



**MERSİN KIYI ŞERİDİNDE DAĞILIM GÖSTEREN
PATELLİDAE (ARCHEOGASTROPODA) TÜRLERİNİN
ZONASYONUNDA YUMUŞAK DOKU MİKROPLASTİK
DÜZEYİNİN ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ezgi DEĞİRMENCI

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SU ÜRÜNLERİ
ANABİLİM DALI**

**MERSİN
EYLÜL- 2022**

**MERSİN KIYI ŞERİDİNDE DAĞILIM GÖSTEREN
PATELLİDAE (ARCHEOGASTROPODA) TÜRLERİNİN
ZONASYONUNDA YUMUŞAK DOKU MİKROPLASTİK
DÜZEYİNİN ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ezgi DEĞİRMENCİ
ORCID ID: 0000-0002-3648-6028

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SU ÜRÜNLERİ
ANABİLİM DALI**

Danışman
Doç. Dr. Nuray ÇİFTÇİ
ORCID ID: 0000-0002-2925-0332

**MERSİN
EYLÜL - 2022**

ÖZET

Mersin Kıyı Şeridinde Dağılım Gösteren Patellidae (Archeogastropoda) Türlerinin Zonasyonunda Yumuşak Doku Mikroplastik Düzeyinin Etkisi

Araştırmada Mersin kıyı şeridinde dağılım gösteren Archaeogastropoda (Thiele, 1925) takımının Patellidae ailesine ait *Patella rustica* (Linnaeus, 1758), *Patella caerulea* (Linnaeus, 1758) ve *Patella ulyssiponensis* (Gmelin, 1791) türlerinin zonasyonunda yumuşak doku mikroplastik düzeylerinin etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Araştırma sahasını Mersin Viranşehir kıyılarından belirlenen deniz suyu seviyesinde supralittoral ve deniz suyu seviyesi altında bulunan mediolittoral ve infralittoral zonu kapsayan 4 m²'lik üç bölge oluşturmaktadır. Çalışma sahasında 12 m²'lik alandan toplam 80 birey örneklenmiştir. Laboratuvara getirilen örneklerin tür tanımlaması radula dişlerinin morfolojik görünümü dikkate alınarak yapılmıştır. Tür tanımlaması yapılan toplam 80 bireyin kabuk morfolojisi belirlenmiş ve yumuşak doku mikroplastik düzeyleri saptanmıştır. Verilerin istatistik analizinde tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve değişkenler arasındaki ilişki Pearson lineer korelasyon katsayısı hesaplanarak değerlendirilmiştir.

Araştırmada 4 m²'lik her üç bölgenin supralittoral zonunda *Patella* genusuna ait bireye rastlanmamıştır. Mediolittoral ve infralittoral zondan toplanan tüm bireylerin *P. caerulea* türüne ait olduğu saptanmıştır. Morfometrik olarak *P. caerulea*'nın infralittoral zonda dağılım gösteren bireylerinin mediolittoral zonda dağılım gösteren bireylerden daha büyük oldukları belirlenmiştir ($p<0,01$). Kabuk şekil analizi bulgularına göre mediolittoral zondan örneklenen bireylerde kabuk daha dar, eliptik, tepe noktası merkeze daha yakın iken, infralittoral zondan örneklenen bireyler daha geniş, ovül, tepe noktası ise anterior uca yakın asimetrik bulunmuştur. Her iki zondan örneklenen bireylerde koniklik bakımından farklılık bulunamamıştır ($p>0,01$). Infralittoral zondan örneklenen bireylerin kabuk yüzey alanı ve kabuk hacmi mediolittoral zondan örneklenen bireylerden büyüktür.

P. caerulea'nın yumuşak doku mikroplastik düzeyleri mediolittoral zonda $17,05 \pm 16,84$ MP/birey, infralittoral zonda $10,88 \pm 8,02$ MP/birey olarak belirlenmiştir. Yumuşak dokunun gramı başına ortalama mikroplastik sayısı; granül $10,64 \pm 1,97$, fragment $31,85 \pm 6,39$, filament $8,59 \pm 1,15$ ve film $4,46 \pm 0,91$ MP/g olarak belirlenmiştir. Filament dışında MP sayılarının mediolittoral zonda infralittoral zondan daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p<0,05$). Mediolittoral ve İnftralittoral zonda belirlenen MPler arasında fragment olarak sınıflandırılan MP'ler en yüksek, film olarak sınıflandırılan MP'ler ise en düşük sayıda bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Patellidae, Kabuk Morfolojisi, Yumuşak Doku, Mikroplastik, Zonasyon

Danışman: Doç. Dr. Nuray ÇİFTÇİ, Mersin Üniversitesi, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Mersin.

ABSTRACT

The Effect of Soft Tissue Microplastic Level on the Zonation of Patellidae (Archeogastropoda) Species Distributed in Mersin Coastline

In this study, it was aimed to investigate the effect of soft tissue microplastic levels on the zonation of *Patella rustica* (Linnaeus, 1758), *Patella caerulea* (Linnaeus, 1758) and *Patella ulyssiponensis* (Gmelin, 1791) belonging to the Patellidae family of the Archaeogastropoda (Thiele, 1925), which are distributed along the Mersin coastline. The research area consists of three regions of 4 m² covering the supralittoral at sea level and the mediolittoral and infralittoral zones below the sea water level determined from the Mersin Viranşehir coast. A total of 80 individuals were sampled from an area of 12 m² in the study area. Species identification of the samples brought to the laboratory was made by considering the morphological appearance of the radula teeth. Shell morphology and soft tissue microplastic levels of 80 individuals were determined. In the statistical analysis of the data, were evaluated by one-way analysis of variance (ANOVA) and the relationship between the variables by calculating the Pearson linear correlation coefficient.

In the study, no individuals belonging to the *Patella* genus were found in the supralittoral zone of all three areas of 4 m². It was determined that all individuals collected from the mediolittoral and infralittoral zone belonged to the *P. caerulea* species. Morphometrically, individuals of *P. caerulea* distributed in the infralittoral zone were found to be larger than individuals distributed in the mediolittoral zone ($p < 0.01$). According to the shell shape analysis findings, individuals sampled from the mediolittoral zone had a narrower, elliptical shell, with the apex closer to the centre, while individuals sampled from the infralittoral zone had a wider, ovule, and the apex was asymmetrical near the anterior end. Individuals sampled from both zones did not differ in terms of conicity ($p > 0.01$). The shell surface area and shell volume of individuals sampled from the infralittoral zone are larger than those sampled from the mediolittoral zone.

Soft tissue microplastic levels of *P. caerulea* were determined as 17.05 ± 16.84 MP/ind. in the mediolittoral zone and 10.88 ± 8.02 MP/ind. in the infralittoral zone. Average number of microplastics per gram of soft tissue; granule 10.64 ± 1.97 , fragment 31.85 ± 6.39 , filament 8.59 ± 1.15 and flat 4.46 ± 0.91 MP/g. Except for filament, MP counts were found to be higher in the mediolittoral zone than in the infralittoral zone ($p < 0.05$). Among MPs determined in the mediolittoral and infralittoral zones, MPs classified as fragments were found in the highest number, while MPs classified as flat were found in the lowest number.

Keywords: Patellidae, Shell morphology, Soft tissue, Microplastic, Zonation.

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Nuray ÇİFTÇİ, Faculty of Fisheries, University of Mersin, Mersin.

TEŐEKKÖR

Yüksek lisans tezimin kurgulanması, yürütülmesi ve tamamlanması sürecinde deneyim ve yardımlarını esirgemeyen Danışman Hocam Doç. Dr. Nuray ÇİFTÇİ'ye, yüksek lisans eğitimim süresince sunduğu katkı ve destekleri yanı sıra tez materyallerimin örneklenmesinde yardımları için Prof. Dr. Deniz AYAS hocam ve örnekleme, analiz ve mikroplastik sayımında yardımları için ekip arkadaşlarım; Mert Can ACAR, Duru Deniz ERAYDIN, Şevin ÖZNUR'a sonsuz teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca büyük destekleri için aileme ve eşime minnettarım.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇ KAPAK	i
ONAY	ii
ETİK BEYAN	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI	3
2.1. Archaeogastopoda'larda Morfometrik Araştırmalar	3
2.2. Archaeogastopoda'ların Biyoindikatör Özellikleri	4
2.3. Mikroplastiklerin Tanımı ve Kaynakları	5
2.4. Mikroplastiklerin Sucul Ekosistemlere Katılımı	5
2.5. Sucul organizmalar Tarafından Alınımı	6
2.6. Sucul Organizmalarda Mikroplastik Kirliliğinin Etkisi	7
2.7. Sucul Organizmalarda Mikroplastik Düzeyi	7
2.8. Kirliliğin Archaeogastopoda Yaşam Alanlarında Etkisi	9
3. MATERYAL ve YÖNTEM	11
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	15
4.1. <i>P. caerulea</i> 'nın Kabuk Morfolojisi	15
4.2. <i>P. caerulea</i> 'nın Yumuşak Doku Mikroplastik Düzeyi	20
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	35
KAYNAKLAR	36
ÖZGEÇMİŞ	42

