



Impact of Microplastic Pollution on Biota in the Turkish Territorial Waters[#]

İdris Koraltan^{1,a}, Olgaç Güven^{2,b,*}

¹Institute of Natural and Applied Sciences, Akdeniz University, Antalya, Türkiye

²Faculty of Fisheries, Akdeniz University, Antalya, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>This study was presented at the 6th International Anatolian Agriculture, Food, Environment and Biology Congress (Kütahya, TARGID 2022)</i></p> <p>Research Article</p> <p>Received : 15.11.2022 Accepted : 15.12.2022</p> <p>Keywords: Teleost Invertebrates Zooplankton Pollution Assessment Plastic pollution</p>	<p>Plastics are high demand raw material with applications in many industries due to their low costs and easily processable structures. Increasing plastic production in line with the high demand and inadequate waste management of plastic waste gives rise to accumulation of these wastes in terrestrial and aquatic ecosystems. It has been reported that microscopic size plastics (microplastics) (<5 mm) which were either produced intentionally in response to sectoral needs or formed by the degradation of large plastic wastes as a consequence of physical, chemical and biological environmental factors cause significant problems in aquatic ecosystems. The aim of present study is to reveal the impact of microplastic pollution on biota in the Turkish coastline by evaluation of a data set, created by expanding the scope our biota exposure data with the available information gathered from scientific database platforms (Web of Science, Scopus, and TR index). With the final dataset, we were able to evaluate the impact of the pollution on 13422 individuals belonging to 54 species at a regional sea system level. Results of the study highlights impact of microplastic pollution on biota through the Turkish coastline and the reveals the data gaps and hot pollution spots in regional level. This information has the ability to guide researchers in the process of determining areal coverage of their future studies.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 10(sp1): 2855-2861, 2022

Türkiye Kara Sularında Mikroplastik Kirliliğinin Biyota Üzerine Etkisi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p>Araştırma Makalesi</p> <p>Geliş : 15.11.2022 Kabul : 15.12.2022</p> <p>Anahtar Kelimeler: Kemikli Balıklar Omurgasızlar Zooplankton Kirlilik Değerlendirmesi Plastik Kirliliği</p>	<p>Plastikler ucuz maliyetleri ve kolaylıkla işlenebilir yapıları sebebiyle, günümüzde birçok sektörel uygulamada tercih edilen bir hammaddedir. Talep doğrultusunda her geçen gün plastik üretimi artmaktadır. Kullanım ömrünü tamamlaması ardından atık niteliği kazanan plastik malzemelerin yönetiminin gereği gibi yapılmaması sebebiyle doğal ortama ulaşan bu atıklar karasal ve sucul ekosistemlerde birikim göstermektedir. Gerek sektörel gereksinimi cevaben kasıtlı üretilen, gerekse de fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörler etkisinde büyük plastik atıkların bozunumuyla oluşan mikroskobik boyuttaki (<5 mm) plastiklerin (mikroplastikler) yapılan bilimsel değerlendirmeler neticesinde sucul ekosistemlerde önemli sorunlara neden olduğu raporlanmıştır. Sunulan bu çalışmada bilimsel veri tabanı platformlarında (Web of Science, Scopus ve TR dizin) yapılan literatür taramaları neticesinde ülkemiz denizlerinde günümüze kadar yapılmış olan ve denizel biyotanın mikroplastik kirliliğinden etkilenme durumunu araştıran çalışmaların incelenmesiyle oluşturulan veri setinin analizi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda 54 türe ait 13422 birey mikroplastik kirliliğinden etkilenme durumu göz önüne alınarak ülkemiz denizlerinde var olan mikroplastik kirliliğinin biyota üzerine etkisi bölgesel ve deniz bazında ortaya konulmuştur. Yapılan değerlendirmeyle veri eksiklikleri gösterilmiş ve gelecekte dizayn edilecek çalışmalara dair öneriler sunulmuştur.</p>

^a koraltanidris@gmail.com

^{id} <https://orcid.org/0000-0001-7776-3047>

^b olgac@akdeniz.edu.tr

^{id} <https://orcid.org/0000-0002-0920-673X>



Giriş

Deniz çöpleri sorunu son yıllarda boyutu ve etkileri anlaşılmaya başlanan yeni bir kirlilik türüdür. Her ne kadar çok erken dönemlerde insan faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan atıkların sucul sistemlere karıştığı biliniyor olsa da yalnızca 1960'lı yıllardan sonra durumun düşünüldüğünden daha ciddi bir seviyede olduğu fark edilmeye başlanmıştır (Lebreton ve Andrady, 2019; PlasticsEurope, 2013). Yapılan değerlendirmeler deniz çöplerinin yaklaşık %80'lik kısmını plastik materyallerin teşkil ettiğini göstermektedir (Manzoor ve ark., 2022). Plastikler hafif, dayanıklı ve ucuz olmaları sebebiyle günümüzde birçok sektörün ana hammaddesini oluşturmaktadır. Kullanım ömrünü tamamlayan plastik malzemeler atık niteliği kazanmaları ardından etkin bir atık denetimiyle kontrol altında tutulmadığından sırasıyla karasal alanlarda birikmekte, meteorolojik etkenler ve akarsular vasıtasıyla denizle sistemlere aktarılmaktadır (Gündoğdu ve ark., 2018; Hitchcock, 2020). Bilimsel çalışmalar denizel sistemlerin bu atıklar için birikim alanı olduğunu göstermektedir. Plastik malzemeler sucul sistemlerde fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörler etkisiyle bozunuma uğramakta ve daha ufak boyutlara parçalanmaktadır (Andrady, 2015). Günümüz literatüründe 5mm'den ufak plastik partiküller mikroplastikler olarak adlandırılmaktadır (Arthur ve ark., 2009; Koelmans ve ark., 2017). Sektörel talebe cevaben bilinçli olarak üretilen (Tekstil sanayi: mikrofiberler; Kozmetik sanayi: mikro peletler; vb.) ve kullanıma sunulan mikroplastik partiküller birincil mikroplastikler olarak adlandırılırken, atıkların bozunarak parçalanmasıyla oluşan mikroplastik partiküller ise ikincil mikroplastikler olarak adlandırılmaktadır (Cole ve ark., 2011).

