



## Kumsal Sedimanlarının ve Mikroplastik İçeriklerinin Karakterizasyonu: Muğla Kıyılarından (GB Türkiye) Örnek Çalışma

### *Characterization of Beach Sediments and Their Microplastic Contents: A Case Study from Muğla Coasts (SW Türkiye)*

Murat Gül<sup>1\*</sup>, Ceren Küçükuysal<sup>2</sup>, Ahmed Masud<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, [muratgul@mu.edu.tr](mailto:muratgul@mu.edu.tr)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1555-6426>

<sup>2</sup> Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, [cerenkucukuysal@mu.edu.tr](mailto:cerenkucukuysal@mu.edu.tr)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4108-3522>

<sup>3</sup> Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, [ahmedmasud2014@gmail.com](mailto:ahmedmasud2014@gmail.com)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7704-754X>

#### MAKALE BİLGİLERİ

##### Makale Geçmişi:

Geliş 30 Kasım 2022  
Revizyon 20 Aralık 2022  
Kabul 23 Aralık 2022  
Online 23 Mart 2023

##### Anahtar Kelimeler:

Mikroplastik, Kumsal sedimanı,  
Tane boyu, FTIR,  
Polietilen, Polipropilen,  
Muğla

#### ÖZ

Kumsal sedimanlarının tane boyu ile mikroplastik miktarları arasındaki ilişkiyi irdelemek amacıyla Muğla kumsallarından (Palamutbükü, Datça, Marmaris ve Akyaka) alınan örnekler öncelikle tane boyu bakımından karakterize edilmiştir. Meso- ve makroplastikler üstten aydınlatmalı mikroskop altında tüm sedimandan ayrılmış daha sonra düşük yoğunluklu mikroplastik ayırma yöntemleri uygulanarak mikroplastikler ayrılmıştır. Her lokasyondan örneklenen 1.2 kg kumsal sedimanında belirlenen meso-makroplastik içeriği ile temsili 50 g kumsal sedimanında belirlenen mikroplastik içeriği sırasıyla şöyledir: Palamutbükü örneğinde, 11 adet meso-makro plastik, 56 adet mikroplastik; Datça örneğinde, 13 adet meso-makro plastik, 33 adet mikroplastik; Marmaris örneğinde, 13 adet meso-makro plastik, 143 adet mikroplastik ve Akyaka örneğinde, 4 adet meso-makro plastik, 59 adet mikroplastik. İncelenen örnekler içinde en küçük ortalama tane boyuna sahip, orta kum boyunda olan Akyaka kumsal sedimanı örneği, meso-makroplastik içeriği en düşük olarak belirlenmiştir. İnce çakıl ortalama tane boyuyla en kaba ortalama tane boyuna ve en yüksek çakıl yüzdesine sahip Datça kumsal sedimanı örneği ise mikroplastik sayısı en düşük örneklerdir. Lif ve parça formunda plastik parçalarında gerçekleştirilen Fourier Dönüşümlü Kızıl Ötesi Spektrometresi analizi sonucunda mikroplastiklerin bileşimlerinde doğal polimer olan selülöz ile sentetik polimerlerden olan polietilen ve polipropilen olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada, sediman tane boyu ile mikroplastik bolluğu arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Ancak, tüm düşük yoğunluklu mikroplastikler içinde liflerin miktarının en az olması, sediman-mikroplastik ortamında hidrofobik etkileşimin zayıf olabileceği ve bu nedenle liflerin rüzgar, dalga vb. etmenlerle kolaylıkla taşınabileceği ihtimalini güçlendirmiştir

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 30 November 2022  
Received in revised form 20 December 2022  
Accepted 23 December 2022  
Available online 23 March 2023

##### Keywords:

Mikroplastik, Beach sediment,  
Grain size, FTIR,  
Polyethylene, Polypropylene,  
Muğla

Doi: 10.24012/dumf.1212109

\* Sorumlu Yazar

#### ABSTRACT

In order to examine the relationship between grain size and microplastic amounts of beach sediments, samples taken from Muğla beaches (Palamutbükü, Datça, Marmaris and Akyaka) were first characterized in terms of grain size. Meso- and macroplastics were separated from the bulk sediment under a stereomicroscope, then microplastics were separated using low-density microplastic separation methods. The meso-macroplastic content determined in 1.2 kg beach sediment sampled from each location and the microplastic content determined in 50 g of the representative beach sediment are as follows: 11 meso-macro plastics, 56 microplastics in Palamutbükü sample, 13 meso-macroplastics, 33 microplastics in Datça sample, 13 meso-macroplastics, 143 microplastics in Marmaris sample, and 4 meso-macroplastics and 59 microplastics in Akyaka sample, respectively. Akyaka beach sediment of medium sand size, which has the smallest average grain size among the studied samples, are determined to have the lowest meso-macroplastic content. Datça beach sediment with an average grain size of fine gravel has the coarsest average grain size and the highest percentage of gravel and is the sample with the lowest microplastic content. As a result of the Fourier Transform Infrared Spectrometer analysis performed on plastics in the form of fibers and fragments, it was determined that the compositions of microplastics include cellulose, which is a natural polymer, and polyethylene and polypropylene, which are synthetic polymers. In this study, there is not any relationship established between sediment grain size and microplastic abundance. However, the minimum number of fibers among all low-density microplastics strengthened the possibility of weak hydrophobic interaction in the sediment-microplastic environment and therefore easy transportation of fibers by agents like wind, wave, etc.

## Giriş

Plastikler, hayatın her alanında kullanılabilir olmasının yanında kalıcılıkları yüksek olan, bozduklarında küçük parçalara ayrılabilen ve bu bakımdan ekosistemler için kirletici olabilen malzemelerdir [1]. Plastikler göllerde [2], nehirlerde [3], denizlerde [4], toprakta [5] ve havada [6] bulunabilmektedir. Özellikle denizel alanlarda yapılan çalışmalar plastiklerin hem su kolonunda hem de taban ve kumsal sedimanlarında tutunduğunu göstermektedir [7, 8].

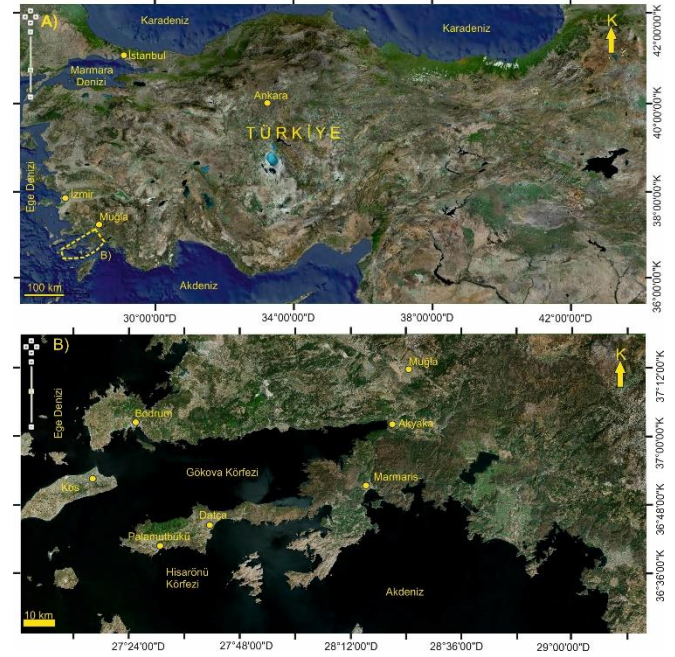
Fiziksel bozunma ile boyutları değişen plastiklerin, 25mm'den büyük olanları makroplastik; 5-25 mm arasında boyuta sahip olanları mesoplastik, 1-5 mm arasında olanlar mikroplastik, 1mm'den küçük olanlar ise mini-nanoplastik olarak sınıflandırılmıştır [8-11]. Gözle görülmesi ve ayırtılması zor olan 5 mm'den küçük olan plastikler okyanuslardaki plastik kirliliğinin %90'ından fazlasını oluşturmaktadır [9,12-15].