TABLolar DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 3.1. Kabuk şeklinin analizinde kullanılacak değişkenler	14
Tablo 4.1.1 Mersin Viranşehir sahillerinden örneklenen <i>P. caerulea</i> 'nın morfometrik özelliklerinin aritmetik ortalamaları ile standart hataları	17
Tablo 4.1.2. Mersin Viranşehir sahillerinden örneklenen <i>P. caerulea</i> 'nın kabuk şekil analiz sonuçları	18
Tablo 4.1.3. Mersin Viranşehir sahillerinden örneklenen <i>P. caerulea</i> 'nın KYA, KH ve TMKYA ortalama ve standart hataları	20
Tablo 4.2.3. Yaş ağırlıktaki yumuşak dokunun gramı başına mikroplastik sayısı (MP/g ya), (Aritmetik Ortalama \pm standart hata)	22

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1 Şekil 3.1 Örnekleme alanı modeli [(deniz seviyesi üstü 0,5 m + deniz seviyesi altı 0,5 m) x genişlik 4 m =4 m ²)	11
Şekil 3.2. <i>P. caerulea</i> 'nın belirlenen morfometrik özellikleri	12
Şekil 4.1 Örnekleme alanı modeli	15
Şekil 4.1.1. Morfometrik analiz çalışmasından görüntüler	16
Şekil 4.2.1 Örneklenen bireylerde vücut yüzeyinde yapışık bulunan plastik parçalar	20
Şekil 4.2.2 Mediolittoral ve Infralittoral zondan örneklenen <i>P. caerulea</i> yumuşak doku MP sayısının şekilsel çeşitlik yüzdesi	24
Şekil 4.2.3. <i>P. caerulea</i> yumuşak doku örneklerinde belirlenen granül MPlerin renk % oranları	25
Şekil 4.2.4. <i>P. caerulea</i> yumuşak doku örneklerinde belirlenen fragment MPlerin renk % oranları	26
Şekil 4.2.5. <i>P. caerulea</i> yumuşak doku örneklerinde belirlenen film MPlerin renk % oranları	26
Şekil 4.2.6. <i>P. caerulea</i> yumuşak doku örneklerinde belirlenen filament MPlerin renk % oranları	27
Şekil 4.2.7. <i>P. caerulea</i> dokularında belirlenen fragment MP şekil ve renklerinden örnekler (x4)	29
Şekil 4.2.8. <i>P. caerulea</i> dokularında belirlenen fragment MP şekil ve renklerinden örnekler (x4)	29
Şekil 4.2.9. <i>P. caerulea</i> dokularında belirlenen fragment MP şekil ve renklerinden örnekler (x4)	30
Şekil 4.2.10. <i>P. caerulea</i> dokularında belirlenen fragment MP şekil ve renklerinden örnekler (x4)	31
Şekil 4.2.11. <i>P. caerulea</i> dokularında belirlenen fragment MP şekil ve renklerinden örnekler (x4)	31
Şekil 4.2.12. <i>P. caerulea</i> dokularında belirlenen filament MP şekil ve renklerinden örnekler (x4)	32
Şekil 4.2.13. <i>P. caerulea</i> dokularında belirlenen filament ve granül MP şekil ve renklerinden örnekler (x4)	33
Şekil 4.2.14. <i>P. caerulea</i> dokularında belirlenen film MP şekil ve renklerinden örnekler (x4)	34

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltma/Simge	Tanım
MP	Mikroplastik
KG	Kabuk genişliği
KGT	Tepe noktası kabuk genişliği
KU	Kabuk uzunluğu
KY	Kabuk yüksekliği
AKU	Anteriör kabuk uzunluğu
PKU	Posteriör kabuk uzunluğu
KUTÖ	Tepe noktasından ön uca kabuk uzunluğu
KUTA	Tepe noktasından arka uca kabuk uzunluğu
KYA	Kabuk yüzey alanı
KH	Kabuk hacmi
KTR	Kabuk taban yarıçapı
TÇ	Taban çevresi
TYA	Taban yüzey alanı
TMKYA	Toplam maruz kalma yüzey alanı

1. GİRİŞ

Archaeogastopoda (Thiele, 1925) takımının Patellidae ailesine ait *Patella ulyssiponensis* (Gmelin, 1791), *Patella rustica* (Linnaeus, 1758) ve *Patella caerulea* (Linnaeus, 1758) türleri denizlerde neritik bölgenin littoral zonunda kayalıklar üzerinde dağılım göstermektedir. *P. caerulea* ve *P. ulyssiponensis* gelgit bölgesini kapsayan mediolittoral zonda, *P. rustica* ise gelgit bölgesinin üstünde yer alan supralittoral zonda dağılım gösterir (Sella vd., 1993; Boukhicha vd., 2013). *Patella* genusuna ait bu türlerden *P. caerulea* Akdeniz'in yerel türü, *P. ulyssiponensis* ve *P. rustica* ise Akdeniz ve Atlantik kökenli türler olup bunların Akdeniz'de simpatrik dağılımı bildirilmiştir (Mauro vd., 2003; Sa'-Pinto vd., 2005).

Littoral sistemin biyoçeşitliliği, kumul ve kayalık alanlarda değişim gösterir. Archaeogastopoda'ların dağılım gösterdiği kayalık ekosistemler çok sayıda denizel organizmanın yumurtlama, üreme ve barınma alanı olması nedeniyle zengin biyoçeşitliliğe sahiptir. Gelgitler etkisinde bulunan bu bölgeler doğal olarak değişen abiyotik faktörler kadar antropojenik kaynaklı kirlilik ve bilinçsiz avcılık etkisinde dinamik bir yapı sergilemektedir (Ayas, 2010).

Doğal ya da antropojenik kaynaklı kirleticilerin atmosferik ve karasal yolla taşındığı başlıca alıcı ortamları oluşturan deniz ekosistemleri, kirleticilerin sucül organizmalar üzerinde doğrudan olumsuz etkisi ile ya da ortamın fiziko-kimyasal yapısındaki değişimler sonucu duyarlı türlerin ölümüne ya da habitat değişimine neden olabilirken, toleransı yüksek türlerde, morfolojik ya da biyokimyasal değişimlere yol açabilmektedir. Sucül organizmalar üzerinde olumsuz etkiye neden olan bu kirleticiler arasında metaller, hidrokarbonlar, pestisitler (Newman, 2010), kadar mikroplastikler (MPler) (Auta vd., 2017) veya farmakolojik bileşikler de (Gaw vd., 2014) yer almaktadır. Birçoğu toksik özellik gösteren bu maddelerin besin zincirinin üst trofik zonlarına taşınması sırasında lipofilik maddelerdeki artış bir taraftan besin ağı diğer taraftan insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır (Levinton, 2014).

Çevre ve insan sağlığının korunması amacıyla yürütülen ekotoksikolojik araştırmalarda su ve sediment örneklerinde mevcut durumun belirlenmesi tek başına yeterli olmayıp farklı beslenme ve yaşama alanına sahip biyoindikatör türler ile çalışmak biyota üzerindeki etkinin belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Besin zincirinin alt trofik düzeyinde yer alan omurgasız hayvanlardan yaşamlarını sesil olarak sürdüren ve geniş bir dağılım alanına sahip olan türler, süzerek beslenme özellikleri de dikkate alındığında ortamdaki kirlilik düzeyini yansıtması bakımından biyoindikatör canlılar olarak kabul edilmektedir. Littoral zonun üst ve alt sınırı arasında oldukça geniş bir dağılım alanına sahip *Patella* türleri, çok çeşitli çevresel stres etkisinde bulunmaları nedeniyle (Cabral, 2007) biyoindikatör olarak çalışılan organizmalar arasında yer almaktadır.

Patella türlerinde çevresel stresin doğal kaynaklarını dağılım gösterdikleri kıyılarda sürekli değişen abiyotik faktörler oluşturmaktadır. Kıyı ekosistemlerinin etkisinde kaldığı sert dalgalar, gelgit etkisinde deniz suyu seviyesinin düştüğü dönemlerde uzun süre hava ve mevsimsel olarak güneş ışınları

etkisinde kalmaları ve bu etkileşimin süresi, *Patella*'larda adaptasyon amacıyla morfolojik değişimlere neden olmaktadır (Boukhicha vd., 2013).

Patellidae ailesine ait türlerde çevresel faktörlerin kabuk morfolojisi üzerine etkisi bildirilmiştir (Sá-Pinto vd., 2010). *Patella rustica*, kabuk üst kısmına yakın, kahverengi benekler ile karakterize edilmektedir. Bu kahverengi lekeler bazı bölgelerde *P. caerulea*'nın kabuğunda da görülmesine karşın *P. caerulea* türünün kabuk yüksekliği, *P. rustica*'dan daha düşüktür. *P. caerulea* ve *P. ulyssiponensis*, çeşitli bölgelerde örtüşen kabuk morfolojisi ve rengi ile geniş morfolojik varyasyonlar gösterir (Cretella vd., 1991). Ege Denizi'nde yürütülen bir araştırmada *P. caerulea*'nın su seviyesinin üzerinde bulunan bireylerinde kabuk yüksekliğinin arttığı ve radula boyunun daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Aynı araştırmada *P. rustica* kabuk yapısının daha konik ve yüksek bulunduğu bu morfolojik değişimin ise kuru ortamda uzun süre kalan bireylerin su kaybını azaltmak üzere geliştirilen bir adaptasyon olabileceği bildirilmektedir (Öztürk ve Ergen, 1999).