Bilimsel literatür incelendiğinde mikroplastiklerin (MP) yer kürenin her noktasında bulunduğu ve ciddi toksik etkilerin oluşmasına sebebiyet verdiği görülmektedir (Galgani ve ark., 2015; Rios ve ark., 2007; Teuten ve ark., 2007). Bu partiküllerin fiziksel varlığı nedeniyle ortaya çıkan olumsuzluklara ek olarak (Kühn ve ark., 2015), gerek içerdikleri kimyasalların bozunuma bağlı olarak doğal ortama gerekse de buldukları ortamdaki toksik nitelikteki kimyasalları hidrofobik nitelikleri sebebiyle üzerlerinde toplamaları neticesinde kimyasal kirleniminde vektör görevi gördüğü bilinmektedir (Caruso, 2019; Teuten ve ark., 2007). Günümüze kadar sucul sistemlerde biyotanın farklı gruplarının mikroplastik kirliliğinden etkilenme durumunun ortaya konulmasına yönelik birçok değerlendirme yapılmıştır. Bu kapsamda en sık değerlendirilen grup kemikli balıklar olmasına rağmen, plankton, omurgasız türleri, su kuşları, kıkırdaklı balıklar ve memelilerin etkilenme durumunun da incelenmiştir (Bergmann ve ark., 2015; Lusher, 2015; Aytan ve ark. 2022).

Türkiye denizlerinde de 2017 yılından bu yana denizle sistemde var olan mikroplastik kirliliğinin belirlenmesi, biyotanın bu kirlilikten etkilenme durumunun ortaya konulmasına yönelik birçok çalışma gerçekleştirilmiştir (Aytan ve ark., 2020; Güven ve ark., 2017; Senturk ve ark., 2020). Gerçekleştirilen bu çalışmayla Türkiye denizlerinde biyotanın mikroplastik kirliliğinden etkilenme durumunun genel bir değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu amaçla, literatürde var olan bilimsel çıktılardan elde edilen veriler analiz edilmiş ve etkilenme durumunun iller, denizlere ve çalışma kapsamında belirlenen biyolojik gruplara göre farklılıkları incelenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Literatür İncelemesi

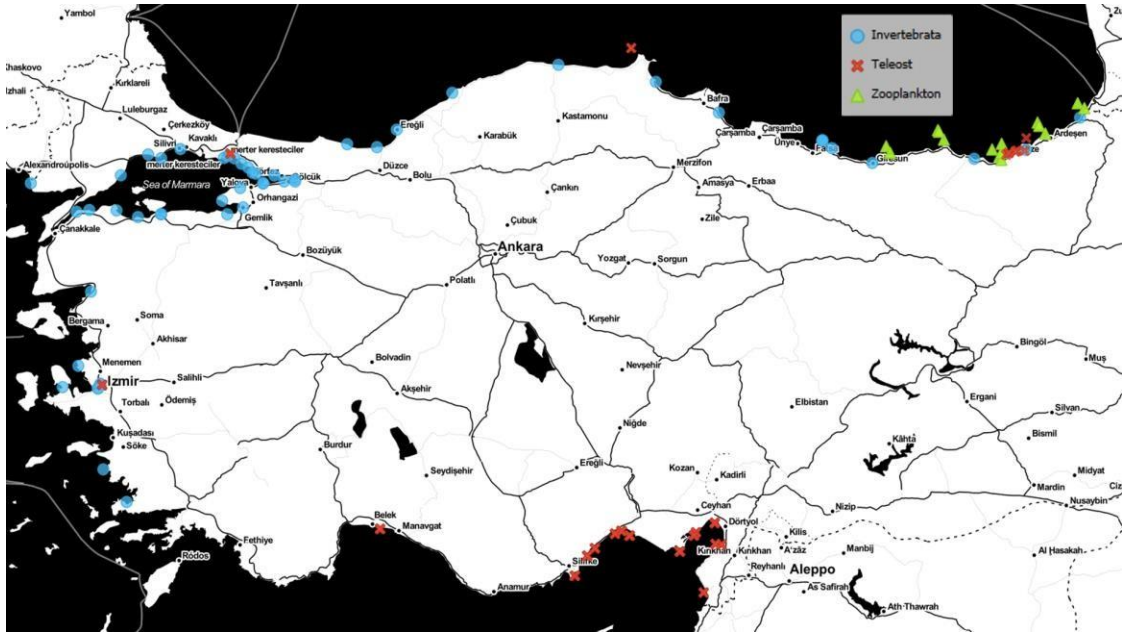
Türkiye denizlerinde, mikroplastiklerin biyota maruziyeti (sindirim kanalı maruziyeti) üzerine yapılmış olan çalışmalara odaklanılmış olan bu çalışma kapsamında üç ayrı bilimsel veri tabanı platformunda (Web of Science, Scopus ve TR dizin), Ağustos 2022 döneminde, literatür taraması "Microplastic" ve "Turkey" anahtar kelimeleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tarama sonuçlarında, arama kriterlerini karşılayan WOS'ta 120 ve Scopus'ta 256 çalışma tespit edilmiştir. Tespit edilen bu çalışmaların içeriğine dair bilgiler MS Exel veri formatında kayıt altına alınarak başlık ve özet bölümlerinden verilen bilgiler gözetilerek Türkiye'de deniz biyotası üzerine yapılmış olan çalışmalar seçilmiştir. TR dizin veri tabanındaysa "Microplastic" anahtar kelimesi kullanılarak 21 sonuç bulunmuş olup, diğer veri tabanlarında olmayan ve denizel biyota üzerine yapılmış sadece bir araştırma makalesi tespit edilmiştir. Türkiye deniz kıyılarında mikroplastik kirliliğinin biyota üzerindeki maruziyetine yönelik gerçekleştirildiği belirlenen toplamda 15 araştırma makalesi çalışmamız kapsamında değerlendirmeye alınmıştır.