Plastiklerin mekanik, fotolitik ve/veya kimyasal süreçlerle bozunması sonucu ortaya çıkan plastik atıklar (özellikle mikro-, mini- ve nanoplastikler) ve bunların ekosistemler üzerinde yarattığı fizyolojik ve biyokimyasal etkiler son yıllarda birçok çalışmaya konu olmaktadır [10,11,16]. Birincil mikroplastikler, paket/ambalaj, plastik şişe, araba parçaları, sentetik tekstil ürünleri, ev işlerinde kullanılan plastikler, kozmetik ürünleri, elektronik ekipmanlar, boyalar ve bunun gibi günlük hayatta kullanılan birçok malzeme olarak tanımlanırken [16-18]; ikincil mikroplastikler makro- ve mikroplastiklerin aşınması ve bozunması sonucunda oluşmaktadır [19]. Mikroplastikler köken maddeye bağlı olarak farklı renk ve şekillerde (şekilsiz, köşeli, yuvarlak, tüp şeklinde, levha şeklinde veya lifimsi) olabilirler [9]. Endüstriyel ve şehirleşme faaliyetleri ile açığa çıkan plastikler hem havadan ve hem de nehirlerle denizlere taşınmaktadır, ayrıca denizlerdeki ticaret-üretim faaliyetleri de önemli plastik kaynağı olarak literatürde yer bulmuştur [11]. Su kaynaklarına ulaşan mikroplastikler canlıların besin zincirine dahil olmaktadır [8,13,14,20,21].

Akdeniz kıyıları, en kirli denizel alanlardan biri olarak bilinmektedir [22-24]. Türkiye'yi çevreleyen denizlerin su yüzeyi, su kolonu, kumsal sedimanları ve çeşitli denizel organizmalardaki plastik içeriği bilimsel çalışmalarla ortaya konmuştur (Karadeniz [25,26]; Marmara Denizi [27-29]; Akdeniz [30-32]; Ege Denizi [33,34]). Muğla Türkiye'nin en uzun kıyılarına sahip olmasına rağmen, kumsal sedimanlarındaki mikroplastik içeriğine dair az sayıda çalışma bulunmaktadır. Yabancı vd. çalışmasında [33] Datça yarımadası güneybatı kısımlarında Aktur, Sörf Kampı, Ovabükü ve Kurucabük kumsal sedimanlarında mikroplastik içeriğini araştırırken, Masud çalışmasında [35] Bodrum yarımadasında bulunan Bodrum, Turgutreis, Boğaziçi ve Güllük kumsallarında mikroplastik içeriğini araştırmıştır.

Bu çalışma kapsamında ise daha önce çalışılmamış Palamutbükü (Datça yarımadası GB ucu), Datça ilçe merkezi, Marmaris ilçe merkezi ve Akyaka (Ula) kumsal sedimanlarında (Şekil 1A,B) mikroplastik içeriği araştırılmış,

ayrıca kumsal sedimanlarının tane boyu özellikleri de mikroplastik içeriği ile karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir.

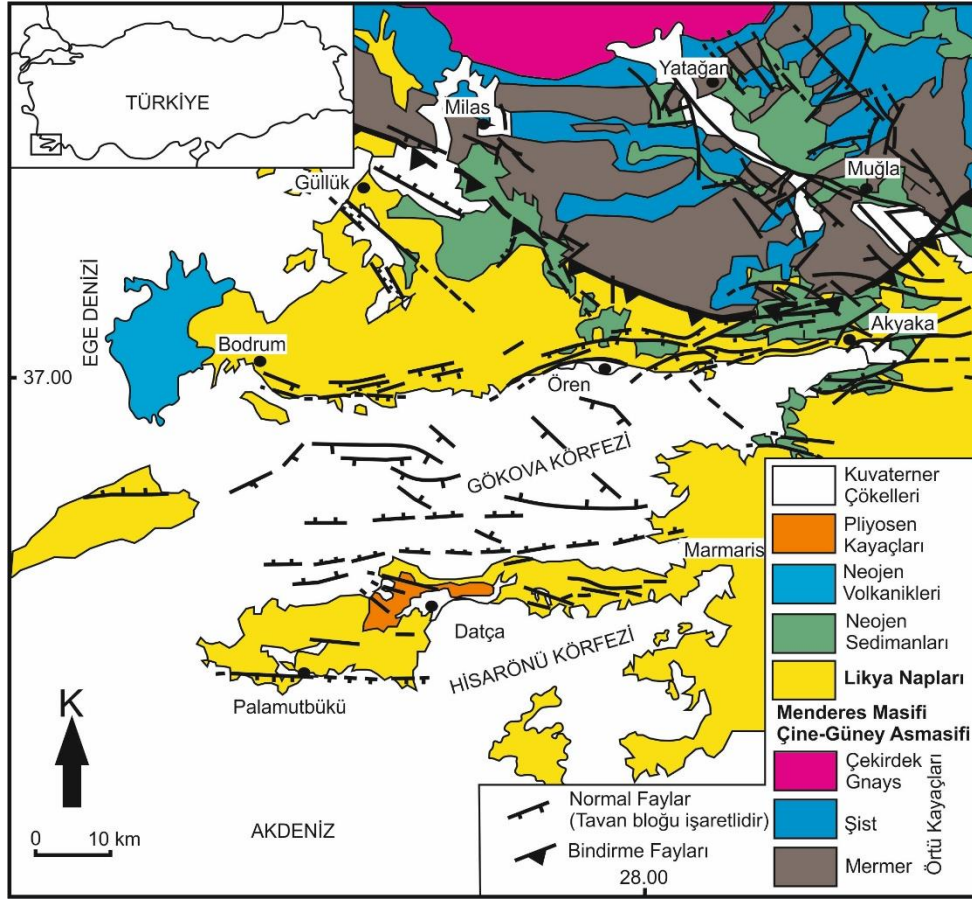


Şekil 1. A) Çalışma alanı yer bulduru haritası [36] B) örnekleme noktalarını gösteren yer bulduru haritası [36]

## Çalışma Alanı Jeolojisi

Farklı yaş ve bileşimlerde kayaçların ve jeolojik unsurların oluşturduğu, Muğla'nın kuzeyinde kalan, Güney (Çine) Asması Prekambriyen'den Orta Paleosen'e uzanan bir yaş aralığındaki, metamorfik baskın birimlerin (gözlü gnayslar, mika şistler, metakuvarsitler) yanında fillat, rekrystalize kireçtaşları, platform karbonatları, marn-killi kireçtaşları, pelajik mermerleri moloz akıntısı ve filiş çökellerinden oluşmaktadır [37-41]. İnceleme alanı ve çevresinde yer alan Likya Napları kireçtaşı ve kırıntılı sedimanlar (Triyas-Kretase ve Paleosen), ofiyolit ve ofiyolitik melanj (Geç Kretase) birimlerinden oluşmaktadır [42-49] (Şekil 2).

Marmaris ve Akyaka kıyılarının, baskın litolojilerinin, özellikle Likya Naplarından (beyaz-krem-gri renkli kireçtaşı sedimanları, yeşil-koyu yeşil-siyah renkli ofiyolitik kayaç parçaları) gelen sedimanlar olduğu belirtilmiştir [50] (Şekil 2). Datça ve Palamutbükü kıyıları ise oldukça geniş bir jeolojik yelpazeye sahip olup, bölgenin baskın litolojilerinden olan, Triyas-Jura karbonatlardan, Orta-Üst Jura radyolarit-çört-karbonatlardan, Üst Kretase-Alt Eosen yaşlı bloklu filiş çökellerinden, Üst Pliyosen yaşlı denizel-tatlı su ortamı çökeli konglomera-kumtaşı-marn-kiltaşı aralanmaları ve tüf birimlerinden [49,51]; bazaltik andezit, andezit, dasit ve riyolitik bileşimde lav parçaları ile kül, tüf, lapilli ve süngertaşı gibi oluşuklardan [52,53] türeyen sedimanları içermektedir (Şekil 2).



Şekil 2. İnceleme alanı genel jeoloji haritası (Görür vd. [44]'ten değiştirilerek alınmıştır).

## Metodoloji

### Örnekleme

İncelenen kumsal sedimanı örnekleri, 2019 sonbaharında Muğla kıyılarında, 4 farklı noktadan (Palamutbükü, Datça, Marmaris ve Akyaka) toplanmıştır (Şekil 1B, 2). Örnekleme noktaları, Muğla'nın kıyı turizmde yoğun olarak tercih edilen alanları olup, aynı zamanda antropojenik kıyı faaliyetlerinin ve yaz dönemi artan nüfusun belirgin olduğu yerlerdir.

Her sahadan, hemen kıyı çizgisi gerisinden, 1 x 1 m'lik karenin köşelerinden ve orta noktasından, yüzeyden 5 cm'lik kısımdan, metal kaşık kullanılarak örnekleme yapılmış; her sahaya ait örnekler kendi içinde birleştirilmiş ve temsili bir adet örnek oluşturularak, toplam 4 örnek laboratuvarında, kontaminasyon olmayacak bir ortamda, oda sıcaklığında kurutulmuştur.

### Sediman ve Mikroplastik Fraksiyonu Ayrımı

Kurutulan örnekler Folk sınıflamasına [54] göre 8 mm, 5mm, 4mm, 2 mm, 1mm, 500 µm, 250 µm, 125 µm, 63 µm eleklerle elenmiş; çakıl, kum, çamur yüzdeleri belirlenerek sediman sınıfları tespit edilmiştir. 5mm altında kalan fraksiyondan mikroplastik analizi için örnek ayrılmıştır.