Patella türlerinde çevresel stresin antropojenik kaynaklarını ise organik ve inorganik kirlilik oluşturmaktadır. Evsel (Gerlach, 1981; Gray, 1982; Espinosa vd., 2007) ve endüstriyel atıklar (Prasad ve Mansuri, 1982) yanı sıra son zamanlarda miktarı artan mikroplastik kirliliğinin (Ojeda vd., 2021) Patellidae'lerde dağılım, üreme (Gharred vd., 2019) histopatolojik (Prusina, 2013), biyokimyasal değişimlere neden olabileceği belirtilmektedir. Bu kirleticilerin enerji akışı ile üst trofik düzeydeki organizmalara taşınması da çevre ve insan sağlığı açısından önemli risk oluşturmaktadır.

Mikroplastik (MP), 5 mm'den daha küçük plastikler olarak tanımlanmakta olup, kaynağının bir kısmını mikroskobik boyutta üretilen; endüstriyel aşındırıcılar, kozmetik ve kişisel bakım veya tıbbi ürünlerde kullanılan birincil MP'ler (Napper vd., 2015; Malankowska vd., 2021) ile daha büyük oranda makro ve mezo-plastiklerin parçalanma veya bozulması sonucu oluşan ikincil MP'ler (Cole vd., 2011) oluşturmaktadır. Her iki grup MP, denizlere balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği ile doğrudan, evsel endüstriyel atıklarla ve tatlı su deşarjları ile karasal kaynaklardan taşınarak kıyıda açığa doğru su kolonunun farklı derinliklerinde su kolonunda ve çöken kısmı ise sedimentte birikir. Ortama katılan bu MP'ler sucul organizmalar tarafından yutularak olumsuz etkiler gösterebilmektedirler (Wright vd., 2013a; Setälä vd., 2014).

MP'lerin sucul organizmalar üzerindeki etkisinin incelendiği araştırmalar bulunmakla birlikte limpet olarak isimlendirilen Patellidaeeler üzerine yapılan araştırma oldukça sınırlıdır. Arjantin, Beagle Kanalında evsel ve endüstriyel kirlilik etkisinde kalan bölgelerden örneklenen *Nacella magellanica*'da, MP etkisi bakımından bölgesel farklılık belirlenmiştir (Ojeda vd., 2021).

Kıyı ekosisteminde besin ağının önemli bir parçasını oluşturan ve insan besini olarak da tüketilen *Patella* türlerinin dağılım ve zonasyonunda çevresel etkilerin rolünün incelenmesi çevre ve insan sağlığı açısından önemli olup bu araştırmada, Mersin Kıyı Şeridi'nde dağılım gösteren *P. ulyssiponensis*, *P. rustica* ve *P. caerulea* türlerinin Mezitli-Viraşehir sahillerinden toplanan bireylerinde kabuk morfolojisi ile yumuşak doku mikroplastik düzeyinin incelenen türlerde zonasyona etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI

Limpetler kayalık kıyıların en bol bulunan yumuşakça türlerindedir. Kayalık kıyı ekosistemleri bir taraftan dalgaların sert darbeleri etkisinde, diğer yandan ise gelgit döneminde suların çekildiği dönemlerde uzun süre güneş ışığı etkisinde kalarak kurumaktadır. Bu nedenle burada yaşayan canlılar sert ortam koşulları etkisinde stres altında bulunmaktadır (Cabral, 2007). Kayalıklar üzerine tutunarak yaşamalarını sürdüren bu hayvanlar, sadece beslenmek üzere hareket ederler. Hareketi ise suyun yükseldiği durgun zamanlarda gerçekleşir (Williams vd., 1999). Pedal mukus salgısı ile hareket halinde bile tabana sıkıca tutunurlar. Rahatsız edildiklerinde topaklanır ya da çökerler ve kabuğun alt tabanın zeminle doğrudan temas ederek direnç kazanmasını sağlarlar. Bu davranış hayvanların yerinden çıkmasını ya da kopmasını engeller (Ellem vd., 2002). Bu süreçte zemine sıkıca tutunmaları su kaybını da azaltmaktadır.

2.1. Archaeogastopoda'larda Morfometrik Araştırmalar

Morfometrik özellikler bir türün sistematik olarak tanımlanmasında, biyolojik gereksinimlerinin belirlenmesinde ve ekolojik etkilerin incelenmesinde oldukça önemlidir. *P. intermedia*, *P. rustica*, *P. ulyssiponensis* ve *P. vulgata* kabuk ve radula özellikleri analiz edilmiş; *P. rustica* ve *P. ulyssiponensis*'teki kabuk büyümesinin temelde izometrik olup, büyüme sırasında kabuk şeklinin sabit olduğu, buna karşın *P. intermedia* ve *P. vulgata*'daki kabuk büyümesinin pozitif allometrik olduğu ve kabukların boyutu arttıkça tabanın daha dairesel hale geldiği ve koninin daha merkezli ve nispeten daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Cabral, 2007). Aynı çalışmada radula nispi boyutu sırasıyla *P. ulyssiponensis*, *P. vulgata*, *P. intermedia* ve *P. rustica*'da artmış ve tüm türlerde negatif allometrik büyüme bildirilmiştir. Araştırmada kabuk boyutu arttıkça radula'nın daha az büyüdüğü sonucu vurgulanmıştır (Cabral, 2007). İncelenen dört limpet türünde (kabuk taban çevresi)/(kabuk hacmi) veya (kabuk yüzey alanı)/(kabuk hacmi) oranlarının literatürde bildirilen değerden daha düz olduğu saptanmış ve bunun kuruma ya da kuruma ile ilişkisi bildirilmiştir (Cabral, 2007). Bu çalışmada en düşük oranları *P. rustica* kabukları, en yüksek oranları ise *P. ulyssiponensis* kabuklarında bulunduğu ve bunun da kuruma ile ilişkisi bildirilmiştir (Cabral, 2007).

Akdeniz'de dağılım gösteren *P. rustica*, *P. ferruginea*, *P. caerulea* ve *P. ulyssiponensis*'de, kabuk ve radula karakterleri ile kabuk yüzey alanı/kabuk hacmi oranı incelenmiş ve kayalık ekosistemde buldukları zona ya da bölge olarak karşılaştıkları stres etkisinin sonuçları karşılaştırılmıştır. Araştırmada incelenen türler arasında kabuk şekli, radula nispi boyutu ve (SSA/SV) oranında spesifik farklılıklar gösterdiği bildirilmiştir (Boukhicha vd., 2013). Aynı çalışmada morfolojik olarak, kabuk konikliğinin *P. rustica*'da en yüksek, *P. ulyssiponensis*'te ise en düşük olduğu ortaya konulmuştur. Kabuk koni eksantrikliği, *P. ferruginea*'da çok asimetrik bir koniyi ve *P. rustica*'da daha merkezli bir tepiyi gösterdiği bildirilmiştir. Kabuk taban eliptikliği, *P. ulyssiponensis*'te daha dar, *P. caerulea*'da

daha geniş bir kabuk tabanına sahip bulduklarını göstermiştir. Radula nispi boyutunun *P. ulyssiponensis*'ten *P. rustica*'da arttığı vurgulanmıştır (Boukhicha vd., 2013).

Mersin-Viranehir bölgesinde yürütülen bir araştırmada Patella genusuna ait *P. caerulea* ve *P. rustica*'nın sırasıyla %88,89 ve %11,11 oranında dağılımı bildirilmiştir. *P. caerulea*'nın üst infralittoral ve mediolittoral zonda, *P. rustica*'nın ise supralittoral zonda bulunduğu belirtilmiştir. Her iki türe ait morfometrik ölçümlerin ayırım gösterdiği bildirilmiştir. Aynı araştırmada radula uzunluğunun kabuk uzunluğuna oranı (RU/KU) *P. caerulea*'da ortalama 1.04 (0.94-1.08) *P. rustica*'da 2.03 (1.97-2.08) olarak belirtilmiştir (Ayas, 2010).

2.2. Archaeogastopoda'ların Biyoindikatör Özellikleri

Sucul ekosistemler antropojenik faaliyetler sonucu oluşan organik ve inorganik pek çok kirletici etkisinde kalan başlıca alıcı ortamları oluşturmaktadır (Gerlach, 1981; Gray, 1982). Ağır metal ve pestisit gibi etkisi yüzyıllardır süren temel kirleticiler arasına son yıllarda yaygın kullanımı nedeniyle üretimi arttırılan plastiklerin uygun olmayan koşullarda doğaya bırakılması sonucu oluşan MP kirliliği katılmıştır. Ortama katılan kirleticiler belirli bir derişim üzerinde sucul organizmalar tarafından vücuda alınmakta ve biriktirmektedir. Birikim besin zinciri aracılığı ile kirleticilerin üst trofik düzeylerine iletilmesine ve bunun sonucu organizmalarda ölüme, habitat kaybına ya da çeşitli metabolik ya da fizyolojik bozukluklara yol açmaktadır. Sucul ekosistemlerde kirleticilerin etkisinin incelenmesinde besin zincirinin farklı trofik düzeylerinde yer alan indikatör canlılar kullanılmaktadır. Yapılan araştırmalar, kayalık ekosistemlerin en önemli canlı grubunu oluşturan Archaeogastopoda türlerinin kirlilik izleme çalışmaları için uygun biyoindikatör canlılar olarak kabul edildiğini göstermektedir.