Verilerin Düzenlenmesi

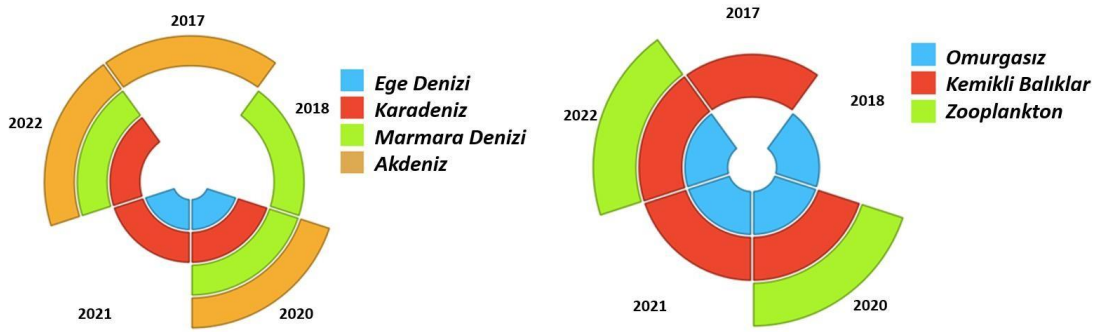
Değerlendirmeye alınan çalışmalar; i) *Alansal gruplama*; Saha örneklemelerinin gerçekleştirildiği bölgenin bağlı olduğu şehir ve bulunduğu denize göre alansal gruplama gerçekleştirilmiştir, ii) *Biyolojik gruplama*; Öncelikle omurgalı (kemikli balıklar) ve omurgasız türleri ayrı değerlendirilebilmeleri için gruplanmıştır, buna ek olarak omurgasız türlerin tamamının bentik bölgede dağılım göstermesi durumundan faydalanarak bentik ve pelajik bölgede etki farklılığının da analiz edilebilmesi hedefiyle pelajik bölgede dağılım gösteren zooplanktonlar türleri de ayrı bir grup altında değerlendirmelere dahil edilmiştir. Bu kurgu doğrultusunda çalışmamız kapsamında oluşturulan veri seti, kemikli balıklar, omurgasızlar (midyeler ve bir yengeç türü) ve zooplankton şeklinde biyolojik olarak gruplanmıştır.

Literatür taraması sonucunda tespit edilmiş olan 15 makale içeriğinden; çalışılan bölgenin koordinatları, çalışılan türün adı, çalışılan türlerin birey sayısı (N) ve birey başına mikroplastik maruziyet oranı (değerlendirilen toplam birey sayısı üzerinden hesaplanan) ($MP.birey^{-1}$) bilgilerinden çalışmamız kapsamında gerçekleştirilen analizlerde faydalanılmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda çalışmalarda rapor edilen veriler farklılıklar göstermektedir (Tablo 1).

Veri seti oluşturulması sırasında faydalanılan makalelerin bir kısmında analizler için gereksinim duyulan bilgiler açık olarak paylaşılmamıştır. Böyle bir durumla karşı karşıya kalındığında; öncelikle çalışma içeriğindeki bilgiler kullanılarak gerek duyulan verinin hesaplanması çabası sarf edilmiş, ek olarak da çalışmalar kapsamında paylaşılan görsellerden web tabanlı çalışan WebPlotDigitizer 4.6 (<https://apps.automeris.io/wpd/>) uygulaması kullanılarak gereksinim duyulan bilgiler elde edilmiştir. Oluşturulan veri seti ile Türkiye denizlerinde 115 noktada, 54 türe ait 13422 bireyin mikroplastik kirliliği maruziyetinin değerlendirilmesine olanak sağlanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma kapsamında maruziyet verisi kaydı tespit edilen lokasyonların harita üzerinde gösterimi
Figure 1. Map of the locations whose exposure data records within the scope of the study



Şekil 2. Yıllara göre Türkiye denizlerinde biyotanın MP kirliliğine maruziyetinin tespitine yönelik yapılmış olan çalışmalar ve değerlendirilen biyolojik grupların dağılımı.

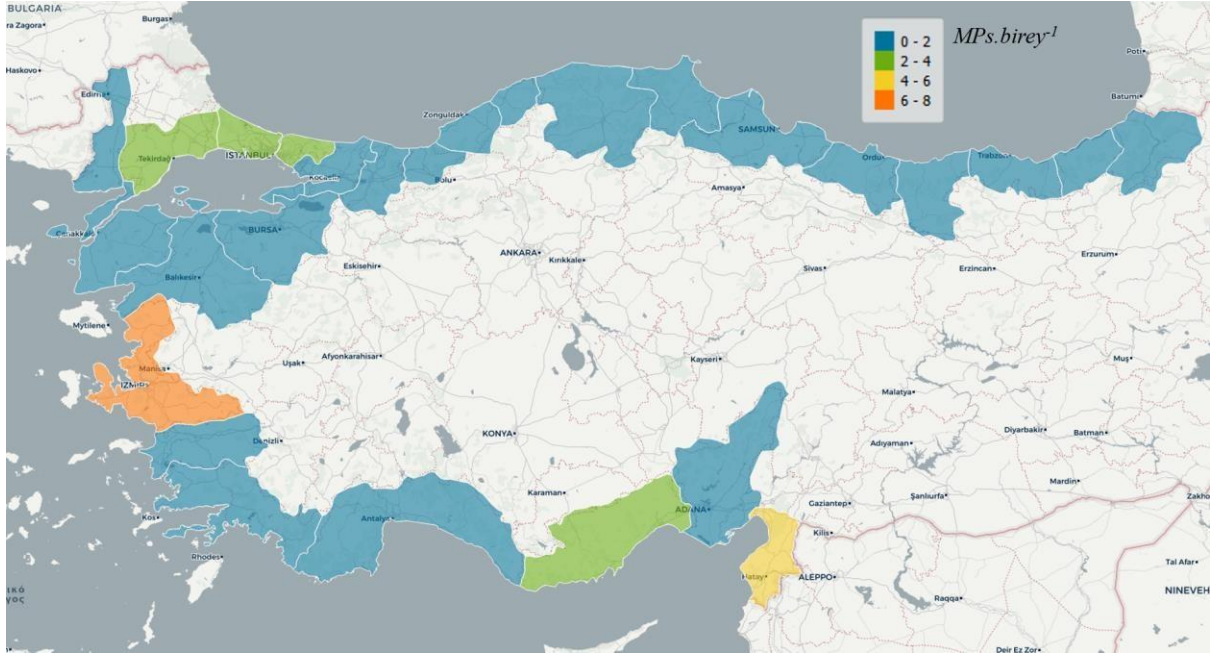
Figure 2. Studies conducted to determine the exposure of biota to MP pollution in Turkish seas by years and the distribution of evaluated biological groups.