5 mm'nin üzerinde kalan sedimanlarda ise gözle görülebilen mikroplastikler metal penset ile toplanmıştır. 5 mm'nin

altında kalan fraksiyondan ise 50 g ölçekte homojenleştirilmiş örneklerden mikroplastiklerin alınması için iki farklı yöntem izlenmiştir: Bunlardan ilki, gözle ayırt edilen mikroplastiklerin penset ile toplanması yöntemi olmuştur. Bunun için, laboratuvar koşullarının ve kullanılan ekipmanların steril olmasına dikkat edilmiştir. İkinci yöntem ise doymuş tuz çözeltisiyle uygulanan flotasyon yöntemidir. Bunun için, 358.9 g NaCl'nin 1 L saf su içinde çözülmesi ve 60 °C'de 600 rpm'de, 48 saat boyunca sürekli karıştırılmasıyla elde edilen bir çözelti hazırlanmıştır [55]. Hazırlanan çözelti öncelikle Fischer filtre kâğıdı ile süzülmüş, böylelikle çözeltiden kaynaklanabilecek mikroplastikler uzaklaştırılmıştır [56]. Saflaştırma aşamasından sonra, 200 mL tuz çözeltisi ile 50 g kumsal sedimanı manyetik karıştırıcı ile 600 rpm'de 20 dakika karıştırılmıştır [55]. Yaklaşık 5dk süre, yoğunluğu 1g/cm<sup>3</sup>'ten büyük olan sedimanların çökmesi için beklenmiş; çözeltide askıda kalan düşük yoğunluklu mikroplastiklerin ayrılması için 0.45 µm gözenek açıklığı olan filtre kâğıdı (Fisher scientific, Hollanda) ile süzme işlemi uygulanmıştır. Her örnek için 3 kez tekrarlanan bu süzme işleminden sonra, filtre kâğıtları ve üzerinde kalan taneler laboratuvar ortamında oda sıcaklığında kontaminasyondan korunarak kurumaya bırakılmıştır. Yaklaşık 24 saat kuruma sürecinden sonra filtre kâğıdının üstünde kalan fraksiyon SOIF marka üstten aydınlatmalı 25X ve 40X büyütme mikroskopla incelenmiştir. Bu aşamada ayırt edilen mikroplastikler şekil/form benzerliklerine göre



(lif, parça, tel vs.) olarak gruplanmış ve toplam tane sayılmıştır.

### ATR-FTIR Analizi

Palamutbükü kumsal sedimanlarından ayrılan mikroplastiklerden lif ve parça (şeffaf-beyaz) formunda olanlardan bazıları seçilmiş ve MSKÜ Kimya Bölümü FTIR Laboratuvarında Zayıflatılmış Toplam Yansıma- Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrometresi (ATR-FTIR) analizi gerçekleştirilmiştir. ATR-FTIR analizi, Thermo Scientific Nicolet iS10 Smart iTR kullanılarak iletim modunda dalga sayısının bir fonksiyonu olarak 4000–400  $\text{cm}^{-1}$  arasında 32 tarama sayısı ve 16  $\text{cm}^{-1}$  çözünürlük ile analiz edilmiştir. Spektrumların Thermo Scientific Nicolet iS10 Smart ATR kütüphanesindeki spektral veri tabanı ve ilgili literatür ile karşılaştırılması sonucunda meso-mikroplastiklerin moleküler fonksiyonel grupları belirlenmiş ve muhtemel plastik türü hakkında bilgi sunulmuştur.

## Sonuçlar

### Tane Boyu Analizi Sonuçları

Şekil 3'te verilen kurutulmuş makro örneklere bakıldığında, Palamutbükü ve Datça örneklerinin daha iri taneli, Marmaris örneğinin daha ince taneli, Akyaka örneğinin ise en ince taneli olduğu görülmektedir. Tablo 1'de örneklere ait elek analizi sonuçları, Şekil 4'te de bunların grafiksel gösterimleri verilmektedir.

Ortalama tane boyu açısından değerlendirildiğinde, makro gözlemlere benzer olarak kabadan inceye kumsal sedimanlarının, Datça: granül-ince çakıl, Palamutbükü: çok kaba kum, Marmaris: kaba kum, Akyaka: orta tane boyunda kum olduğu tespit edilmiştir (Tablo 1). Datça ve Marmaris örnekleri, çok kötü boylanmalı olmalarının yanında bimodal frekans dağılımı göstermektedirler (Tablo 1, Şekil 4). Kum boyu taneler Akyaka (%99.9), Palamutbükü (%79) ve Marmaris (%72.3) sedimanlarının önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Datça örneğinde çakıl oranı (% 53.6) kum oranından (% 46.4) daha yüksektir (Tablo 1, Şekil 4). Folk (1974) sınıflama sistemlerine göre Datça örneği kumlu Çakıl (sG), Palamutbükü ve Marmaris örnekleri çakıllı Kum (gS), Akyaka örneği az çakıllı Kum ((g)S) olarak sınıflandırılmıştır (Tablo 1).

### Makro-, Meso- ve Mikroplastik Miktarları

Örneklenen kumsal sedimanlarının bileşimlerinde bölge jeolojisine bağlı olarak çoğunlukla ofiyolitlerden, kireçtaşı ve kırıntılı sedimanter kayalardan gelen kayaç parçaları ve mineraller bulunmaktadır. Bu sedimanlar ve eşlik eden fosil kavkuları mikro-, meso- ve makroplastiklerin üstten aydınlatmalı görüntüleri incelenirken görüntülenmiştir (Şekil 5). Plastiklerin parçalanmış (Şekil 5A, B, C, D) ve tel (Şekil 5B, C) formlarda olduğu belirlenmiştir.

Flotasyon yöntemi ile ayrılan düşük yoğunluklu mikroplastikler filtre kâğıdı üzerinde üstten aydınlatmalı

mikroskop ile görüntülenmiştir (Şekil 6). Lif formunda olan mikroplastikler, farklı renklerde gözlenmiş; kırmızı, siyah, yeşil, turuncu, kahverengi, mavi-lacivert renklerde olan bu formun en baskın renginin ise siyah lifler olduğu anlaşılmıştır. En fazla lif örneği, Marmaris örneğinde (17 adet) görülürken en az lif örneği ise Datça örneğinde bulunmuştur (Tablo 2; Şekil 6). Lif formu dışında tel ve parça formunda mikroplastikler de gözlenmiştir. Siyah ve kahverengi renklerde camsı-şeffaf görünümde olanlar en baskın olanlardır. Bunun yanında daha az oranda farklı renklerde olan parçalar da gözlenmiştir. Parça formunda mikroplastikler en fazla Marmaris örneğinde belirlenmiş; Akyaka ve Palamutbükü örneklerinde ise benzer sayılarda mikroplastik bulunurken, bu formda olan mikroplastikler en az Datça örneğinde tespit edilmiştir (Tablo 2).