Kıyı ekosistemin en önemli gastropod türleri olan limpetlerin, evsel atık deşarjlarının izlenmesinde biyoindikatör olup olmadıklarının incelendiği bir araştırmada, *P. ferruginea*, *P. caerulea*, *P. nigra*, *P. rustica*, *P. ulyssiponensis* ve *Siphonaria pectinata*'da evsel atıkların etkisinin derinliğe bağlı olarak değıştığı, deşarj noktasından uzaklaştıkça türlerin sayıca arttıkları belirtilmiştir. Aynı araştırmada incelenen türler arasında Akdeniz için endemik olan *P. ferruginea*'nın kirliliğe en duyarlı tür olduğu ve sadece 32-128 m derinlikler arasında bulunduğu, *S. pectinata* ve *P. caerulea*'nın ise en dayanıklı türler olup yüksek bolluk gösterdikleri rapor edilmiştir (Espinosa vd., 2007).

Tunus kıyılarında, kirlilik etkisinde bulunan ve bulunmayan istasyonlardan örneklenen *P. caerulea* türünde kirlilik etkisinde bulunan bölgeden örneklenen bireylerde Gonadosomatik İndeks (GSI) değerinin yüksek bulunduğu ve üreme zamanının bir ay geciktiği bildirilmiştir. Bu durumun oosit sayısının arttırılması amacıyla geliştirilen bir savunma mekanizması olabileceği savunulmaktadır. Araştırmada, Tunus kıyı şeridindeki kronik ya da akut kirliliğin, incelenen türlerde nörotoksik bir etkiye sahip olduğu, morfometrik değişimlere ve Akdeniz limpetlerinin üreme performansının azalmasına neden olduğu belirtilmiştir (Gharred vd., 2019).

Arjantin Beagle Kanalında antropojenik faaliyetlerin yoğun olduğu yerlerden örneklenen *N. magellanica*'da, MP kirliliğinin en yüksek olduğu bildirilmiştir. Araştırmada, ortamdaki MP yoğunluğunun, akıntı ve dalga gibi abiyotik faktörler etkisinde değişim gösterdiği de vurgulanmıştır. Araştırmada tanımlanan polimerlerin yarı sentetik, selüloz ve polistiren maddeden oluştuğu ve şekil olarak en bol bulunan grubun lifler olduğu bunu fragmanlar ve filmlerin izlediği belirtilmiştir (Ojeda vd., 2021).

2.3. Mikroplastiklerin Tanımı ve Kaynakları

Petrokimya türevi malzemelerden üretilen plastiklerin, doğada bozunma süreleri oldukça uzundur. Kullanımlarının kolaylığı ve hafifliği nedeniyle özellikle son yıllarda çok miktarda üretilmektedir. Üretimi, endüstride hammadde olarak kullanılmak ve tüketici ürünleri olmak üzere temelde iki amaca dayanır. Farklı büyüklük, şekil ve türdeki bu plastikler, kullanım sonrası doğaya karışmakta ve doğada UV ışınları, rüzgar, dalga, akıntı gibi fiziksel faktörler etkisinde önce mekanik olarak boyutları genellikle MP'lere (<5 mm), daha sonra foto bozunma, termal bozunma ve biyolojik bozunma sonucu nano ölçekli parçacıklara ve nihayetinde tek monomerlere dönüşmektedir (von Moos vd., 2012; Waite vd., 2018). Parçalanmış bu plastiklerin denizlerde yaygın olarak granül (boncuk-pelet), filament (lif) ve fragment (düzensiz parçacıklar) şeklinde bulunduğu bildirilmiştir (Waite vd., 2018).

Endüstriyel amaçlı üretilen MPler, "Birincil Mikroplastikler" olarak sınıflandırılmakta olup kozmetik, kişisel bakım ve tıbbi ürünler ile endüstriyel aşındırıcılar olarak kullanılmaktadırlar (Napper vd., 2015; Malankowska vd., 2021). Plastik üretiminin hammaddesi olan granül ve reçine peletleri (2-6 mm) şeklindeki partiküllerin, nakliye ve elleçleme sırasında açığa çıktıkları bildirilmiştir (Derraik, 2002; Moore, 2008; Gündoğdu vd., 2022).

İnsanların tüketimine sunulan daha çok tek kullanımlık malzemelerin başlıcalarını oluşturan su şişeleri, plastik poşetler, tek kullanımlık plastik/köpük bardak, tabak, çatal, kaşık, balıkçılık malzemeleri (plastik ağlar), ambalajlar gibi çok sayıda ürünün parçalanması sonucu denizlerde oluşan mikroplastikler ise "İkincil Mikroplastikler" olarak sınıflandırılmaktadır (Cole vd., 2011).

2.4. Mikroplastiklerin Sucul Ekosistemlere Katılımı

Doğaya bırakılan tüm plastiklerin katıldığı en son nokta sucul ekosistemlerdir. Dünyanın en büyük su kütlelerini oluşturan okyanus ve denizler son yıllarda giderek artan plastik kirliliği etkisinde bulunmaktadır. Deniz çöplerinin %60-80'ini plastiklerin oluşturduğu tahmin edilmektedir. Okyanuslardaki 1960'larda yılda yaklaşık 0,5 milyon ton olan plastik atıkların, 2013 yılında, yılda 30 milyon tona yükseldiği bildirilmiştir (Waite vd., 2018).

MPler, denizlere evsel ve endüstriyel atıklar ile balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği faaliyetleri yoluyla katılmaktadır. Önemli bir kısmını karasal atıkların oluşturduğu katılıma, av

araçlarının istemsiz olarak bırakılması yolu ile balıkçılık ve yetiştiricilik faaliyetleri de neden olmaktadır.

Denizlere katılan makro, meso ve MP malzemelerin önemli bir kısmını yüzen plastikler oluşturmakla birlikte akıntı, dalga ve karşımlar diğer plastiklerin su kolonu içerisinde dağılmasına hatta önemli bir kısmının tabana çökmesine neden olmaktadır. Araştırmalar denizlere ve okyanuslara katılan plastiklerin fiziksel faktörler etkisinde kıyıdan açığa doğru taşındıklarını ve okyanus ve denizlerin tüm bölgelerine ulaşabildiklerini göstermektedir (von Moos vd., 2012).

2.5. Sucul Organizmalar Tarafından Alınımı

Sucul ekosisteme katılan MP'ler sucul organizmalar tarafından yutularak olumsuz etkiler gösterebilmektedirler. Besin zincirinin farklı trofik seviyelerinde bulunan, tek hücreli (protist), omurgasız (annelid, zooplankton, derisidikenliler, cnidaria, amfipod, dekapod, izopod, çift kabuklu, kafadanbacaklı, midye), omurgalı (balık) sürüngen (kaplumbağa) ve memeli (cetacean) olmak üzere 220'den fazla farklı türün doğada MP tükettiği bildirilmiştir (Lusher vd., 2017). Omurgasız popülasyonlarının %80'inden fazlasında MP alınımının yutma yoluyla gerçekleştiği belirtilmiştir (Murray ve Cowie, 2011; Devriese vd., 2015; Welden ve Cowie, 2016).

Sucul organizmalar tarafından yutulan MPlerin hücre ve dokularda biriktiği, metabolik ve fizyolojik değişimlere neden olduğu bildirilmiştir. *M. edulis* ile laboratuvar koşullarında yürütülen bir araştırmada, endüstriyel olarak üretilen > 0–80 µm aralığında katkı maddesi içermeyen HDPE pariküllerinin polarize ışık mikroskobu ile hücre ve dokulara alınım yolu izlenmiştir. Solungaçlarda ve sindirim sistemi içinde model mikropplastik HDPE parçacıklarının varlığı gözlenmiştir. Alınımın iki yolla gerçekleşebileceği bildirilmiştir. Birinci yolu; MP parçacıkları solungaç yüzeyinden endositoz yoluyla doğrudan hücre içerisine taşıyan mikrovilliler, ikinci yolu ise yutulan parçaları, mide, bağırsak, birincil ve ikincil sindirim tübüllerine aktaran sindirim sistemindeki kirpik hareketi oluşturmaktadır. Bağırsakta, sindirim bezinin birincil ve ikincil kanallarının lümeninde ve sindirim epitel hücrelerinin endositotik vakuollerinde bulunan MP partiküllerin ağız yoluyla alınarak gastrointestinal sisteme taşındığı ve endositoz yoluyla sindirim sistemi hücrelerine girdiği bildirilmiştir. Araştırmada, denizel ortama katılan MP partiküllerin süzerek beslenen diğer türler ve besin zinciri için tehdit oluşturduğu vurgulanmıştır (von Moos vd., 2012).

2.6. Sucul Organizmalarda Mikroplastik Kirliliğinin Etkisi

Süzerek beslenen omurgasızlar doğrudan, detritivorlar dolaylı olarak, üst trofik zonda yer alan hayvanlar ise trofik taşınım ile MP'leri yutmaktadırlar. Sucul organizmalarda vücuda alınan MP'lerin, bağışıklık sisteminde bozukluğa (von Moos vd., 2012) iştah kaybı (Besseling vd., 2013; Wright vd., 2013b), ağırlık kaybı (Besseling vd., 2013), büyüme hızında gerileme (Huerta Lwanga vd., 2016), doğurganlığın azalması, artan enerji gereksinimi gibi çeşitli sağlık sorunlarına neden olduğu bildirilmiştir (Lusher vd. 2017).

Tresrail ve ark. (2020), yutulan MP'lerin omurgasızlarda oksidatif strese ve antioksidan regülasyonunda bozukluğa neden olabileceği bildirilmiştir. Araştırmada, omurgasızlarda MP yutulmasının, somatik ve üreme büyümesini azalttığını buna, büyüme ve üreme için ayrılan enerjinin kirlenici etkisinde artan enerji gereksiniminin karşılanması ve yaşamsal fonksiyonların sürdürülmesi amacıyla kullanılmasından kaynaklanabileceğini belirtmiştir.