Çizelge 1. Literatür incelemesi neticesinde tespit edilen çalışmalardan analizde kullanılmak üzere faydalanılan bilgiler. [Çalışılan toplam birey sayısı (N), birey başına mikroplastik maruziyet oranı (değerlendirilen toplam birey sayısı üzerinden hesaplanan) ($MP.birey^{-1}$)]

Table 1. Information to be used in the analysis from the studies identified as a result of the literature review. [Total number of individuals (N), microplastic exposure rate per individual (calculated over the total number of individuals evaluated) ($MP.birey^{-1}$)]

No	Yazar	N	Koordinat Bilgisi	MP.birey ⁻¹
1	(Koraltan ve ark., 2022)	✓	✓	✓
2	(Kılıç ve Yücel, 2022)	✓	✗	✓
3	(Eryaşar ve ark., 2022)	✓	✗	✓
4	(Gedik ve Eryaşar, 2020)	✓	✓	Hesaplandı
5	(Aytan ve ark., 2022a)	✓	✓	✓
6	(Aytan ve ark., 2022b)	✓	✓	✓
7	(Atamanalp ve ark., 2021)	✓	✓	Hesaplandı
8	(Yozukmaz, 2021)	✓	✓	✓
9	(Aksakal ve ark., 2021)	✓	✗	✓
10	(Gündoğdu ve ark., 2020)	✓	✓	✓
11	(Gedik ve Eryaşar, 2020)	✓	✓	Hesaplandı
12	(Senturk ve ark., 2020)	✓	✗	✓
13	(Aytan ve ark., 2020) TÜBİTAK 117Y207 rapor	✓	✗	Hesaplandı
14	(Acar ve Ates, 2018)	✓	✗	Hesaplandı
15	(Güven ve ark., 2017)	✓	✓	✓

Veri mevcut (✓), veri yok (✗), veri raporlanmamış ancak çalışmada mevcut bilgiler kullanılarak hesaplanmıştır (Hesaplandı)



Şekil 3. Türkiye denizlerinde biyotanın (tüm omurgalı ve omurgasız türleri) mikroplastik kirliliğine maruz kalma durumu ($MP.birey^{-1}$).

Figure 3. Exposure status of biota (all vertebrate and invertebrate species) to microplastic pollution in Türkiye seas ($MP.birey^{-1}$).

İstatistiksel Analiz

Verilerin normallik testi (Shapiro-Wilk) yapılmış olup, ileri analizlerde birey başına MP maruziyetinin, denizlere ve biyolojik gruplara göre farklılık durumunun incelenmesinde tek yönlü varyans analizi (one-way ANOVA) uygulanmıştır, istatistiksel olarak farklılık tespit edilen analiz sonuçlarında Tukey's HSD post-hoc çoklu karşılaştırma testi kullanılarak gruplar arası fark incelenmiştir. Karadeniz ve Akdeniz'de dağılım gösteren *M. barbatus* popülasyonlarının MP kirliliğinden etkilenme durumunun değerlendirilmesinde Student-t testi yapılmıştır. Veri setinin görselleştirilmesi ve istatistiksel analizlerinde açık erişim programı olan ORANGE Data Mining 3.22 ve SPSS (IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp.) programından yararlanılmıştır. Aksi ifade edilmediği sürece metin boyunca hesaplamalarda standart hata ($\pm SE$) kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Türkiye denizlerinde biyotanın MP kirliliğine maruziyetinin tespitine yönelik yapılmış olan on beş çalışmanın yapılmış olduğu yıllar incelendiğinde, ilk çalışmanın yapılmış olduğu yıllar incelendiğinde, ilk çalışmanın 2017 yılında Akdeniz'de gerçekleştirildiği ve 2020 yılına gelindiğinde artık tüm denizlerimizde değerlendirmelerin yapılmaya başlanmış olduğu görülmektedir (Şekil 2). İncelenmek için ilk tercih edilen biyolojik grubun kemikli balıklar olduğu ancak yine 2020 yılına gelindiğinde her üç biyolojik gruba yönelik değerlendirmenin yapıldığı görülmektedir (Şekil 2). Omurgasızlar grubunda 2018 yılında incelemeye alınan ilk türün (*Carcinus aestuarii*) litoral bölgede yaşama uyum sağlamış bir yengeç türü olduğu (Acar ve Ates, 2018) ancak ilerleyen yıllarda araştırmacıların omurgasızların

MP kirliliğinden etkilenme durumu değerlendirmelerinde midye türlerini tercih ettikleri görülmektedir.

Ayrıca, günümüze kadar yalnızca Doğu Karadeniz'de zooplanktonun MP kirliliğinden etkilenme durumunun incelendiği 2 çalışma olduğu görülmektedir.

Literatür verisinin derlenmesiyle oluşturulmuş veri setinin değerlendirilmesi neticesinde tüm türler için Türkiye denizlerinde birey başına mikroplastik maruziyet durumu haritası Şekil 3'de paylaşılmıştır. Buna göre en yüksek etkinin İzmir Körfezinde (6-8 $MP.birey^{-1}$) tespit edildiği, bunu sarıya Hatay ili sahil şeridi (4-6 $MP.birey^{-1}$) ve İstanbul-Tekirdağ-Mersin illerinin sahil şeritlerinin (4-6 $MP.birey^{-1}$) takip ettiği gözlenmektedir. Tüm diğer kıyılarda maksimum iki partiküle ulaşan etkilenme durumu görülmektedir.

MP kirliliğinde en yüksek değerlerin tespit edildiği İzmir ili 4,4 milyon nüfusa sahip (TÜİK, 2022) olup, İzmir körfezinde olası mikroplastik kaynaklarına bakıldığında körfez içerisinde faaliyet gösteren bir adet liman işletmesi, bir adet marina, yolcu taşımacılığının yapıldığı sekiz iskele, yirmi beş adet balıkçı barınağı bulunmaktadır. Yuğun nüfus barındıran ve turizm faaliyetlerinin gerçekleştirildiği kıyı ilçeleri ve kıyısı olmayan merkez ilçelerinden de geçip İzmir körfezine dökülen yirmi beş dere bulunmaktadır. Buna ek olarak Urla-Karaburun ilçeleri körfez içerisinde kalan kıyı bölgesinde bulunan balık yetiştiricilik tesisleri bulunmaktadır (CYGM, 2022). Kirlilik değerlerinin yüksek olduğu ikinci il olan Hatay 1,6 milyon nüfusa sahiptir (TÜİK, 2022), denize doğrudan ya da dolaylı deşarj ihtimali olan öncelikli işletmelerin ya da sanayi tesislerin sayısı on beş, liman işletme tesisi ve petrol-gaz tesisleri on dokuz, balıkçı barınağı dört ve iki adet su ürünleri yetiştiricilik tesisi bulunmaktadır. Beş dere il içerisinde geçerek denize dökülmektedir (CYGM, 2022), buna ek olarak Lübnan, Suriye sınırlarından geçerek Türkiye'ye ulaşan Asi nehri Hatay ili içerisinde

Akdeniz'e dökülmektedir. Ayrıca Lübnan ve Suriye kıyılarında oluşan deniz çöplerinin akıntı ve rüzgarlarla Türkiye sınırlarına ulaşarak İskenderun körfezinde birikimine olanak sağlayabilmektedir (Aydın vd., 2016).