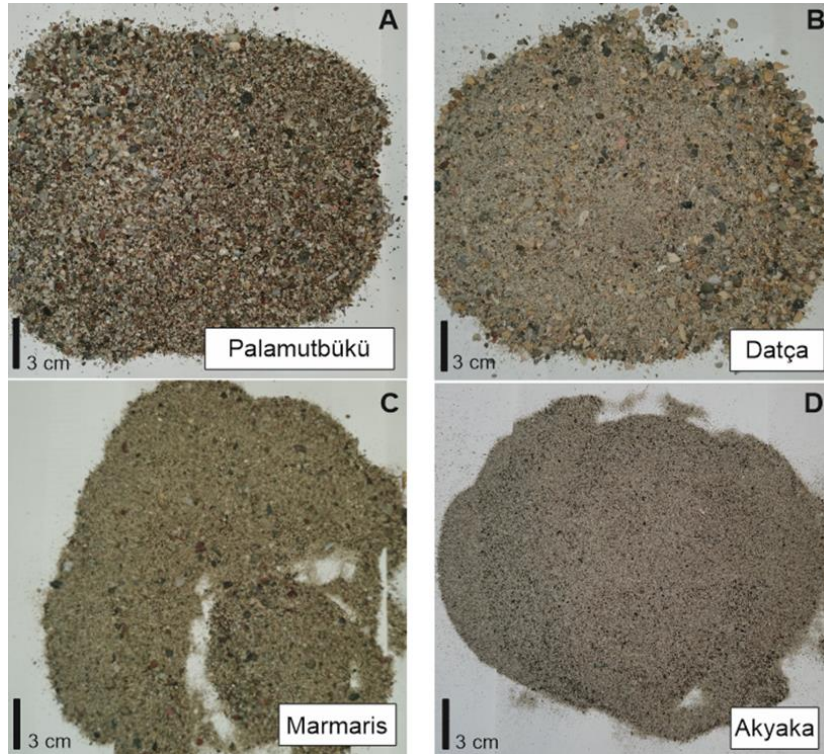
### ATR-FTIR Spektroskopisi Analizi

ATR-FTIR spektroskopisi analizi hem kumsal sedimanlarının hem de mikroplastiklerin bileşimlerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, lif (Şekil 7A, B, F), tel (Şekil 7C) ve parça (Şekil 7D, E, G) formlarında seçilen mikroplastikler ve sediman taneleri (Şekil 7H) incelenmiştir. Mikroplastiklerin FTIR spektrumlarında 3 ana polimerin (selülöz, polietilen ve polipropilen) fonksiyonel grupları bulunmuştur. Buna göre, 3500-3000  $\text{cm}^{-1}$  dalga boyu aralığında görülen O-H gerilme bandı (Şekil 7D, F), 3000-2800  $\text{cm}^{-1}$  aralığında görülen C-H gerilme bandı ve 1630-1680  $\text{cm}^{-1}$  bandında görülen O-H bükme fonksiyonel grubu (Şekil 7G) selülözün lif içeriğinde bulunduğunu göstermektedir [57,58]. Palamutbükü örneğinden alınmış beyaz renkli bir lifin ATR-FTIR spektrumu Thermo Scientific Nicolet iS10 Smart iTR'nin kütüphanesindeki spektrumlarla karşılaştırıldığında beyaz lif örneğinin referans selülöz örneği ile %39-49 arasında örtüştüğü görülmüştür (Şekil 8). Ayrıca, 2900-2800  $\text{cm}^{-1}$  (Şekil 7B, C, D, E, G), 1400-1300  $\text{cm}^{-1}$  (Şekil 7A, B, C, D, E, F, G) ve 1100  $\text{cm}^{-1}$  (Şekil 7D, F) dalga boylarında görülen bantlar ise polipropilenin varlığını işaret etmektedir [59]. Benzer dalga boylarına (2900  $\text{cm}^{-1}$ ; 1450  $\text{cm}^{-1}$ ) ek olarak 717  $\text{cm}^{-1}$  (Şekil 7A) bandında görülen titreşimler ise polietilenin de mikroplastiklerin içeriğinde yer aldığını göstermektedir.

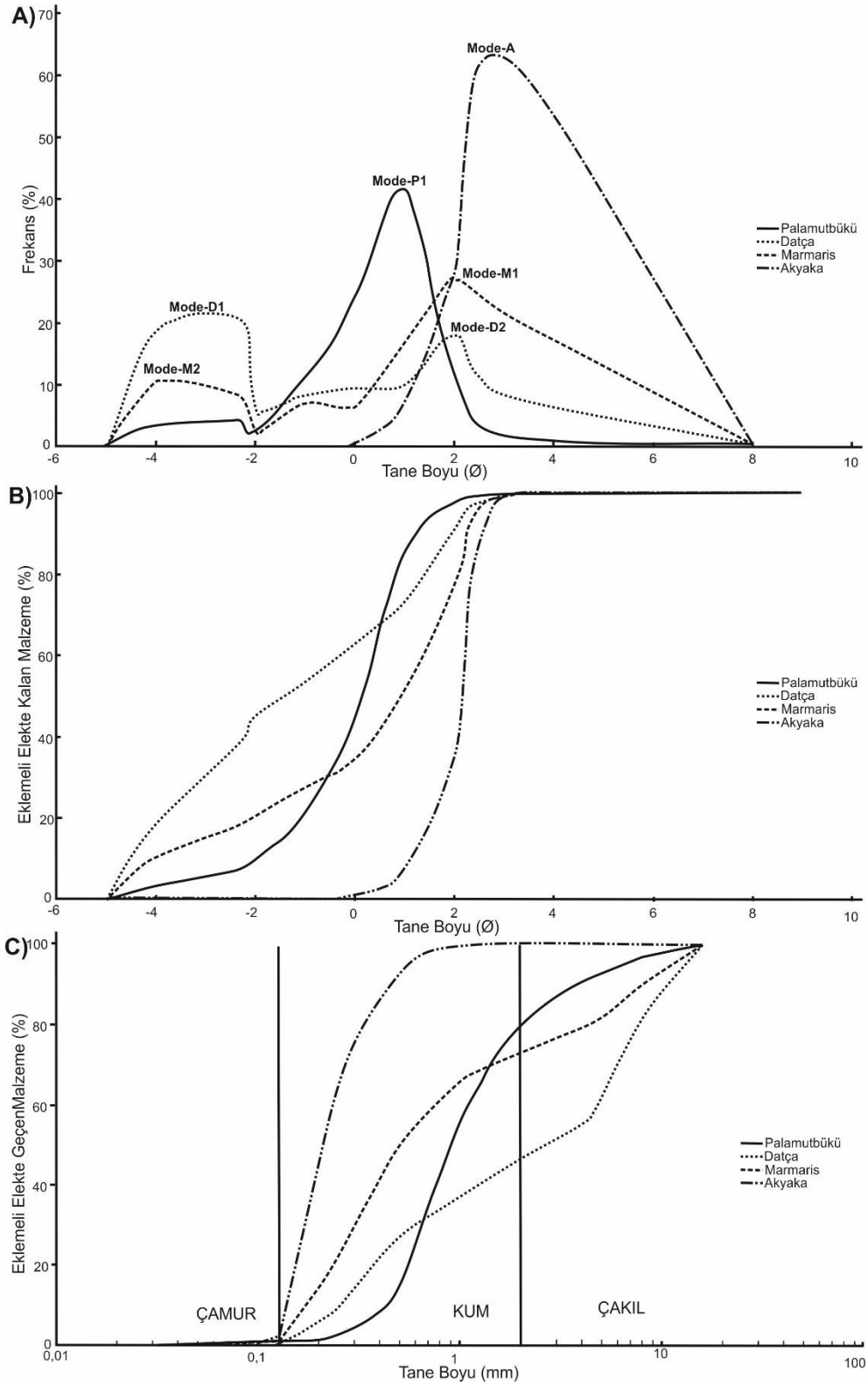
Sediman tanelerinden alınan ATR-FTIR spektrumunda ise 3620  $\text{cm}^{-1}$  dalga boyunda O-H gerilmesinin varlığı hidroksil fonksiyonel grubunu, 2100-1900  $\text{cm}^{-1}$  aralığında belirlenen bantlar absorbe suyun varlığını ve 1000  $\text{cm}^{-1}$  civarında gözlenen titreşim ise Si-O fonksiyonel grubunu ve silika minerallerinden kuvarsın varlığını [60] belirtmektedir (Şekil 7H). Sedimanların ana kayalarının kompozisyonları düşünüldüğünde, tanelerin silikat minerali içeren bileşimlerinin yoğunlukta olduğu anlaşılmıştır.

