- [94] F.H. Pough, C.M. Janis, J.B. Heiser, Vertebrate Life, Pearson Education, 2013.
- [95] Fishbase, (2023). <https://www.fishbase.se/search.php> (accessed March 13, 2023).
- [96] European Commission, Guidance on monitoring of marine litter in European seas., Publications Office, LU, 2013. <https://data.europa.eu/doi/10.2788/99475> (accessed January 7, 2023).
- [97] E. Hermsen, S.M. Mintenig, E. Besseling, A.A. Koelmans, Quality Criteria for the Analysis of Microplastic in Biota Samples: A Critical Review, Environ. Sci. Technol. 52 (2018) 10230–10240. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b01611>.
- [98] What is FTIR Spectroscopy?, (2023).

<https://www.sigmaaldrich.com/TR/en/technical-documents/technical-article/analytical-chemistry/photometry-and-reflectometry/ftir-spectroscopy> (accessed April 7, 2023).

[99] J. Weisser, T. Pohl, N.P. Ivleva, T.F. Hofmann, K. Glas, Know What You Don't Know: Assessment of Overlooked Microplastic Particles in FTIR Images, *Microplastics*. 1 (2022) 359–376. <https://doi.org/10.3390/microplastics1030027>.

[100] B. Papaleo, L. Caporossi, F. Bernardini, L. Cristadoro, L. Bastianini, M. De Rosa, S. Capanna, L. Marcellini, F. Loi, G. Battista, Exposure to Styrene in Fiberglass-Reinforced Plastic Manufacture: Still a Problem, *J. Occup. Environ. Med.* 53 (2011) 1273. <https://doi.org/10.1097/JOM.0b013e31822e5830>.

[101] M.N. Issac, B. Kandasubramanian, Effect of microplastics in water and aquatic systems, *Environ. Sci. Pollut. Res.* 28 (2021) 19544–19562. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13184-2>.

[102] C.M. Rochman, M.A. Browne, B.S. Halpern, B.T. Hentschel, E. Hoh, H.K. Karapanagioti, L.M. Rios-Mendoza, H. Takada, S. Teh, R.C. Thompson, Classify plastic waste as hazardous, *Nature*. 494 (2013) 169–171. <https://doi.org/10.1038/494169a>.

[103] J. Li, H. Liu, J. Paul Chen, Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects, and methods for microplastics detection, *Water Res.* 137 (2018) 362–374. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.12.056>.

[104] H.T. Nair, S. Perumal, Trophic Transfer and Accumulation of Microplastics in Freshwater Ecosystem: Risk to Food Security and Human Health, *Int. J. Ecol.* 2022 (2022) e1234078. <https://doi.org/10.1155/2022/1234078>.

[105] Lee: *Plastics at sea (microplastics): a potential...* - Google Akademik, (n.d.). [https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=Plastics%20at%20sea%20\(microplastics\)%3A%20a%20potential%20risk%20for%20hong%20kong&author=H.%20Y.%20Lee&publication\\_year=2013](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Plastics%20at%20sea%20(microplastics)%3A%20a%20potential%20risk%20for%20hong%20kong&author=H.%20Y.%20Lee&publication_year=2013) (accessed April 14, 2023).

[106] F. Salvador Cesa, A. Turra, J. Baruque-Ramos, Synthetic fibers as microplastics in the marine environment: A review from textile perspective with a focus on domestic washings, *Sci. Total Environ.* 598 (2017) 1116–1129. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.04.172>.