MPLerin denizel ortama katılan organik ve inorganik kirleniciler ile kompleks oluşturdukları dolayısıyla yutulan MPLer ile bu kirlenicilerin de vücuda alındığı bilinmektedir. Yapılan araştırmalar, mikroplastiklerin endokrin bozulma ve morbidite gibi farklı sağlık sorunlarına neden olabilecek farmasötik, pestisit ve solvent gibi kalıcı organik kirlenicileri kolayca biriktirebilmelerine neden oldukları vurgulanmıştır (Bakir vd., 2014; Rochman, 2015; Wardrop vd., 2016; Lusher vd., 2017).

2.7. Sucul Organizmalarda Mikroplastik Düzeyi

Sucul ekosistemlere katılan MPLer, sucul organizmalar tarafından solungaçlar aracılığıyla suyun süzülmesi, deniz balıklarında suyun içilmesi ve beslenme yoluyla yutulmaktadır. Besin zincirinin alt trofik düzeyinde bulunan omurgasız türlerin bir kısmı suyu süzerek, bir kısmı kayalık ekosistemlerde otlayarak yaşamlarını sürdürdüklerinden ortamdaki MP partikülleri yüksek düzeyde vücutlarına alabilmekte ve predatörlerine kolayca iletebilmektedir. Dolayısıyla besin zincirinde hareket halinde bulunan MP'i besin zincirinin her halkasında görmek mümkündür (Tresrail vd., 2020).

MPLerin boyutları besin zincirinin alt trofik düzeyinde yer alan omurgasız canlıların tükettikleri besinler ile benzer boyutta olduğundan MPLerin bu canlılar tarafından biyoyararlanımını artırır (Lusher vd., 2017). Yapılan araştırmalarda besin zincirinin tüm trofik düzeylerinde sırasıyla zooplankton (Rist vd., 2017), çift kabuklular (Murray ve Cowie, 2011; Santana vd., 2016), midyeler (Goldstein ve Goodwin, 2013), yengeçler (Wójcik-Fudalewska vd., 2016), karındanbacaklılar (Thushari vd., 2017; Naji vd., 2018), deniz kaplumbağaları (Caron vd., 2018) balıklar (Nadal vd., 2016) ve deniz memelileri (Lusher vd., 2015)'nde MPLerin varlığı bildirilmiştir.

Hong Kong'da çamurlu ve kumlu plajlardan 38 karındanbacaklı, çift kabuklu ve yengeç türü toplanmış bu türlerin 32'sinde ve toplam 312 bireyin %55'inin dokularında MP bulunmuştur. MPLerin ortalama sayısı, 0,025 ila 9,684 MP/g y.a. veya 0,08 ila 18.4 MP/birey arasında değiştiği belirtilmiştir.

Bunların önemli bir kısmını lif (%93,3) ve daha az oranda pelet (%6,7) şeklindeki MPlerin oluşturduğu belirtilmiştir. Liflerin ortalama uzunluğu ve çapı sırasıyla $1004.2 \pm 464.8 \mu\text{m}$ ve $21.8 \pm 7.3 \mu\text{m}$ olarak bildirilmiştir. Parçacıkların yarısından fazlasının beyaz veya şeffaf (%65,1), diğerlerinin renkli (%34,9) MPler oldukları belirtilmiştir (Xu vd., 2020). İncelenen türlerde yaşam alanı ve beslenme şeklinin dokularda MP bolluğunu değiştirdiği bildirilmiştir. Örnekleme alanının doğusunda kumul alan dışında Gastropodların (otlayıcılar), Bivalve ve yengeçlerden daha bol MP bulduklarını bildirilmiştir (Xu vd., 2020).

Florida'nın doğu kıyısında yer alan gelgit etkisi zayıf sığ sulara sahip bir haliç olan Mosquito Lagünü'nden örneklenen istiridyeye (*Crassostrea virginica*) ve yengeçlerde (*Panopeus herbstii*) yumuşak doku MP düzeyi belirlenmiş, yengeçlerde ortalama 20,3 MP parça/birey, istiridyelerde ise ortalama 16,5 MP parça/birey bulunduğu bildirilmiştir (Waite vd., 2018).

Kuzey Denizi kıyılarından örneklenen midye dokusunda 37.000 kg^{-1} ka düzeyinde mikroplastik belirlenmiştir. Midyelerin her bireyinde 5-19 partikül bulunduğu ve mikroplastik uzunluklarının 30-2000 μm arasında değişmekte olup ortalama 200 μm olduğu bildirilmiştir. Mikroplastiklerin yaklaşık %50'sinin liflerden oluşmasının ortalama uzunluk değerini değiştirdiği belirtilmiştir. Liflerin hariç tutulması sonucu ortalama uzunluk 118 μm olarak saptanmıştır. Araştırmada midye doku derişiminin birim ağırlık ve hacim başına sediment (27 MP L^{-1}) ve su ($48 \text{ MP kg}^{-1} \text{ k.a.}$) derişiminden bin kat fazla olduğu ve süzerek beslenen türlerde mikroplastığın yüksek derişimlerde biriktirilebileceği vurgulanmıştır (Karlsson vd., 2017)

Kuzeydoğu Atlantik Okyanusu'ndaki Rockall Çukurunda (>2200m) MP kirliliği incelenmiş deniz suyu MP düzeyinin $70,8 \text{ parçacık m}^{-3}$ olduğu ve mikroplastığın su kolonu boyunca dağılım gösterebildiği belirtilmiştir. Ortamdan örneklenen farklı beslenme özelliğine sahip omurgasız (*Ophiomusium lymani*, *Hymenaster pellucidus* ve *Colus jeffreysianus*) türlerine ait incelenen bireylerin ($n = 66$) %48'inde toplam 359 MP bulunduğu ve MP miktarlarının kıyı türleriyle karşılaştırılabilir düzeyde olduğu belirtilmiştir. MPlerin %87'si monofilament fiber, %13'ünün ise fragmanlardan oluştuğu belirtilmiştir. Bulunan MP parçaların ağırlıklı olarak mavi ve kırmızı renkli oldukları ve toplam ortalama partikül uzunluğunun, tüm türlerde $1,191 \pm 0,0756 \text{ mm}$ olduğu vurgulanmıştır. *O. lymani*'nin en yüksek sayıda polimer türünü yuttuğu ve *H. pellucidus*'un ise ortalama $1,582 \pm 0,448 \text{ MP/g y.a.}$ ile en büyük toplam bolluğa sahip tür olduğu belirtilmiştir. Doku MP sayısı bakımından türler arasındaki ayırımın organizmanın besleme şekli veya bireyin uzunluğu veya toplam ağırlığı ile değil türle ilgili olduğu vurgulanmıştır (Courtene-Jones vd., 2017).

İzmir Körfezi Çeşme-İldır kıyılarından örneklenen Işınlı inci istiridyesi *Pinctada imbricata radiata* yumuşak dokularında MP miktarı şekil ve türü μFTIR analizi ile saptanmış, sindirilen 30 adet mide örneğinde toplamda 65 adet MP varlığı bildirilmiştir. Belirlenen MP'erin %60'nun fiber ip şeklinde olduğu ve renklerinin %50 oranında mavi olduğu belirtilmiştir (Aksakal vd., 2021).

Türkiye'nin Marmara, Ege ve Akdeniz kıyılarından örneklenen bazı balık türlerinin (*Chelon saliens*, *Mullus barbatus barbatus*, *Mullus surmuletus*, *Trachurus mediterraneus* ve *Lithognathus mormyrus*) sindirim sistemlerinde MP sayısı incelenmiş ve toplam 283 MP partikül bulunmuştur. İncelenen balıklar arasında, en yüksek MP düzeyi *M. barbatus barbatus* (1,1 MP balık⁻¹; %63,0) ve *C. saliens*'te (2,5 MP balık⁻¹; %64,8) gözlenmiş olup *L. mormyrus* (0,6 MP balık⁻¹; %34,3), *M. surmelatus* (0,4 balık⁻¹; 34,8) ve *T. mediterraneus* (0,4 balık⁻¹; 24,7)'da daha düşük bulunmuştur. Balıklar arasındaki ayırım beslenme şekilleri ve yaşam alanları ile ilişkilendirilmiştir. Araştırmada plastiklerin üst trofik seviyelerde artan derişimin çevre ve insan sağlığı için tehdit oluşturduğunu vurgulanmıştır (Gündoğdu vd., 2020).

2.8. Kirliliğin Archaeogastopoda Yaşam Alanlarında Etkisi

Kirleticiler sucul ekosistemlere evsel, endüstriyel, tarımsal atık deşarjları ile karasal yolla yağış ve rüzgarlar etkisi ile de atmosferik yolla katılmaktadırlar. Ortama katılan kirleticiler ise dalga ve akıntılar hatta karışım etkisi ile taşınarak farklı habitatlara ulaşabilmektedirler. Yapılan araştırmalar deniz ekosistemine katılan MPlerin, kıyı sediment, yüzey suyu ve tüm su kolonundan açık deniz sediment, yüzey suyu ve su kolunu içerisinde her yerde (Jiang, 2018; Xu vd., 2020), hatta Uzak Arktik Okyanusu'ndaki buz çekirdeğinde (Obbard, 2018) bile bulunduğunu bildirmişlerdir.