Tablo 1. Kumsal sedimanı örneklerinin elek analizi sonuçları

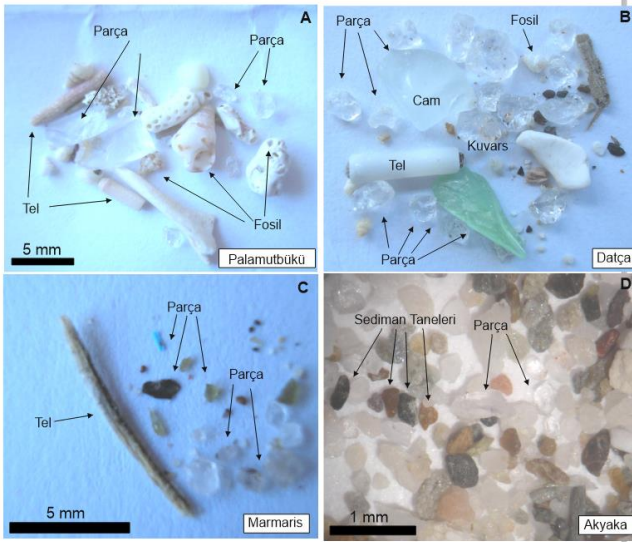
Tane boyu (mm)	Palamutbükü %	Datça %	Marmaris %	Akyaka %
8	3,39	18,50	10,27	0,00
5	4,18	20,27	8,08	0,00
4	2,35	6,48	2,38	0,00
2	11,07	8,33	6,96	0,03
1	23,35	9,58	6,93	0,58
0,5	41,16	10,00	16,15	7,21
0,25	12,03	17,90	27,06	28,44
0,125	2,05	8,58	21,52	62,82
0,063	0,38	0,36	0,63	0,89
Kap	0,05	0,01	0,01	0,04
Toplam (%)	100,0	100,0	100,0	100,0
<b>Ortalama Tane Boyu (Ø)</b>	-0,07	-1,33	0,13	2,00
<b>Ortalama Tane Boyu (mm) – Sediman sınıfı</b>	Çok Kaba kum	Granül	Kaba Kum	Orta Kum
<b>Mode 1- (Ø)</b>	0,5	-3	2	3
<b>Mode 2- (Ø)</b>	-	2	-4	-
<b>Boylanma- (Ø)</b>	1,33 Kötü boylanmalı	2,51 Çok kötü boylanmalı	2,31 Çok kötü boylanmalı	0,54 Orta derecede iyi boylanmalı
<b>Yamukluk -Skewness -(Ø)</b>	-0,38 Çok iri yamuk	0,03 Yaklaşık simetrik	-0,56 Çok iri yamuk	-0,54 Çok iri yamuk
<b>Basıklık-Kurtosis- (Ø)</b>	0,38 Çok yayvan	0,32 Çok yayvan	0,17 Çok yayvan	0,34 Çok yayvan
<b>Çakıl (%)</b>	20,98	53,58	27,69	0,03
<b>Kum (%)</b>	78,97	46,42	72,29	99,93
<b>Çamur (%)</b>	0,05	0,01	0,01	0,04
<b>Sediman Sınıfı (Folk, 1974)</b>	Çakıllı Kum (gS)	Kumlu Çakıl (sG)	Çakıllı Kum (gS)	Az çakıllı Kum ((g)S)



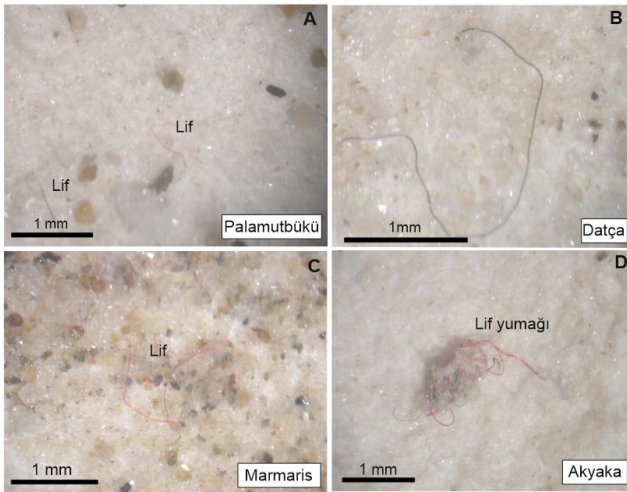
Şekil 3. Çalışma alanından alınan örnekler: A) Palamutbükü, B) Datça, C) Marmaris ve D) Akyaka kumsal sedimanları



Şekil 4. Elek analizi sonuçları. A) Frekans eğrisi. B) Eklenele Elekte Kalan Malzeme Yüzdesi (%) – Tane Boyu (Ø) Eğrisi. C) Eklenele Elekte Geçen Malzeme Yüzdesi (%) – Tane Boyu (mm) Eğrisi



Şekil 5. Üstten aydınlatmalı mikroskop altında ayrılmış plastik taneleri, sedimanlar ve fosiller: A) Palamutbükü örneği, B) Datça örneği, C) Marmaris örneği, D) Akyaka örneği



Şekil 6. Flotasyon yöntemi ile ayrılmış düşük yoğunluklu mikroplastiklerin üstten aydınlatmalı mikroskop görüntüleri: A) Palamutbükü örneği, B) Datça örneği, C) Marmaris örneği, D) Akyaka örneği

## Tartışma

Mikroplastiklerin sedimandan ayrılması konusunda çeşitli yöntemler kullanılmaktadır [61]. Bu çalışmada plastiklerin gözle ve mikroskop altında görülenlerinin penset ile ayrılması; bu yöntemle ayrılamayanların ise saf su ve tuzlu su çözeltisinde yüzdürme (flotasyon) yöntemi ile ayrılmasına çalışılmıştır. Her iki yöntem oldukça hızlı sonuç veren, uygun maliyetli ve mikroplastikleri aşındırmayan yöntemler olduğundan bu çalışmada tercih edilmiştir. Khuyen vd. [62] çalışmasına göre kumsal sedimanlarındaki plastiklerin çoğunluğu tek kullanımlık plastik ürünlerden oluşmakta, bunların ayrışması neticesinde ise düşük yoğunluklu mikroplastikler (örn; PE, PP) meydana gelmektedir. Aynı çalışmada mikroplastiklerin özellikle

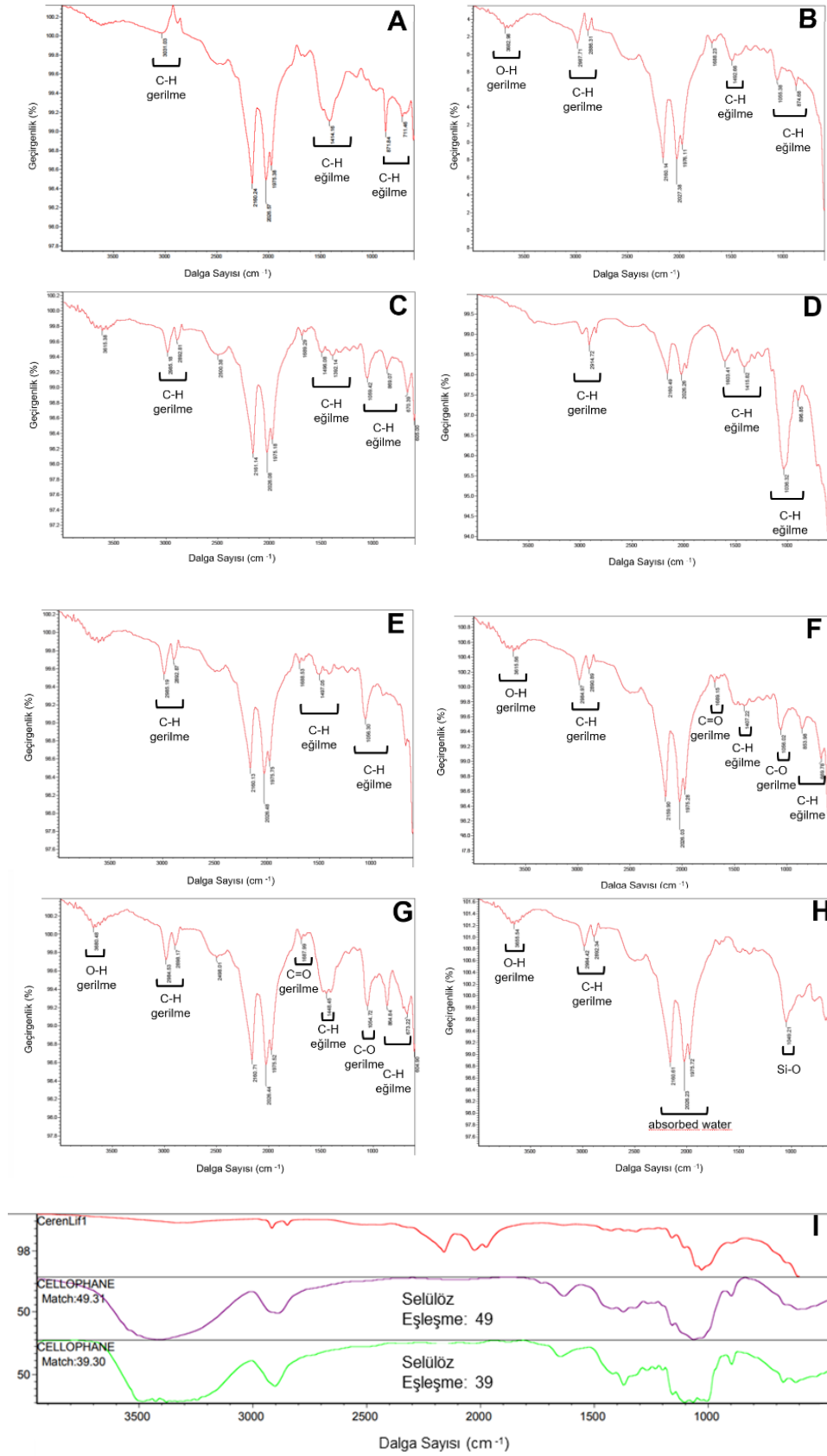
kumsal sedimanlarının ilk 5 cm'lik üst tabakasında yoğunlaştığı bildirilmiştir. Ayrıca, Li vd. [63] ve Nabi vd. [64] çalışmalarında mikroplastiklerin yoğunluklarının dağılımları üzerinde etkisinin oldukça fazla olduğunu ve bu nedenle özellikle düşük yoğunluklu mikroplastiklerin su kolununun en üst seviyelerinde yer alması ile sucul canlıların besin zincirlerine kolaylıkla dahil olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle, mevcut çalışmanın izlediği örnekleme stratejisi ve mikroplastik ayırma yöntemleri kumsal sedimanlarında en fazla bulunan mikroplastik türlerine yönelik seçilmiştir.