[107] C. Scopetani, M. Esterhuizen-Londt, D. Chelazzi, A. Cincinelli, H. Setälä, S. Pflugmacher, Self-contamination from clothing in microplastics research, *Ecotoxicol.*

- Environ. Saf. 189 (2020) 110036. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.110036>.
- [108] B. Henry, K. Laitala, I.G. Klepp, Microfibres from apparel and home textiles: Prospects for including microplastics in environmental sustainability assessment, *Sci. Total Environ.* 652 (2019) 483–494. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.166>.
- [109] M. Carbery, W. O'Connor, T. Palanisami, Trophic transfer of microplastics and mixed contaminants in the marine food web and implications for human health, *Environ. Int.* 115 (2018) 400–409. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.03.007>.
- [110] Y. Vadeboncoeur, P.B. McIntyre, M.J. Vander Zanden, Borders of Biodiversity: Life at the Edge of the World's Large Lakes, *BioScience.* 61 (2011) 526–537. <https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.7.7>.
- [111] E.R. Graham, J.T. Thompson, Deposit- and suspension-feeding sea cucumbers (Echinodermata) ingest plastic fragments, *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 368 (2009) 22–29. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2008.09.007>.
- [112] B. Li, L. Su, H. Zhang, H. Deng, Q. Chen, H. Shi, Microplastics in fishes and their living environments surrounding a plastic production area, *Sci. Total Environ.* 727 (2020) 138662. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138662>.
- [113] J.S. Silva-Cavalcanti, J.D.B. Silva, E.J. de França, M.C.B. de Araújo, F. Gusmão, Microplastics ingestion by a common tropical freshwater fishing resource, *Environ. Pollut.* 221 (2017) 218–226. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.11.068>.
- [114] K.I. Jeyasanta, R.L. Laju, J. Patterson, M. Jayanthi, D.S. Bilgi, N. Sathish, J.K.P. Edward, Microplastic pollution and its implicated risks in the estuarine environment of Tamil Nadu, India, *Sci. Total Environ.* 861 (2023) 160572. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160572>.
- [115] L. Gutow, A. Eckerlebe, L. Giménez, R. Saborowski, Experimental Evaluation of Seaweeds as a Vector for Microplastics into Marine Food Webs, *Environ. Sci. Technol.* 50 (2016) 915–923. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b02431>.
- [116] E. Mahu, W.G. Datsomor, R. Folorunsho, J. Fisayo, R. Crane, R. Marchant, J. Montford, M.C. Boateng, M. Edusei Oti, M.N. Oguguah, C. Gordon, Human health risk and food safety implications of microplastic consumption by fish from coastal waters of the eastern equatorial Atlantic Ocean, *Food Control.* 145 (2023) 109503. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109503>.

- [117] K.V. Udayakumar, P.M. Gore, B. Kandasubramanian, Foamed materials for oil-water separation, *Chem. Eng. J. Adv.* 5 (2021) 100076. <https://doi.org/10.1016/j.ceja.2020.100076>.
- [118] K. Jabeen, L. Su, J. Li, D. Yang, C. Tong, J. Mu, H. Shi, Microplastics and mesoplastics in fish from coastal and fresh waters of China, *Environ. Pollut.* 221 (2017) 141–149. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.11.055>.
- [119] S. Morgana, L. Ghigliotti, N. Estévez-Calvar, R. Stifanese, A. Wieckzorek, T. Doyle, J.S. Christiansen, M. Faimali, F. Garaventa, Microplastics in the Arctic: A case study with sub-surface water and fish samples off Northeast Greenland, *Environ. Pollut. Barking Essex* 1987. 242 (2018) 1078–1086. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.08.001>.
- [120] C.M. Rochman, A. Tahir, S.L. Williams, D.V. Baxa, R. Lam, J.T. Miller, F.-C. Teh, S. Werorilangi, S.J. Teh, Anthropogenic debris in seafood: Plastic debris and fibers from textiles in fish and bivalves sold for human consumption, *Sci. Rep.* 5 (2015) 14340. <https://doi.org/10.1038/srep14340>.
- [121] A.L. Vendel, F. Bessa, V.E.N. Alves, A.L.A. Amorim, J. Patrício, A.R.T. Palma, Widespread microplastic ingestion by fish assemblages in tropical estuaries subjected to anthropogenic pressures, *Mar. Pollut. Bull.* 117 (2017) 448–455. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.081>.
- [122] E. Kılıç, N. Yücel, S. Mübarek Şahutoğlu, First record of microplastic occurrence at the commercial fish from Orontes River, *Environ. Pollut.* 307 (2022) 119576. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119576>.
- [123] L. Zhang, Y. Xie, S. Zhong, J. Liu, Y. Qin, P. Gao, Microplastics in freshwater and wild fishes from Lijiang River in Guangxi, Southwest China, *Sci. Total Environ.* 755 (2021) 142428. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142428>.
- [124] S.H. Campbell, P.R. Williamson, B.D. Hall, Microplastics in the gastrointestinal tracts of fish and the water from an urban prairie creek, *FACETS.* 2 (2017) 395–409. <https://doi.org/10.1139/facets-2017-0008>.
- [125] N. Kuśmierek, M. Popiołek, Microplastics in freshwater fish from Central European lowland river (Widawa R., SW Poland), *Environ. Sci. Pollut. Res.* 27 (2020) 11438–11442. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08031-9>.