Kirlilik değerlerinin yüksek olduğu diğer üç ile baktığımızda; Türkiye'nin en yüksek nüfusuna sahip olan İstanbul ilinde 15,8 milyon kişi yaşamaktadır (TÜİK, 2022). İstanbul ili Marmara Denizi kıyısı yoğun balıkçılık ve gemi faaliyetlerinin gerçekleştirildiği, kıyasal alana yüksek bir popülasyon sayısına sahiptir. Ayrıca boğaz bölgesinde, on yedi ticari liman, otuz yedi balıkçı barınağı, on marina ve kırk tersane faaliyet göstermektedir. Buna ek olarak Haliç (5 dere), İstanbul Boğazı (10 dere) ve Marmara Denizine (32 dere) dökülen dere sayısı toplamda kırk yedidir (CYGM, 2022). Tekirdağ 1,1 milyon nüfusa sahip olup (TÜİK, 2022), on liman tesisi, yedi balıkçı barınağına, bir yat limanı ve denize dökülen on bir dere bulunmaktadır (CYGM, 2022). Mersin ili 1,8 milyon nüfusa sahip olup (TÜİK, 2022) Mersin Uluslararası Liman İşletmeciliğinin de bulunduğu denize doğrudan ya da dolaylı deşarj ihtimali olan öncelikli işletmelerin ya da sanayi tesislerin sayısı dört, ticari liman sayısı yedi, yedi balıkçı barınağı, iki yat limanı, su ürünleri yetiştiricilik tesisi beş adet ve son olarak otuz dört dere, nehir ve drenaj kanallarına sahiptir (CYGM, 2022). İllerin kıyı bölgelerinde varlığını sürdüren tesislerin (balıkçı barınakları, tersaneler, marinalar) ve bunları oluşturduğu atıklar, faaliyet gösteren ticari ve turistik amaçlı deniz araçların neden olduğu kirlilik ve illerin içerisinde bulunan dereler, antropojenik etkiler ve meteorolojik olaylar (yağmur ve rüzgarlar) sonucunda kirliliğin denizel ortama taşınımına olanak sağlamaktadır.

Birey başına sindirim kanalı içerisinde tespit edilen MP miktarına göre Türkiye denizleri arasında bir farklılık bulunma durumunun araştırılmasına yönelik yapılan ANOVA testi sonucunda anlamlı bir farklılık varlığı tespit edilmiştir ($p=,001$) (Şekil 4). Yapılan çoklu karşılaştırma testi sonrasında Karadeniz'de tespit edilen etkilenme durumunun ($0,42\pm 0,81$) diğer denizlere oranla daha düşük olduğu tespit edilmiştir ($p=,001$).

Ülkemiz çalışmaları dışında Ege Denizinde yapılmış olan çalışmalara bakıldığında; omurgasız tür olan *Paracentrotus lividus* ile yapılan çalışmada birey başına tespit edilen MP sayısı $26\pm 19,37$ MP.birey⁻¹ olarak tespit edilmiştir (Hennicke ve ark., 2021). Üç kemikli balık türü ile yapılmış olan başka bir çalışmada mikropplastik maruziyet aralığı $15,4\pm 3,2-42\pm 20,5$ MP.birey⁻¹ arasında tespit edilmiştir (Miliou ve ark., 2016). Ülkemiz kıyılarındaki MP kirliliği maruziyet oranı yapılan diğer çalışmalara göre düşük olduğu görülmektedir.

Akdeniz kıyı ülkelerinde yapılmış olan çalışmalara bakıldığında; Adriyatik Denizinde altı kemikli balık türü üzerinden yapılan çalışmada birey başına sindirim kanalında tespit edilen MP sayısı $1,75\pm 0,71-4,11\pm 2,85$ MP.birey⁻¹ arasında (Mistri ve ark., 2022), Yunanistan, İyon denizinde dört tür (üç kemikli balık ve bir midye türü) üzerinde yapılmış olan çalışmada mikropplastik maruziyet aralığının balıkları için $0,48\pm 0,2-0,8\pm 0,2$ MP.birey⁻¹, midye türü için $0,8\pm 0,2$ MP.birey⁻¹ (Digka ve ark., 2018), İtalya kıyılarında dört kemikli balık türü üzerine yapılan çalışmada $0,28\pm 0,04$ MP.birey⁻¹ (Valente ve ark., 2022), İspanyanın Akdeniz ve Atlantik kıyısında üç tür üzerinden yapılan çalışmada (1 kıkırdaklı ve 2 kemikli balık)

$1,56\pm 0,5$ MP.birey⁻¹ (Bellas ve ark., 2016) maruziyet tespit edilmiştir. Akdeniz kıyılarımızdaki birey başına MP maruziyet oranlarının yapılan diğer çalışmalara kıyaslandığında etkilenme oranının fazla olduğu görülmektedir. Bunun yanında yapılan bazı çalışmalarda maruziyet oranının Akdeniz kıyılarına kıyasla fazla olan çalışmalarda bulunmaktadır, Adriyatik denizinde iki kemikli balık türü ile yapılan çalışmada $8,62\pm 5,69-9,69\pm 4,09$ MP.birey⁻¹ (Cocci ve ark., 2022), Mısır-İskenderiye kent limanında altı kemikli balık türü üzerinden yapılmış olan çalışmada, $28\pm 21-7527\pm 9551$ MP.birey⁻¹ (Shabaka ve ark., 2020), Tunus, Bizerte lagününde omurgasız bir tür ile yapılan çalışmada $7,7\pm 3,8$ MP.birey⁻¹ (Wakkaf ve ark., 2020), MP kirliliğinden etkilendiği rapor edilmiştir.