Kumsal sedimanlarının tane boyu analizi sonuçları incelendiğinde, mikroplastik bolluğu ile sedimanların tane boyu arasında net bir orantı olmadığı ancak meso- ve makroplastik bolluğu ile tane boyu arasında doğru orantı olduğu gözlenmiştir. Sediman taşınma mesafesinin nispeten kısa olduğu düşünülen Datça-Palamutbükü-Marmaris örneklerinin kötü-oldukça kötü boylanmalı oldukları, ortalama tane boyunun kaba kum üzerinde tane boyunda olduğu, çakıl oranının %20'lerin üzerinde olduğu belirlenmiştir (Tablo 1; Şekiller 3, 4). Sediman taşınma mesafesinin daha uzun olduğu düşünülen Akyaka sahilinde ortalama tane boyu orta kum boyunda olup, %99'u kum olan örneğin oldukça iyi boylanmalı olduğu tespit edilmiştir (Tablo 1; Şekiller 3, 4). Tane boyu ile plastik içeriği karşılaştırıldığında ise ince taneli örneklerde makro- ve mesoplastik miktarının daha az; kaba taneli örneklerde ise lif formunda olan mikroplastik içeriğinin oldukça düşük olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla, kaba taneli kumsal sedimanlarında makro- ve mesoplastik içeriğinin ince taneli kumsal sedimanlarına göre daha fazla olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 2. Çalışma konusu kumsal sedimanlarında belirlenen mikro-, meso- ve makroplastik miktarları

Örneklerde ayrılmış plastikler (adet)	Palamutbükü	Datça	Marmaris	Akyaka
Σmeso-makroplastik / 1,2 kg	11	13	13	4
Lif formunda mikroplastikler/ 50 g	14	6	17	12
Tel ve parça formunda mikroplastikler/ 50 g	42	27	126	47
Σmikroplastik/ 50 g	56	33	143	59
Σmikroplastik/ kg	1120	660	2860	1180

Makro-mesoplastik açısından bakıldığında en az sayıda plastik içeriği (4 adet/1200g) en düşük tane boyuna sahip Akyaka örneklerinde tespit edilmiştir. Bu durum, plastiklerin ortalama sediman boyutundan iri ancak düşük yoğunluklu olmaları nedeniyle rüzgâr veya dalga etkisiyle sedimandan



Şekil 7. Selülöz, polietilen (PE) ve polipropilen (PP) fonksiyonel grupları ile eşleşen mikroplastiklerin ve temsili kumsal sedimanı örneklerinin ATR-FTIR spektrumları: A) beyaz renkli lif; B) bordo renkli lif; C) tel; D) kahverengi parça; E) krem renkli parça; F) lif; G) parça; H) sediman taneleri; I) selülöz spektrumu ile lif örneğinin ATR-FTIR spektrumlarının karşılaştırılması



kolaylıkla uzaklaşabilecekleri ile ilişkilendirilebilir [62]. Toplam mikroplastik miktarına göre, Marmaris örneği en yüksek miktarda (2860 adet/kg) mikroplastik içeren örnek olmuştur. Mikroplastik miktarı en düşük (660 adet/kg) örnek ise en kaba taneli sedimanların bulunduğu Datça örneğidir.

Plastikler ayrışıp küçük boyutlara indirgenirken yüzey alanı/hacim oranları oldukça artar ve hidrofobik etkileşimden dolayı yapışma eğilimi gösterirler [61]. Hidrofobik etkileşimin zayıf olduğu örneklerde ise özellikle düşük yoğunluklu mikroplastikler kolaylıkla rüzgâr veya dalga etkisinden dolayı ortamdan uzaklaşır. Bu çalışmada mikroplastiklerin formu temel alındığında, lif formundaki mikroplastiklerin bolluğunun tel ve parça formunda olanlara göre oldukça düşük olması, mikroplastik-kumsal sedimanı ortamındaki hidrofobik etkileşimin lif formundakiler için daha zayıf olması ile açıklanabilir.

Datça yarımadasında 4 farklı sahilde gerçekleştirilen Yabancı vd. çalışmasında [33] belirlenen mikroplastik miktarları Aktur sahili için  $2073.3 \pm 648.6$  parça/kg; Sörf Kampı sahili için  $1327.5 \pm 422.4$  parça/kg; batısında kalan Kurucabük sahili için  $623.3 \pm 144.3$  parça/kg ve Ovabükü sahili için  $593.3 \pm 283.1$  parça/kg olarak verilmiştir; bu mikroplastiklerin bileşimlerinde stiren-bütadien-stiren kopolimeri, polistiren, polietilen, ataktik polipropilen, naylon II, etilen propilen dien monomer ve polivinil klorid olduğu da aynı çalışmada verilmiştir [33]. Masud tez çalışmasında [35] Bodrum yarımadasında Bodrum, Turgutreis, Güllük ve Boğaziçi sahillerinden ayırt edilen mikroplastiklerin miktarlarını sırasıyla 500-, 332-, 396- ve 228 adet/1.8 kg olarak vermiştir. Baskın olarak lif ve parça formunda mikroplastiklerin polietilen, polivinil asetat, politetrafloroetilen ve selülöz içerdiği sunulmuştur.

Bu çalışmada elde edilen mikroplastik miktarları (660-2860 adet/kg) ile çalışma alanına yakın çevrede farklı sahillerde gerçekleştirilen Yabancı vd. çalışması [33] ve Masud çalışmasında [35] sunulan mikroplastik miktarları karşılaştırıldığında, Datça yarımadası sahillерinden alınan verilerle oldukça yakın değerlerin belirlendiği, bunun yanında Bodrum yarımadasından alınan verilere göre mikroplastik miktarının daha fazla olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde, makroplastikler için yapılan karşılaştırmada, çalışma alanından elde edilen makroplastiklerin toplam sayısının (41 adet/1.2 kg), Yabancı vd. çalışmasında [33] verilen makroplastiklerin toplam sayısından ( $76 \pm 18$  adet/kg) az olması, plastik ayrışma sürecine etki eden doğal ve antropojenik faktörlerin değişkenliği ile ilişkilendirilebilir.

Bu çalışmada incelenen düşük yoğunluklu mikroplastiklerin bileşimlerinde bulunan selülöz, polietilen ve polipropilen dikkate alındığında, Datça yarımadası örnekleri [33] ve Datça-Palamutbükü-Marmaris-Akyaka örnekleri [35] bileşimleri ile benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

## Sonuçlar

Bu çalışmada Muğla kıyılarında 4 farklı noktada yer alan kumsal sedimanlarının özellikleri araştırılmış ve plastik içerikleri ortaya konmuştur. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar şöyledir:

- Akyaka sahilinden alınan örneklerin ortalama tane boyunun çalışılan tüm örnekler arasında en düşük olduğu, orta kum boyu ve orta derecede boylanmalı sedimanlar içerdiği belirlenmiştir. Bunun yanında, Datça-Palamutbükü-Marmaris örneklerinin ise kaba kum-ince çakıl ortalama tane boyutunda kötü-oldukça kötü boylanmalı olduğu tespit edilmiştir. Ana kaya kompozisyonlarına bağlı olarak, kumsal sedimanlarında yoğunlukla silikat mineralleri gözlenmiştir.
- Mikroplastiklerin fiziko-kimyasal özelliklerine zarar vermeden ayrılması için seçilen yöntemlerle (saf su ve tuzlu su çözeltisinde yüzdürme-flotasyon) düşük yoğunluklu mikroplastikler ayrılmıştır.
- Düşük yoğunluklu mikroplastiklerin ATR-FTIR spektroskopisi analizi, bileşimlerinde doğal polimer olan selülöz (selofan) ile, sentetik polimerlerden polietilen ve polipropilen olduğunu ortaya koymuştur.
- Datça-Palamutbükü-Marmaris-Akyaka kumsal sedimanlarında belirlenen mikroplastik miktarları ile sediman tane boyu arasında doğrusal bir ilişki olmadığı belirlenmiştir.
- Makro- ve mesoplastik miktarları en az olan örnekler Akyaka kumsal sedimanları olurken, en fazla mikroplastik miktarı Marmaris örneğinde bulunmuştur. En düşük mikroplastik miktarı ise en kaba taneli sedimanların bulunduğu ve en fazla çakıl yüzdesine sahip Datça örneğinde belirlenmiştir.