Courtene-Jones ve ark. (2019), MP'lerin derin denizlerde 40 yılı aşkın süredir bulunduğunu savunmaktadır. Derin deniz bentik omurgasızlarından *O. lymani* ve *H. pellucidus* türlerini dört yıl boyunca 2000 m derinlikten örneklemiş ve mikroplastik düzeyinin çalışma süresince tutarlı sonuç verdiğini bildirmiştir. Araştırmacı 1940-50'li yıllarda üretimi artan plastiğin derin denizlere çok hızlı ulaştığı ve hatta 1976'dan önce Kuzey Doğu Atlantik'te MP kirliliğinin bulunduğunu öne sürmüştür. Araştırmada incelenen türlerde 8 farklı polimer türünün tanımlandığı ve poliester ile poliamid türlerinin genel olarak daha yüksek derişimde buldukları bildirilmiştir. Lusher, (2015), mikroplastiklerin, Kuzeydoğu Atlantik Okyanusu yüzey sularında 0,02 ile > 100 parçacık m⁻³ arasında değışen derişimlerde heterojen dağılıma sahip olduğunu belirtmiştir.

Akdeniz, Cebelitarık Boğazından katılan üst tabaka sularının Doğu Akdeniz'e ulaştıktan sonra artan sıcaklık ve tuzluluk etkisinde yoğunlaşarak batması sonucu alt tabaka sularına karışarak yeniden Atlantik'e döndüğü sulara sahiptir. Dolayısı ile farklı bölgelerden katılan kirleticilerin taşınmasına olanak sağlayabilmektedir. Kuzeydoğu Akdeniz, özellikle İskenderun ve Mersin Körfezi bu kirleticilerin etkisinde kalabilmektedir.

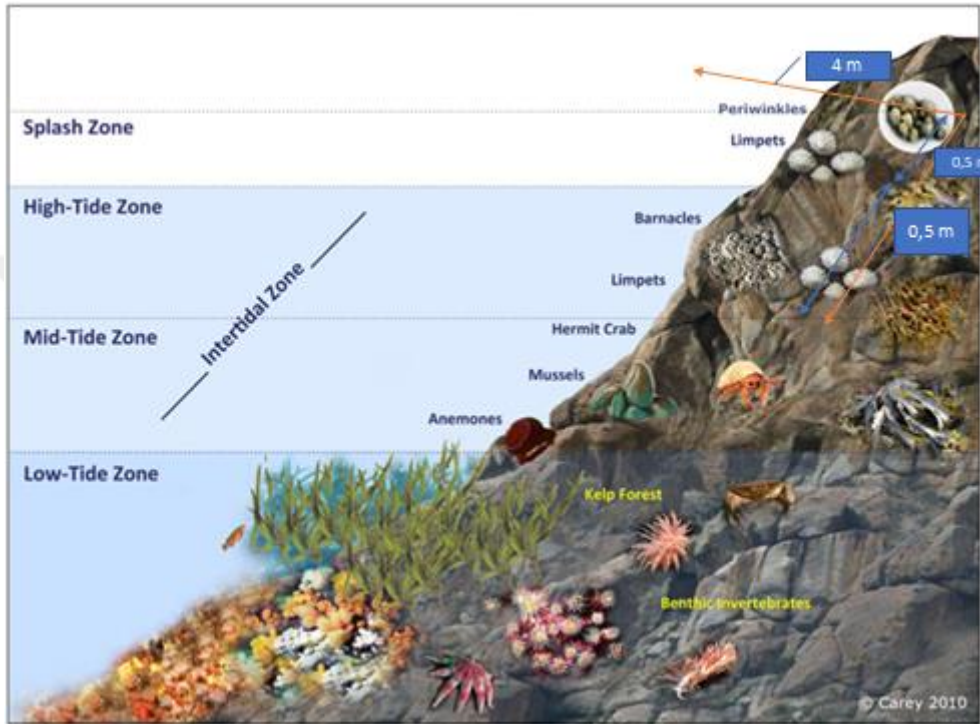
Deniz ve okyanuslara yaklaşık son 60 yıl içerisinde katılan MPler yoğunluklarının daha düşük olması nedeniyle akıntı ve dalgalar etkisinde kolayca taşınabilmektedir. Bugün Kuzeydoğu Akdeniz'de belirlenen MPlerin önemli bir kısmını taşınım yoluyla farklı bölgelerden gelen MPlerin oluşturduğunu düşünülmektedir (Gündoğdu ve Çevik, 2017).

Kuzeydoğu Akdeniz’de Mersin ve İskenderun Körfezi’nde belirlenen yedi istasyonda mikro ve mezoplastik düzeyleri belirlenmiş ve ortalama 0,376 adet/m² düzeyinde kirlilik olduğu en yüksek seviyenin Mersin Körfezi’nde Seyhan nehri ağzında 906 adet en düşük seviyenin ise İskenderun Körfezi’nde belirlenen bir istasyonda 78 adet bulunduğu bildirilmiştir (Gündoğdu ve Çevik, 2017). Araştırma bulgularının Akdeniz’in farklı kıyılarında yürütülmüş önceki çalışmalar ile karşılaştırıldığında Kuzeydoğu Akdeniz kıyılarının da plastik kirliliği bakımından risk altında bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır (Gündoğdu ve Çevik, 2017).

İskenderun Körfezinde (Kuzeydoğu Levantin) yapılan bir diğer çalışmada ortalama mikroplastik partikül miktarı, 1,067,120 partikül/km² olarak bulunmuş olup en yüksek MP 1820 partikül; 2,888,889 partikül/ km² körfezin merkezinde saptanmıştır. İncelenen MPlerin %59’u fragment, %0,3’ü granül, %21,6’sı filament, %13’ü film ve %13’ü köpük şeklinde MPlerin oluşturduğu belirlenmiştir. Araştırmada İskenderun körfezindeki MP kirliliğinin Akdeniz’in diğer bölgelerine göre oldukça yüksek miktarda bulunduğu belirtilmiştir (Gündoğdu, 2017).

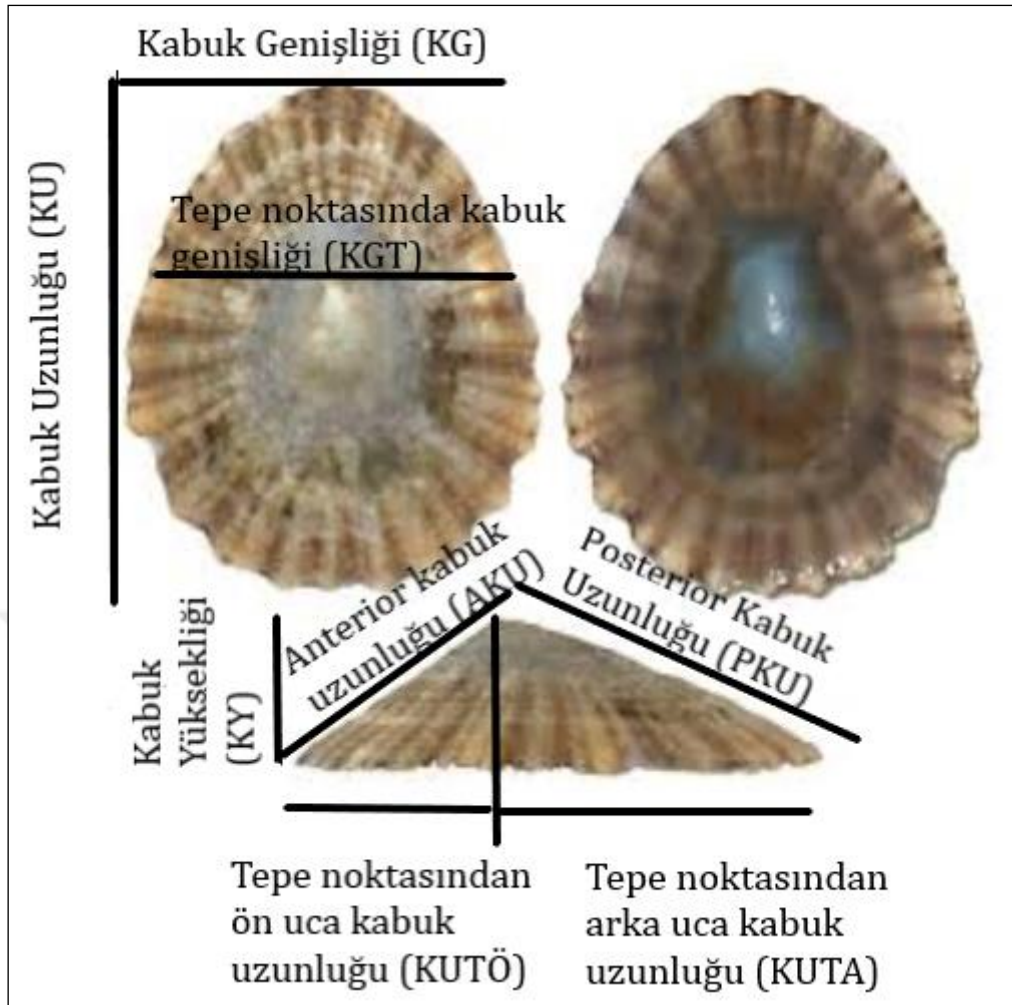
3. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmada materyal olarak, Mersin Kıyı Şeridi'nde dağılım gösteren Archeogastropoda türlerinden *Patella caerulea*'nın Mersin-Viranşehir sahillerinden örneklenen bireyleri kullanılmıştır. Örnekler, kayalık gel-git zonunda, deniz seviyesinden 0,5 m yukarıdan ve 0,5 m aşağıdan, dikey olarak 1 m ve yatay olarak 4 m olmak üzere her biri 4 m²'yi kapsayan üç alandan (12 m²) toplanmıştır. Örnekleme alanı modeli Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Örnekleme alanı modeli [(deniz seviyesi üstü 0,5 m + deniz seviyesi altı 0,5 m) x genişlik 4 m =4 m²] (Discovery Education, 2022).