Yapılan literatür çalışmalarında Karadeniz'de Türkiye kıyıları hariç MP kirliliğinin biyotadaki maruziyetinin değerlendirildiği çalışma tespit edilememiştir. Ülkemiz kıyılarında MP maruziyetinden en az etkilenme oranına sahip olan Karadeniz kıyılarımız $0,42\pm 0,81$ MP.birey⁻¹, Ege ve Akdeniz'de yapılan çalışmalara göre (Digka ve ark., 2018; Valente ve ark., 2022) çalışmaları hariç etkilenme oranının az olduğu görülmektedir. Buna ek olarak dünya genelinde yapılmış olan çalışmalarda; Bering-Chukchi denizlerinde 11 farklı bentik balık türün değerlendirildiği çalışmada $0,04-1,67$ MP.birey⁻¹ (Fang ve ark., 2018), Avustralya ve Fiji'de 4 kemikli balık türünün değerlendirildiği çalışmada MP maruziyetleri sırasıyla $1,58\pm 0,23$, $0,86\pm 0,14$ MP.birey⁻¹ (Wootton ve ark., 2021) Karadeniz'deki MP kirliliğine kıyasla etkilenme oranlarının fazla olduğu görülmektedir. Biyota üzerine yapılan çalışmalarda MP kirliliğinden etkilenme durumunun en az olduğu diğer çalışmalara bakıldığında; İzlanda batı kıyılarında iki kemikli balık türü için $0,26$ MP.birey⁻¹ (de Vries ve ark., 2020), Çin, Sarıdeniz'de 19 kemikli balık türünde $0,26$ MP.birey⁻¹ (Sun ve ark., 2019), Çin, Beibu Körfezinde 24 kemikli balık türü üzerinden değerlendirilen çalışmada 12 türün etkilendiği ve MP kirliliğinde etkilenme oranları $0,23\pm 0,08$ MP.birey⁻¹ (Koongolla ve ark., 2020) rapor edilmiştir.

Bunun yanında değerlendirmemiz kapsamında oluşturduğumuz biyolojik gruplar arasında birey başına sindirim kanalı içerisinde tespit edilen MP miktarında fark tespit edilmemiştir ($p=,006$).

Türkiye denizlerinde gerçekleştirilen on beş çalışma kapsamında incelenmiş olan toplamda 54 türün yalnızca bir tanesi (*Mullus barbatus*), değerlendirilen denizlerin en az ikisinde (Karadeniz ve Akdeniz) ve birden farklı alanda incelenmiş olması nedeniyle tür bazında denizler arasında farklılık olup olmadığının analizinde kullanılabilmiştir. Yapılan analiz sonucunda Karadeniz'de incelenen bireylerin ($0,48\pm 0,28$), Akdeniz'de incelenen bireylere ($1,60\pm 0,90$) kıyasla, birey başına sindirim kanalında tespit edilen MP sayısı bazında mikropplastik kirliliğinden daha az seviyede etkilendiği görülmektedir ($p=,002$).

Mullus barbatus türü için Akdeniz'de yapılmış olan çalışmalar bakıldığında, en düşük maruziyet oranının İtalya kıyılarında 90 birey üzerine yapılan çalışmada rapor edilmiştir, $0,14\pm 0,04$ MP.birey⁻¹ (Valente ve ark., 2022), Adriyatik denizinde 16 birey ile yapılan başka bir çalışmada $8,62\pm 5,69$ MP.birey⁻¹ (Cocci ve ark., 2022), İspanya kıyılarında 128 birey üzerine yapılan çalışmada $1,9\pm 1,29$ MP.birey⁻¹ (Bellas ve ark., 2016), Türkiye

denizlerinde rapor edilen maruziyet oranların da yüksek olduğu görülmektedir, buna ek olarak Yunanistan kıyılarında 25 birey üzerine yapılan çalışmada $0,8 \pm 0,2$ MP.birey⁻¹ rapor edilmiş olan (Digka ve ark., 2018) maruziyet oranı Türkiye Akdeniz kıyılarına göre düşüktür. Yapılan değerlendirmelerde incelenen tür sayısının fazla olması istatistiksel olarak maruziyet oranlarında daha sağlıklı sonuçların elde edilmesine olanak sağlayacaktır. Türkiye’de *Mullus barbatus* türü için yapılmış olan çalışma sayına bakıldığında Akdeniz çalışmalarında 642 birey, Karadeniz çalışmalarından 341 birey üzerinden maruziyet oranları rapor edilmiştir.

Her ne kadar makro boyuttaki plastik kaynaklı kirliliğin durum ve etkilerine dair günümüze kadar birçok bilimsel araştırma yapılmış olsa da mikroplastik kirliliği ve etkileri yalnızca son yıllarda üzerine çalışma kurgulanan görece yeni bir kirlilik tipidir. Yalnızca altı yıllık bir zaman zarfı içerisinde bu kirlilik tipinin biyota üzerine etkisi Türkiye’deki bilim insanları tarafından incelenmeye başlanmıştır. Literatürde tespit edilen toplamda 15 çalışmayla gerçekleştirilen bu değerlendirmenin en önemli tespitlerinden birisi, bilim insanlarının ortak bir çalışma yöntemi kullanmaması sebebiyle rapor edilen bilgilerin daha geniş ölçekli değerlendirmeler yapılması için yetersiz kalmasıdır. Örneğin çalışmalarda her denizi temsilen tek bir noktanın incelenmiş olması veya tür bazında istatistiksel değerlendirme yapmaya yeterli olmayan miktarlarda birey incelenmiş olması daha geniş kapsamlı değerlendirmeleri zorlaştırmaktadır. Çalışmamız kapsamında gözlemlenen bir diğer husus ise besin zincirinin alt halkalarını teşkil eden zooplanktonların MP kirliliğinden etkilenme durumuna dair gerçekleştirilen çalışmaların yalnızca Türkiye’de Doğu Karadeniz’de sınırlı kalmış olmasıdır (Aytan ve ark. 2020, 2022a). Besin zinciri boyunca biyolojik aktarım açısından da büyük önem taşıyan bu bilginin ülkenin diğer deniz alanları için de ortaya konulması genel değerlendirmeler yapılabilmesi için elzem bir konudur. Ayrıca herhangi bir ön işlemden geçirilmeden bütün halde tüketilen midyelerin MP kirliliğinden etkilenme durumunun tespitinin, denizel ortamdaki bu kirliliğin insana ulaşma sürecinin de değerlendirilebilmesi açısından önem taşıdığı birçok çalışma kapsamında dile getirilmiştir (Gündoğdu ve ark., 2020). Türkiye denizlerindeki çalışmalar incelendiğinde Akdeniz’de suyu filtre ederek beslenen bu gruba dair bir verinin olmadığı görülmüştür.