İncelenen mikroplastik formları içinde en az miktarda bulunan lif formundaki mikroplastiklerin yüzey alanı/hacim oranı en yüksek olmasına rağmen hidrofobik etkileşimlerinin zayıf olması nedeniyle ortamdan rüzgâr ve/veya dalga gibi doğal faktörlerle uzaklaştığı yorumuna varılmıştır.

Turizmin oldukça yoğun olduğu Muğla kıyılarında mikroplastiklerin kaynaklarının ve türlerinin belirleneceği, doğal ve beşeri faktörlere bağlı olarak miktarlarındaki değişimlerin izleneceği kapsamlı çalışmaların yapılması çevre sağlığı ve atık yönetimi konusunda önemli katkılar sunacaktır.

## Teşekkür

Arazi çalışması ve laboratuvarında örnek hazırlama aşamasında verdiği katkıdan dolayı Muratcan GÜL'e ve ATR-FTIR analizinin gerçekleşmesi konusunda katkısından dolayı Dr. Özge TOKUL ÖLMEZ'e (MSKÜ Kimya Bölümü) teşekkür ederiz. Yazarlar editör ve hakemlere yayına sundukları katkılardan dolayı teşekkür ederler.

**Kaynakça**

- [1] European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, "Environmental and health risks of microplastic pollution," Publications Office of the European Union, Available: <https://data.europa.eu/doi/10.2777/65378>, 2019.
- [2] P. L. Corcoran, T. Norris, T. Ceccanese, M.J. Walzak, P. A. Helm, and C. H. Marvin, "Hidden plastics of Lake Ontario, Canada and their potential preservation in the sediment record," *Environmental Pollution*, vol. 204, pp. 17-25, 2015.
- [3] S. Magni, L. Nigro, C. D. Torre, and A. Binelli, "Characterization of plastics and their ecotoxicological effects in the Lambro River (N. Italy)," *Journal of Hazardous Materials*, vol. 412, 125204, 2021.
- [4] D. Materić, R. Holzinger, and H. Niemann, "Nanoplastics and ultrafine microplastic in the Dutch Wadden Sea – The hidden plastics debris?" *Science of The Total Environment*, vol. 846, pp. 157371, 2022.
- [5] Y. Huo, F. A. Dijkstra, M. Possell, and B. Singh. "Chapter One - Plastics in soil environments: All things considered" *Advances in Agronomy*, vol. 175, pp. 1-132, 2022.
- [6] N. F. A. Biber, A. Foggo, and R. C. Thompson, "Characterising the deterioration of different plastics in air and seawater," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 141, pp. 595-602, 2019.
- [7] V. Hidalgo-Ruz, L. Gutow, R. C. Thompson, and M. Thiel, "Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification" *Environmental Science and Technology*, vol. 46, pp. 3060–3075, 2012.
- [8] A. Lusher, "Microplastics in the Marine Environment: Distribution, Interactions and Effects" in *Marine Anthropogenic Litter*. Springer, Cham. pp. 245-307, 2015.
- [9] R. C. Thompson, "Microplastics in the Marine Environment: Sources, Consequences and Solutions," in *Marine Anthropogenic Litter*, Springer Open, pp. 185-200, 2015.
- [10] C. Alomar, F. Estarellas, S. Deudero, "Microplastics in the Mediterranean Sea: Deposition in coastal shallow sediments, spatial variation and preferential grain size," *Marine Environmental Research*, vol. 115, pp. 1-10, 2016.
- [11] L. G. A. Barboza, A. D. Vethaak, B. R. B. O. Lavorante, A. K. Lundebye, and L. Guilhermino, "Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 133, pp. 336–348, 2018.
- [12] M. Eriksen, L. C. M. Lebreton, H. S. Carson, M. Thiel, C. J. Moore, J. C. Borerro, F. Galgani, P. G. Ryan, and J. Reisser, "Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea," *PLoS One*, vol. 9(12), e111913, 2014.
- [13] T. S. Galloway, "Micro- and Nano-plastics and Human Health," in *Marine Anthropogenic Litter*. Springer, Cham., 2015, pp. 343-366.
- [14] A. A. Koelmans, E. Besseling, and W. J. Shim, "Nanoplastics in the Aquatic Environment. Critical Review" in *Marine Anthropogenic Litter*. Springer, Cham. pp. 325-340, 2015.
- [15] G. Suaria, C. G. Avio, A. Mineo, G. L. Lattin, M. G. Magaldi, G. Belmonte, C. J. Moore, F. Regoli, and S. Aliani, "The Mediterranean plastic soup: synthetic polymers in Mediterranean surface waters," *Scientific Reports*, vol. 6, 37551, 2016.
- [16] M. A. Browne, "Sources and Pathways of Microplastics to Habitats," in *Marine Anthropogenic Litter*. Springer, Cham. pp. 229-244, 2015.
- [17] M. R. Gregory, "Plastic 'scrubbers' in hand cleansers: a further (and minor) source for marine pollution identified," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 32, no.12, pp. 867-871, 1996.
- [18] L.S. Fendall, and M. A. Sewell, "Contributing to Marine Pollution by Washing Your Face: Microplastics in Facial Cleansers," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 58, pp. 1225-1228, 2009.
- [19] M. A. Browne, T. Galloway, and R. Thompson, "Microplastic—An Emerging Contaminant of Potential Concern?" *Integrated Environmental Assessment and Management*, vol. 3, no. 4, pp. 559-561, 2007.
- [20] O. Güven, K. Gökdağ, B. Jovanović, and A. E. Kideys, "Microplastic litter composition of the Turkish territorial waters of the Mediterranean Sea, and its occurrence in the gastrointestinal tract of fish" *Environmental Pollution*, vol. 223, pp. 286-294, 2017.
- [21] S. Rist, B. C. Almroth, N. B. Hartmann, and T. M. Karlsson, "A critical perspective on early communications concerning human health aspects of microplastics," *Science of the Total Environment*, vol. 626, pp. 720–726, 2018.
- [22] S. Gündoğdu, and C. Çevik, "Micro- and mesoplastics in Northeast Levantine coast of Turkey: The preliminary results from surface samples" *Marine Pollution Bulletin*, vol. 118, pp. 341–347, 2017.
- [23] A. Cincinelli, T. Martellini, C. Guerranti, C. Scopetani, D. Chelazzi, and T. Giarrizzo, "A potpourri of microplastics in the sea surface and water column of the Mediterranean Sea," *Trends in Analytical Chemistry*, vol. 110, pp. 321-326, 2019.
- [24] E. Constantino, I. Martins, J. M. Salazar Sierra, and F. Bessa, "Abundance and composition of floating marine macro litter on the eastern sector of the Mediterranean Sea," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 138, pp. 260–265, 2019.
- [25] U. Aytan, A. Valente, Y. Şentürk, R. Usta, F. B. Esensoy Şahin, R. E. Mazlum, and E. Ağırbaş, "First evaluation of neustonic microplastics in Black Sea