Toplanan örnekler %4 formaldehit içeren kavanozlara yerleştirilerek etiketlenmiştir. Laboratuvara getirilen örneklerin tür tanımlaması yapılmıştır. Tür tanımlamasında radula dişlerinin morfolojik görünümünden yararlanılmıştır (Fisher-Piette ve Gaillard, 1959; Gaillard, 1987; Öztürk ve Ergen, 1999). Kabuk morfometrik özellikleri 0,01 mm hassasiyetli kumpas ile ölçülmüştür. Kabuk morfolojisinin belirlenmesinde her bireyin kabuk uzunluğu (KU), tepe noktasından ön uca kadar kabuk uzunluğu (KUTÖ), tepe noktasından arka uca kadar kabuk uzunluğu (KUTA), kabuk genişliği (KG), tepe noktasında kabuk genişliği (KGT), posterior kabuk uzunluğu (PKU), anterior kabuk uzunluğu (AKU) ve kabuk yüksekliği (KY) belirlenmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. *P. caerulea*'nın belirlenen morfometrik özellikleri

Morfometrik ölçümler sonrası her birey için; Kabuğun konikliği (KY/KU), Koninin dış merkezliliği (AKU/PKU), Taban elipsliği (KG/KU), Taban dışmerkezliği (KGT/KG) oranları belirlenip ortalamaları ANOVA kullanılarak karşılaştırılmıştır. Kabuk yüzey alanı (KYA) ve kabuk hacmi (KH), bir parabolik koninin yüzey alanı (1) ve hacmi (2) formülleri kullanılarak hesaplanmıştır. Kabuk taban yarıçapı formül (3), taban çevresi formül (4), taban yüzey alanı formül (5) ve toplam maruz kalma yüzey alanı formül (6) kullanılarak hesaplanmıştır. Kabuk şeklini tanımlayan değişkenlerin ortalamalarının karşılaştırılması ANOVA ile yapılmıştır. Değişkenler arasındaki ilişki Pearson lineer korelasyon katsayısı hesaplanarak değerlendirilmiştir. Tüm regresyonlarda en küçük kareler yöntemi kullanılmıştır.

$$KYA = 3,6 \times KTR \times \sqrt{(KTR)^2 + \left(\frac{4}{3}\right) \times KY} \quad (1)$$

Burada; KYA: kabuk yüzey alanı, KTR: kabuk taban yarıçapı, KY: kabuk yüksekliğini ifade etmektedir.

$$KH = \left[\frac{\pi \times KTR^2 \times KY}{2} \right] \quad (2)$$

Burada; KH: kabuk hacmi, KTR: kabuk taban yarıçapı, KY: kabuk yüksekliğini ifade etmektedir.

$$KTR = \frac{KU + KG}{4} \quad (3)$$

Burada; KTY: Kabuk taban yarıçapı, KU: Kabuk uzunluğu, KG: Kabuk genişliğini ifade etmektedir.

$$TÇ = 2\pi \times KTR \quad (4)$$

Burada; TÇ: Taban çevresi, KTR: kabuk taban yarıçapını ifade etmektedir.

$$TYA = \pi \times KTR^2 \quad (5)$$

Burada; TYA: Taban yüzey alanı, KTR: Kabuk taban yarıçapını ifade etmektedir.

$$TMKYA = TYA + KYA \quad (6)$$

Burada; TMKYA: Toplam maruz kalma yüzey alanı, TYA: Taban yüzey alanı, KYA: Kabuk yüzey alanını ifade etmektedir.

Tablo 3.1'de kabuk şeklinin analizinde kullanılan değişkenler ve şekil eğilimleri gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Kabuk şeklinin analizinde kullanılan değişkenler.

Şekil Parametresi	Değişken	Eğilim
Taban elipsliği	KG/KU	=1 Daire <1 Elips/Oval/Parabol/Ovül <1, oran arttıkça elipslik azalır
Taban dışmerkezliği	KGT/KG	≈1 Daire/Elips/Oval/Parabol <1 ovül <1, oran arttıkça ovülden elipse geçiş olur
Koniklik	KY/KU	Koniklik arttıkça oran artar
Koni dışmerkezliği	AKU/PKU	=1 Ortalanmış tepe/Simetrik koni <1 Tepe noktası ön uca yakın <1, dışmerkezlik azaldıkça oran artar

Kabuk şeklini tanımlayan değişkenlerin ortalamalarının karşılaştırılması ANOVA ile yapılmıştır.

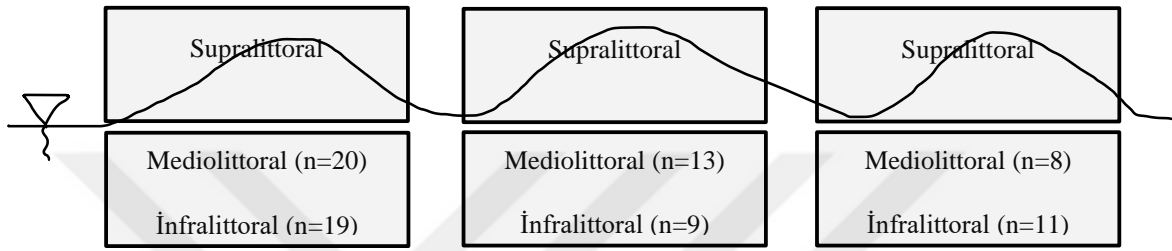
Kabuk morfometrisi tamamlanan bireylerin her biri ayrı ayrı disekte edilerek yumuşak dokuları çıkarılmış ve MP düzeyleri belirlenmiştir. Örneklenen her birey kabuk üzerindeki kalıntıların uzaklaştırılması amacıyla distile su ile yıkandıktan sonra disekte edilmiş ve çıkarılan yumuşak dokular parçalanmadan önce elektronik hassas terazi ($\pm 0,001$ g) ile tartılarak ağırlıkları alınmıştır. Yumuşak dokular ayrı ayrı H_2O_2 (%30; 1:10 a/h) içeren cam şişelere yerleştirilmiş ve karanlıkta $45^\circ C$ 'de 48 saat inkübe edilmiştir. Sonra cam şişeler oda sıcaklığında 1 saat mekanik olarak çalkalanmıştır. Daha sonra, $55^\circ C$ 'de 15 dakika inkübe edilmiş ve sindirilen her numune, Whatman N° 541 filtre kağıdından (22 μm gözenek boyutu) vakumla filtrelenmiştir (Li vd., 2015; Pérez vd., 2020). Filtrasyon tamamlandıktan sonra filtre kağıtları temiz Petri kaplarına yerleştirilmiştir.

Filtre edilen örnekler havadan kontaminasyonu önlemek amacıyla kapalı steril petri kutuları içerisinde, stereomikroskop altında $\times 4$ büyütmede incelenmiştir. Kullanılan tüm laboratuvar malzemeleri kontaminasyonu engellemek amacıyla bidistile su ile yıkanmış ve çalışma süresince pamuklu önlük ve maskeler kullanılmıştır. Mikroskop altında sayılan MPler türlerine göre sınıflandırılmıştır (GESAMP, 2019). Bir dijital kamera yardımıyla görüntüleri kaydedilmiştir.

Toplam MP sayısı ve türü (granül (pelet), filamentler (lif), fragment (şekilsiz parça) ve film, MPs /g ya ve MPs/birey olarak hesaplanmış olup gruplar arasında ayırımı belirlemek amacıyla tek yönlü varyans analizleri (ANOVA) yapılmış ve gruplar arasındaki farklılıkları belirlemek için de Duncan Testi uygulanmıştır (Sokal ve Rohlf, 1995). Verilerin istatistik analizinde SPSS paket programı kullanılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırma, Mersin kıyı şeridinde Viranşehir sahillerinde yürütülmüştür. Çalışma bölgesinden seçilen üç farklı kayalık alanda su seviyesinin üzerinde, dalga etkisinde kalan 0,5x4 m'lik alan supralittoral zon, su seviyesi altında kalan 0,5x4 m'lik alan ise mediolittoral ve infralittoral zonu oluşturmaktadır (Şekil 4.1) Çalışma bölgesinde supralittoral zonda Patellidae ailesine ait bireye rastlanmamıştır. Su seviyesi altında kalan mediolittoral ve infralittoral zonda üç farklı bölgeden toplam 80 birey örneklenmiştir. Çalışma bu bireyler üzerinde yapılmıştır.