Sonuç olarak bizler, yapılan çalışmalar ve harcanan eforların yalnızca çalışılan coğrafyayı ifade etmenin ötesine geçerek, elde edilen bilgilerin daha geniş kapsamlı değerlendirmelerde kullanılabilmesi için bilim insanlarının ortak yöntemler kullanması, çalışmalarının kurgularken incelenen birey ve alt alan sayılarını genel değerlendirmeye bilgi sağlayacak nitelikte tercih etmesi ve yukarıda ifade edilen veri boşluklarının kapatılmasına yönelik çalışmaların gerçekleştirilmesini gerekliliğini dile getirmek istiyoruz.

Kaynaklar

Acar S, Ates AS. 2018. Presence of microplastics in the stomachs of *Carcinus aestuarii* Nardo, 1857 in ÇardakLagoon, Canakkale Strait, Turkey. *Cahiers De Biologie Marine*, 59(5), 493–496. DOI:10.21411/CBM.A.B1FAB4DA

- Aksakal D, Çalış M, Yiğitkurt S, Yaşar D. 2021. Işınlı İnci İstiridyesi (*Pinctada imbricata radiata*)’da Mikroplastik Varlığı, 4, 156–160. DOI:10.35229/jaes.1002179
- Andrady AL. 2015. Persistence of plastic litter in the oceans. *Marine anthropogenic litter* (ss. 57–72). Springer, Cham.
- Arthur C, Baker J, Bamford H. 2009. Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris, September 9-11, 2008, University of Washington Tacoma, Tacoma, WA, USA.
- Atamanalp M, Köktürk M, Uçar A, Duyar HA, Özdemir S, Parlak V, Alak G. 2021. Microplastics in Tissues (Brain, Gill, Muscle and Gastrointestinal) of *Mullus barbatus* and *Alosa immaculata*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 81(3): 460–469. DOI:10.1007/s00244-021-00885-5
- Aydin C, Güven O, Salihoğlu B, Kıdeys AE, 2016. The influence of land use on coastal litter: an approach to identify abundance and sources in the coastal area of Cilician Basin, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 16(1) 29 -39 pp. DOI: 10.4194/1303-2712-v16_1_04.
- Aytan U, Esensoy FB, Senturk Y. 2022. Microplastic ingestion and egestion by copepods in the Black Sea. *Science of the Total Environment*, 806. DOI:10.1016/j.scitotenv.2021.150921
- Aytan U, Esensoy FB, Senturk Y, Agirbas, E, Valente A. 2020a. Presence of microplastics in zooplankton and planktivorous fish in the southeastern Black Sea. *Marine Litter in the Black Sea*, 56, 314–325.
- Aytan U, Esensoy FB, Senturk Y, Arifoğlu E, Karaoğlu K, Ceylan Y, Valente A. 2022b. Plastic occurrence in commercial fish species of the black sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 22(12). DOI:10.4194/TRJFAS20504
- Bellas J, Martínez-Armentál J, Martínez-Cámara A, Besada V, Martínez-Gómez C. 2016. Ingestion of microplastics by demersal fish from the Spanish Atlantic and Mediterranean coasts. *Marine Pollution Bulletin*, 109(1), 55– 60. DOI:10.1016/j.marpolbul.2016.06.026
- Bergmann M, Wegener A, Klages M. 2015. *Marine Anthropogenic Litter*. Springer Nature. DOI:10.1007/978-3-319-16510-3
- Caruso G. 2019. Microplastics as vectors of contaminants. *Marine Pollution Bulletin*, 146, 921–924. DOI:10.1016/J.MARPOLBUL.2019.07.052
- Cocci P, Gabrielli S, Pastore G, Minicucci M, Mosconi G, Palermo FA. 2022. Microplastics accumulation in gastrointestinal tracts of *Mullus barbatus* and *Merluccius merluccius* is associated with increased cytokine production and signaling. *Chemosphere*, 307(P3), 135813. DOI:10.1016/j.chemosphere.2022.135813
- Cole M, Lindeque P, Halsband C, Galloway TS. 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2588–2597. DOI:10.1016/j.marpolbul.2011.09.025
- CYGM. 2022. Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Deniz ve Kıyı Yönetimi Dairesi Başkanlığı, Deniz Çöpleri İl Eylem Planları. Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Deniz ve Kıyı Yönetimi Dairesi Başkanlığı. 11.11.2022 Tarihinde adresinden erişildi <https://cygm.csb.gov.tr/deniz-ve-kiyi-yonetimi-dairesi-baskanligi-i-103133>
- de Vries AN, Govoni D, Árnason SH, Carlsson P. 2020. Microplastic ingestion by fish: Body size, condition factor and gut fullness are not related to the amount of plastics consumed. *Marine Pollution Bulletin*, 151, 110827. DOI:10.1016/j.marpolbul.2019.110827
- Digka N, Tsangaris C, Torre M, Anastasopoulou A, Zeri, C. 2018. Microplastics in mussels and fish from the Northern Ionian Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 135, 30–40. DOI:10.1016/j.marpolbul.2018.06.063