- waters,” *Marine Environmental Research*, vol. 119, pp. 22-30, 2016.
- [26] Y. Terzi, K. Gedik, A. R. Eryaşar, R. Ç. Öztürk, and A. Şahin, “Microplastic contamination and characteristics spatially vary in the southern Black Sea beach sediment and sea surface water,” *Marine Pollution Bulletin*, vol. 174, 113228, 2022.
- [27] S. Tunçer, O. B. Artüz, M. Demirkol, and M. L. Artüz, “First report of occurrence, distribution, and composition of microplastics in surface waters of the Sea of Marmara, Turkey,” *Marine Pollution Bulletin*, vol. 135, pp. 283–289, 2018.
- [28] S. Vardar, T. T. Onay, B. Demirel, and A. E. Kideys, “Evaluation of microplastics removal efficiency at a wastewater treatment plant discharging to the sea of Marmara,” *Environmental Pollution*, vol. 289, 117862, 2021.
- [29] K. Gedik, A. R. Eryaşar, and A. M. Gözler, “The microplastic pattern of wild-caught Mediterranean mussels from the Marmara Sea,” *Marine Pollution Bulletin*, vol. 175, 113331, 2022.
- [30] ÇŞB, “Denizlerde Bütünlük Kirlilik İzleme İşi 2014-2016 Akdeniz Özet Raporu” Çevre ve Şehircilik Bakanlığı – Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, 2017, pp. 68.
- [31] E. Kılıç, and N. Yücel, “Microplastic occurrence in the gastrointestinal tract and gill of bioindicator fish species in the northeastern Mediterranean” *Marine Pollution Bulletin*, vol. 177, 113556, 2022.
- [32] A. E. Kideys, “ODTÜ - Deniz Bilimleri Enstitüsünde deniz atıkları/mikroplastik araştırmaları ve ilköğretime yönelik “Denizimi Tanıyorum Koruyorum Eğitimi. 5. Plaj Mavi Bayrak Temsilcisi Eğitimi Programı”, Antalya, 6-7 Nisan 2017.
- [33] M. Yabanlı, A. Yozukmaz, İ. Şener, and Ö. T. Ölmez, “Microplastic pollution at the intersection of the Aegean and Mediterranean Seas: A study of the Datça Peninsula (Turkey),” *Marine Pollution Bulletin*, vol. 145, pp. 47–55, 2019.
- [34] A. Yozukmaz, “Investigation of microplastics in edible wild mussels from İzmir Bay (Aegean Sea, Western Turkey): A risk assessment for the consumers,” *Marine Pollution Bulletin*, vol. 171, 112733, 2021.
- [35] A. Masud, “Microplastic Contents and Sediment Classification of Selected Sites in Bodrum and Güllük Beaches (Muğla, SW Turkey),” M.S. thesis, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Muğla Sıtkı Koçman University, Muğla, 2022.
- [36] <http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx> (erişim tarihi: 19/03/2020)
- [37] N. Konak, N. Akdeniz, and E. M. Öztürk, “Geology of the south of Menderes Massif” in Guide Book for the Field Excursion along Western Anatolia, for the IGCP Project No. 5: Correlation of Variscan and pre-Variscan events of the Alpine-Mediterranean mountain belt. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, pp. 42-53, 1987.
- [38] A. Okay, “Geology of the Menderes Massif and the Lycian Nappes south of Denizli, western Taurides,” *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, vol. 109, pp. 37-51, 1989.
- [39] O. Ö. Dora, N. Kun, and O. Candan, “Metamorphic history and geotectonic evolution of the Menderes Massif”. In Proc. International Earth Sciences Congress on Aegean Regions, 1990, vol.2, pp. 102-115.
- [40] S. Özer, H. Sözbilir, I. Özkar, V. Toker, and B. Sarı, “Stratigraphy of Upper Cretaceous–Palaeogene sequences in the southern and eastern Menderes Massif (western Turkey),” *International Journal of Earth Sciences*, vol. 89, pp. 852–866, 2001.
- [41] E. Bozkurt, “Granitoid rocks of the southern Menderes Masif (southwestern Turkey): field evidence for Tertiary magmatism in an extensional shear zone,” *International Journal of Earth Sciences*, vol. 93, pp. 52–71, 2004.
- [42] Ş. Ersoy, “Batı Toros (Likya) Napları'nın yapısal öğelerinin ve evrimin analizi,” *Jeoloji Mühendisliği Dergisi* vol. 37, 5-16, 1990.
- [43] Ş. Ersoy, “Datça (Muğla) yarımadasının stratigrafisi ve Tektoniği,” *Türkiye Jeoloji Bülteni*, vol. 34, pp. 1-14, 1991.
- [44] N. Görür, A. M. C. Şengör, M. Sakıncı, O. Tüysüz, R. Akkök, E. Yiğitbaş, F. Y. Oktay, A. Barka, N. Sarıca, B. Ecevitoglu, E. Demirbağ, Ş. Ersoy, O. Algan, C. Güneysu, and A. Aykol, “Rift formation in the Gökova Region, Southwest Anatolia: implications for the opening of the Aegean Sea” *Geological Magazine*, vol. 132, no. 6, pp. 637-650, 1995.
- [45] A. S. Collins, and A. H. F. Robertson, “Lycian melange, southwestern Turkey: an emplaced Late Cretaceous accretionary complex,” *Geology*, vol. 25, pp. 255-258, 1997.
- [46] A. S. Collins, and A. H. F. Robertson, “Processes of Late Cretaceous to Late Miocene episodic thrust-sheet translations in the Lycian Taurides, SW Turkey,” *Journal of the Geological Society of London*, vol. 155, pp. 759–772, 1998.
- [47] A. S. Collins, and A. H. F. Robertson, “Evolution of the Lycian Allochthon, western Turkey, as a north-facing Late Palaeozoic to Mesozoic rift and passive continental margin,” *Geological Journal*, vol. 34, pp. 107–138, 1999.
- [48] A. H. F. Robertson, “Mesozoic Tertiary tectonic-sedimentary evolution of a south Tethyan oceanic basin and its margins in southern Turkey” in Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area. Geological Society, London, Special Publications, vol 173, pp. 43-82, 2000.
- [49] K. Dirik, A. Türkmenoğlu, N. Tuna, and M. Dirican, “Datça Yarımadası'nın Neotektoniği, Jeomorfolojisi ve Bunların Eski Medeniyetlerin Yerleşimi ve Gelişimi Üzerindeki Etkisi” ODTÜ AFP-00-07-03-13 Kod Nolu Proje, 2003.

- [50] M. Gül, Ö. Yılmaz, and Ö. Zeybek, "Morphology and Textural Characteristics of Coastal Sediments of the NE of the Gökova Graben (SW Turkey)", *Journal of Coastal Conservation*, vol. 23, pp.417-434, 2019.
- [51] K. Dirik, "Neotectonic characteristic and Seismicity of the Reşadiye Peninsula and Surrounding Area, southwest Anatolia," *Türkiye Jeoloji Bülteni*, vol. 50 no. 3, pp. 130-149, 2007.
- [52] T. Ercan, E. Günay, H. Baş, and B. Can, "Datça Yarımadasındaki Kuvaterner yaşlı volkanik kayaçların petrolojisi ve kökensel yorumu," *MTA Dergisi*, vol. 97/98, pp. 45-56, 1984.
- [53] G. Gençalioğlu- Kuşcu, and G. Uslular, "Geochemical characterization of mid-distal Nisyros tephra on Datça peninsula (southwestern Anatolia)," *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, vol. 354, pp. 13-28, 2018.
- [54] R. L. Folk, "The petrology of sedimentary rocks," Hemphill Publishing Co., Austin, 1974, pp. 182.
- [55] A. Besley, M. G. Vijver, P. Behrens, and T. Bosker, "A standardized method for sampling and extraction methods for quantifying microplastics in beach sand," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 114, pp. 77-83, 2017.
- [56] D. Yang, H. Shi, L. Li, J. Li, K. Jabeen, and P. Kolandhasamy, "Microplastic pollution in table salts from China," *Environmental Science and Technology*, vol. 49, pp. 13622-13627, 2015.
- [57] G. Canché-Escamilla, D. E. Pacheco-Catalán, and S. B. Andrade-Canto, "Modification of properties of rayon fibre by graft copolymerization with acrylic monomers," *Journal of Materials Science*, vol. 41, pp. 7296-7301, 2006.
- [58] E. Andreassen, "Infrared and Raman spectroscopy of polypropylene," in *Polypropylene: An A-Z Reference Chapter: Infrared and Raman spectroscopy of polypropylene*. Kluwer Publishers, 1999.
- [59] P. Garside, and P. Wyeth, "Identification of Cellulosic Fibres by FTIR Spectroscopy- Thread and Single Fibre Analysis by Attenuated Total Reflectance," *Studies in Conservation*, vol. 48, no. 4, pp. 269-275, 2003.
- [60] B. Manoj, and P. Narayanan, "Study of Changes to the Organic Functional Groups of a High Volatile Bituminous Coal during Organic Acid Treatment Process by FTIR Spectroscopy," *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, vol. 1, pp. 39-43, 2013.
- [61] M. Yuan, Y. Zhang, W. Guo, S. Chen, Y. Qiu, , and P. Zhang, "A rapid staged protocol for efficient recovery of microplastics from soil and sediment matrices based on hydrophobic separation." *Marine Pollution Bulletin*, vol. 182, 113978, 2022. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2022.113978>.
- [62] V.T.K. Khuyen, D.V. Le, H.A. Le, A.R. Fischer, and C. Dornack, "Assessing Microplastic Prevalence and Dispersion from Saigon Urban Canals via Can Gio Mangrove Reserve to East Sea by Raman Scattering Microscopy," *Microplastics*, vol. 1, pp. 536-553, 2022. <https://doi.org/10.3390/microplastics1030038>
- [63] C. Li, Q. Cui, M. Zhang, R.D. Vogt, and X. Lu, "A commonly available and easily assembled device for extraction of bio/non-degradable microplastics from soil by flotation in NaBr solution," *Science of the Total Environment*, vol. 759, 143482, 2021. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.143482>.
- [64] I. Nabi, A.U.R. Bacha, and L. Zhang, "A review on microplastics separation techniques from environmental media," *Journal of Cleaner Production*, vol. 337, 130458, 2022.