- [126] P. Kasamesiri, W. Thaimuangphol, Microplastics ingestion by freshwater fish in the Chi River, Thailand, *GEOMATE J.* 18 (2020) 114–119.
- [127] N.C.F.M. Dantas, O.S. Duarte, W.C. Ferreira, A.P. Ayala, C.F. Rezende, C.V. Feitosa, Plastic intake does not depend on fish eating habits: Identification of microplastics in the stomach contents of fish on an urban beach in Brazil, *Mar. Pollut. Bull.* 153 (2020) 110959. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.110959>.
- [128] S. Primpke, S.H. Christiansen, W. Cowger, H. De Frond, A. Deshpande, M. Fischer, E.B. Holland, M. Meyns, B.A. O'Donnell, B.E. Ossmann, M. Pittroff, G. Sarau, B.M. Scholz-Böttcher, K.J. Wiggin, Critical Assessment of Analytical Methods for the Harmonized and Cost-Efficient Analysis of Microplastics, *Appl. Spectrosc.* 74 (2020) 1012–1047. <https://doi.org/10.1177/0003702820921465>.
- [129] S.M. Brander, V.C. Renick, M.M. Foley, C. Steele, M. Woo, A. Lusher, S. Carr, P. Helm, C. Box, S. Cherniak, R.C. Andrews, C.M. Rochman, Sampling and Quality Assurance and Quality Control: A Guide for Scientists Investigating the Occurrence of Microplastics Across Matrices, *Appl. Spectrosc.* 74 (2020) 1099–1125. <https://doi.org/10.1177/0003702820945713>.
- [130] W. Cowger, Z. Steinmetz, A. Gray, K. Munno, J. Lynch, H. Hapich, S. Primpke, H. De Frond, C. Rochman, O. Herodotou, Microplastic Spectral Classification Needs an Open Source Community: Open Specy to the Rescue!, *Anal. Chem.* 93 (2021) 7543–7548. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.1c00123>.
- [131] CPE (Chlorinated Polyethylene) Alloys | Aurora Plastics, (2023). <https://auroraplastics.com/materials/cpe-alloys/> (accessed April 7, 2023).
- [132] Polystyrene, Chem. Saf. Facts. (2023). <https://www.chemicalsafetyfacts.org/chemicals/polystyrene/> (accessed April 7, 2023).
- [133] Neoprene, Chem. Saf. Facts. (2023). <https://www.chemicalsafetyfacts.org/chemicals/neoprene/> (accessed April 7, 2023).



## **EKLER**

### **EK 1 – Tezden Türetilmiş Yayınlar**

Böyükalan, S., Yerli, S. V. (2023). Microplastic pollution at different trophic levels of freshwater fish in a variety of Türkiye's lakes and dams. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.