- Eryaşar AR, Gedik K, Mutlu T. 2022. Ingestion of microplastics by commercial fish species from the southern Black Sea coast. *Marine Pollution Bulletin*, 177(March), 1– 8. DOI:10.1016/j.marpolbul.2022.113535
- Fang C, Zheng R, Zhang Y, Hong F, Mu J, Chen M, Bo J. 2018. Microplastic contamination in benthic organisms from the Arctic and sub-Arctic regions. *Chemosphere*, 209, 298–306. DOI:10.1016/j.chemosphere.2018.06.101
- Galgani F, Hanke G, Maes T. 2015. Global distribution, composition and abundance of marine litter. İçinde *Marine Anthropogenic Litter* (ss. 29–56). Springer International Publishing. DOI:10.1007/978-3-319-16510-3_2
- Gedik K, Eryaşar AR. 2020. Microplastic pollution profile of Mediterranean mussels (*Mytilus galloprovincialis*) collected along the Turkish coasts. *Chemosphere*, 260, 1–8. DOI:10.1016/j.chemosphere.2020.127570
- Gündoğdu S, Çevik C, Ataş NT. 2020. Stuffed with microplastics: Microplastic occurrence in traditional stuffed mussels sold in the Turkish market. *Food Bioscience*, 37, 100715. DOI:10.1016/J.FBIO.2020.100715
- Gündoğdu S, Çevik C, Ayat B, Aydoğan B, Karaca S. 2018. How microplastics quantities increase with flood events? An example from Mersin Bay NE Levantine coast of Turkey. *Environmental Pollution*, 239, 342–350. DOI:10.1016/j.envpol.2018.04.042
- Gündoğdu S, Çevik C, Temiz AN. 2020. Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tracts of some edible fish species along the Turkish coast. *Turkish Journal of Zoology*, 44, 312–323. DOI:10.3906/zoo-2003-49
- Güven O, Gökdağ K, Jovanović B, Kıdeyş AE. 2017. Microplastic litter composition of the Turkish territorial waters of the Mediterranean Sea, and its occurrence in the gastrointestinal tract of fish. *Environmental Pollution*, 223, 286–294. DOI:10.1016/j.envpol.2017.01.025
- Hennicke A, Macrina L, Malcolm-Mckay A, Miliou A. 2021. Assessment of microplastic accumulation in wild *Paracentrotus lividus*, a commercially important sea urchin species, in the Eastern Aegean Sea, Greece. *Regional Studies in Marine Science*, 45, 101855. DOI:10.1016/j.rsma.2021.101855
- Hitchcock JN. 2020. Storm events as key moments of microplastic contamination in aquatic ecosystems. *Science of the Total Environment*, 734, 139436. DOI:10.1016/j.scitotenv.2020.139436
- Kılıç E, Yücel N. 2022. Microplastic occurrence in the gastrointestinal tract and gill of bioindicator fish species in the northeastern Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*, 177(March), 113556. DOI:10.1016/j.marpolbul.2022.113556
- Koelmans AA, Kooi M, Law KL, Van Sebille E. 2017. All is not lost: Deriving a top-down mass budget of plastic at sea. *Environmental Research Letters*, 12(11). DOI:10.1088/1748-9326/aa9500
- Koongolla JB, Lin L, Pan YF, Yang CP, Sun DR, Liu S, Li HX. (2020). Occurrence of microplastics in gastrointestinal tracts and gills of fish from Beibu Gulf, South China Sea. *Environmental Pollution*, 258, 113734. DOI:10.1016/j.envpol.2019.113734
- Koraltan İ, Mavruk S, Güven O. 2022. Effect of biological and environmental factors on microplastic ingestion of commercial fish species. *Chemosphere*, 303. DOI:10.1016/j.chemosphere.2022.135101
- Kühn S, Bravo Rebolledo EL, Franeker JA. 2015. Deleterious effects of litter on marine life. *Marine anthropogenic litter*, 75–116.
- Lebreton, L, Andrady A. 2019. Future scenarios of global plastic waste generation and disposal. *Palgrave Communications* 2019 5:1, 5(1), 1–11. DOI:10.1057/s41599-018-0212-7
- Lusher A. 2015. Microplastics in the marine environment: Distribution, interactions and effects. İçinde *Marine Anthropogenic Litter* (ss. 245–307). Springer International Publishing. DOI:10.1007/978-3-319-16510-3_10
- Manzoor S, Naqash N, Rashid G, Singh R. 2022. Plastic Material Degradation and Formation of Microplastic in the Environment: A Review. *Materials Today: Proceedings*, 56, 3254–3260. DOI:10.1016/J.MATPR.2021.09.379
- Miliou A, Mentzel S, Almeida M, Maridakis C, Cox R. 2016. Microplastic Fibre Presence In The Food Chain Of *Sphyræna Viridensis* In The Eastern Aegean Sea , Greece 2 Hz University of Applied Sciences Microplastics are considered as a major threat not only for the wildlife but also for the human health as they acc. *Rapp. Comm. Int. Mer Medit.*, 41, 222.
- Mistri M, Sfriso AA, Casoni E, Nicoli M, Vaccaro C, Munari C. 2022. Microplastic accumulation in commercial fish from the Adriatic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 174(December2021), 113279. DOI:10.1016/j.marpolbul.2021.113279
- PlasticsEurope. 2013. Plastics – the Facts 2013 An analysis of European latest plastics production, demand and waste data. 11.11.2022Tarihindeadresindenerişildi <https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/10/2013-Plastics-the-facts.pdf>
- Rios LM, Moore C, Jones PR. 2007. Persistent organic pollutants carried by synthetic polymers in the ocean environment. *Marine Pollution Bulletin*, 54(8), 1230–1237. DOI:10.1016/J.MARPOLBUL.2007.03.022
- Sentürk Y, Esensoy FB, Öztekin A, Aytan U. 2020. Microplastics in bivalves in the southern Black Sea. *Marine Litter in the Black Sea*, 56, 303–313.
- Shabaka SH, Marey RS, Ghobashy M, Abushady AM, Ismail GA, Khairy HM. 2020. Thermal analysis and enhanced visual technique for assessment of microplastics in fish from an Urban Harbor, Mediterranean Coast of Egypt. *Marine Pollution Bulletin*, 159(July), 111465. DOI:10.1016/j.marpolbul.2020.111465
- Sun X, Li Q, Shi Y, Zhao Y, Zheng S, Liang J, Tian Z. 2019. Characteristics and retention of microplastics in the digestive tracts of fish from the Yellow Sea. *Environmental Pollution* 249, 878–885. DOI:10.1016/j.envpol.2019.01.110 Teuten EL, Rowland SJ, Galloway TS, Thompson RC. 2007. Potential for plastics to transport hydrophobic contaminants. *Environmental science ve technology*, 41(22), 7759–7764.
- TÜİK. 2022. *Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları*, 2021.11.11.2022Tarihindeadresindenerişildi <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=45500>
- Valente T, Pelamatti T, Avio CG, Camedda A, Costantini ML, de Lucia GA, Matiddi M 2022. One is not enough: Monitoring microplastic ingestion by fish needs a multispecies approach. *Marine Pollution Bulletin*, 184(May), 114133. DOI:10.1016/j.marpolbul.2022.114133
- Wakkaf T, El Zrelli R, Kedzierski M, Balti R, Shaiek M, Mansour L, Rabaoui L. 2020. Microplastics in edible mussels from a southern Mediterranean lagoon: Preliminary results on seawater-mussel transfer and implications for environmental protection and seafood safety. *Marine Pollution Bulletin*, 158(June). DOI:10.1016/j.marpolbul.2020.111355
- Wootton N, Ferreira M, Reis-Santos P, Gillanders BM. 2021. A Comparison of Microplastic in Fish From Australia and Fiji. *Frontiers in Marine Science*, 8(June). DOI:10.3389/fmars.2021.690991
- Yozukmaz A. 2021. Investigation of microplastics in edible wild mussels from İzmir Bay (Aegean Sea, Western Turkey): A risk assessment for the consumers. *Marine Pollution Bulletin*, 171(June), 112733. DOI:10.1016/j.marpolbul.2021.112733