Şekil 4.1. Örnekleme alanı modeli

Her üç bölgeden toplanan 80 bireyin radula morfolojik özellikleri dikkate alınarak yapılan tür tanımlamasında örneklenen tüm bireylerin *P. caerulea* türüne ait olduğu saptanmıştır. Mersin kıyı şeridinde dağılımı bulunan *P. rustica* ile *P. ulyssiponensis* bu araştırmada bulunamamıştır. Mersin-Viranşehir bölgesinde yürütülen önceki bir araştırmada Patella genusuna ait *P. caerulea* ve *P. rustica*'nın sırasıyla %88,89 ve %11,11 oranında dağılımı bildirilmiştir. *P. caerulea*'nın üst infralittoral ve mediolittoral zonda, *P. rustica*'nın ise supralittoral zonda bulunduğu belirtilmiştir (Ayas, 2010). Bu durum çalışma bölgesinde *P. caerulea*'nın baskın türü oluşturduğu ve *P. rustica* ile *P. ulyssiponensis*'in popülasyon kurmalarını baskılayarak dağılımını engellemesi ile açıklanabilir. Saros Körfezi (Ege Denizi)'nde supralittoral, mediolittoral ve üstinfralittoral zondan Patella genusuna ait bireyler toplanmış *P. caerulea*'nın mediolittoral ve üstinfralittoral zonda dağılımı saptanmıştır (Öztürk ve Ergen, 1999). Mersin Viranşehir sahillerinden örneklenen *P. caerulea*'nın mediolittoral ve infralittoral zonda bulunmuş olması önceki araştırma bulguları ile uyumludur.

4.1. *P. caerulea*'nın Kabuk Morfolojisi

Mersin Viranşehir sahillerinden örneklenen *P. caerulea* (n=80)'nın her bireyine ait morfometrik analizleri yapılmış, morfometrik analizlerine ait bazı görüntüler Şekil 4.1.1'de sunulmuştur.



Şekil 4.1.1. Morfometrik analiz çalışmasından görüntüler

Örneklenen her bir bireye ait morfometrik ölçümler tamamlanmış, ortalamaları ile standart hataları Tablo 4.1.1’de sunulmuştur. Mediolittoral zon ile infralittoral zonda dağılım gösteren bireylerin incelenen morfometrik özellikler bakımından ayırım gösterdiği belirlenmiştir ($p < 0,01$). İnfra-littoral zonda dağılım gösteren bireylerin mediolittoral zonda dağılım gösteren bireylerden daha büyük oldukları saptanmıştır ($p < 0,01$).

Tablo 4.1.1 Mersin Viranşehir sahillerinden örneklenen *P. caerulea*'nın morfometrik özelliklerinin aritmetik ortalamaları ile standart hataları

Morfometrik Özellikler (mm)	Mediolittoral (n=41)	Infralittoral (n=39)	ANOVA
	$\bar{x} \pm s_x$	$\bar{x} \pm s_x$	
KU	28,16 ± 7,76	30,80 ± 8,01	<0,01
KUTÖ	17,45 ± 4,50	19,18 ± 4,55	<0,01
KUTA	20,41 ± 5,77	23,83 ± 6,89	<0,01
KG	22,13 ± 7,69	25,03 ± 8,10	<0,01
KGT	19,74 ± 7,29	21,41 ± 7,61	<0,01
PKU	17,20 ± 5,47	19,70 ± 6,66	<0,01
AKU	15,13 ± 4,14	16,41 ± 4,34	<0,01
KY	7,45 ± 2,50	8,24 ± 2,71	<0,01

$\bar{x} \pm s_x$: Aritmetik Ortalama ve standart hata

KU (kabuk uzunluğu), KUTÖ (tepe noktasından ön uca kadar kabuk uzunluğu), KUTA (tepe noktasından arka uca kadar kabuk uzunluğu), KG (Kabuk Genişliği), KGT (tepe noktasında kabuk genişliği), PKU (posterior kabuk uzunluğu), AKU (anterior kabuk uzunluğu) ve KY (kabuk yüksekliği)

Saros Körfezi'nden örneklenen *P. caerulea* bireylerinin ortalama kabuk uzunluğu 31,1, kabuk genişliği 25,9, kabuk yüksekliği 8,3 mm olarak bildirilmiştir (Öztürk ve Ergen, 1999). Mersin Viranşehir kıyılarından örneklenen bireylerde her iki zona ait ortalama KU: 29,48, KG: 23,58 ve KY: 7,85 mm olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada Viranşehir kıyılarından örneklenen bireyler önceki çalışmada Saros Körfezi'nden örneklenen bireylerden daha küçük olmakla birlikte KG bakımından Saros Körfezi örnekleri (25,9) ile Viranşehir infralittoral zon örnekleri (25,03), KY bakımından ise Saros Körfezi örnekleri (7,85) ile Viranşehir mediolittoral zon örnekleri (7,45) benzer bulunmuştur.

Morfometrik ölçümleri tamamlanan her bireyin kabuk şekil analizi için; taban elipsliği (KG/KU), taban dış merkezliği (KGT/KG), koniklik (KY/KU) ve koni dışmerkezliği (AKU/PKU) oranları belirlenip ortalamaları ANOVA kullanılarak karşılaştırılmıştır (Tablo 4.1.2)

Tablo 4.1.2. Mersin Viranşehir sahillerinden örneklenen *P. caerulea*'nın kabuk şekil analiz sonuçları

Şekil Parametresi	Değişkenler	Mediolittoral	Infralittoral	ANOVA
		(n=41)	(n=39)	
		$\bar{x} \pm s_x$	$\bar{x} \pm s_x$	
Taban elipsliği	KG/KU	0,77 ± 0,07	0,80± 0,08	<0,01
Taban dışmerkezliği	KGT/KG	0,89± 0,06	0,69± 0,09	<0,01
Koniklik	KY/KU	0,27± 0,04	0,27± 0,03	>0,01
Koni dışmerkezliği	AKU/PKU	0,90± 0,09	0,86± 0,10	<0,01

$\bar{x} \pm s_x$: Aritmetik ortalama ve standart hata

Araştırmada mediolittoral (n=41) ve infralittoral (n=39) zondan örneklenen bireylere ait kabuk şekil analizi yapılmış ve Tablo 4.1.2’de sunulmuştur. Mediolittoral zonda dağılım gösteren bireylerin taban elipsliği 0,77 olarak belirlenmiş olup kabuk şekil analiz sınıflandırmasına göre <1 Elips/Oval/Parabol/Ovül olarak tanımlanabilir. İnfralittoral zondan örneklenen bireylerin taban elipsliği 0,80 olarak bulunmuştur. Kabuk şekil analizi sınıflandırmasında yer alan “<1, oran arttıkça elipslik azalır” ifadesine göre mediolittoral zondan örneklenen bireyler infralittoral zondan örneklenen bireylere göre daha dar kabuk şekline sahiptir.

Taban dış merkezliği bakımından mediolittoral zondan örneklenen bireylerin kabuk şekil analizi sınıflandırmasında belirtilen “<1, oran arttıkça ovülden elipse geçiş olur” ifadesine göre 0,89<1 elips, infralittoral zondan örneklenen bireylerin “<1 ovül” ise 0,69<1 ovül olduğu belirtilebilir.

Kabuk şekil analizi sınıflandırmasına göre KY/KU oranı arttıkça koniklik artar. Mediolittoral ve infralittoral zondan örneklenen bireylere ait KY/KU oranı 0,27 olarak belirlenmiş olup bireyler arasında bir ayırım bulunmamıştır (p>0,01).

Koni dış merkezliği, mediolittoral zondan örneklenen bireylerde 0,90, infralittoral zondan örneklenen bireylerde 0,86 olarak belirlenmiş olup kabuk şekil analizi sınıflandırmasına göre her iki zonda da “<1 Tepe noktası ön uca yakın” gruplandırmasına uygun olup “<1, dış merkezlik azaldıkça oran artar” ifadesine göre infralittoral zondan örneklenen bireyler daha asimetric mediolittoral zondan örneklenen bireyler ise merkeze daha yakın bulunmuştur.

Araştırmada mediolittoral zondan örneklenen bireylerde kabuk daha dar, eliptik, tepe noktası merkeze daha yakın iken, infralittoral zondan örneklenen bireyler daha geniş, ovül, tepe noktası ise anterior uca yakın asimetric bulunmuştur (p<0,01). Her iki zondan örneklenen bireylerde koniklik bakımından ayırım bulunmamıştır (p>0,01).

Tunus kıyılarından örneklenen *P. caerulea*'nın konikliği 0,301, koni dışmerkezliği 0,69, taban elipsliği 0,82 olarak bildirilmiştir (Boukhicha vd., 2013). Tunus kıyılarından örneklenen *P. caerulea* bireylerinin bu araştırmada Mersin kıyılarından örneklenen bireylere göre daha konik, tepe noktası daha asimetric ve daha ovül kabuk şekline sahip oldukları belirtilebilir.

P. intermedia, *P. rustica*, *P. ulyssiponensis* ve *P. vulgata* kabuk ve radula özelliklerinde büyümeye bağlı değişim incelenmiş; *P. rustica* ve *P. ulyssiponensis*'teki kabuk büyümesinin temelde izometrik olup, büyüme sırasında kabuk şeklinin sabit olduğu, buna karşın *P. intermedia* ve *P. vulgata*'daki kabuk büyümesi pozitif allometrik olduğu ve kabukların boyutu arttıkça tabanın daha dairesel hale geldiğini ve koninin daha merkezli ve nispeten daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Cabral, 2007). Aynı çalışmada radula nispi boyutu sırasıyla *P. ulyssiponensis*, *P. vulgata*, *P. intermedia* ve *P. rustica*'da artmış ve tüm türlerde negatif allometrik büyüme bildirilmiştir. Araştırmada kabuk boyutu arttıkça radula'nın daha az büyüdüğü sonucu vurgulanmıştır (Cabral, 2007). İncelenen dört türde limpetlerde (kabuk taban çevresi)/(kabuk hacmi) veya (kabuk yüzey alanı)/(kabuk hacmi) oranlarının literatürde bildirilen değerden daha düz olduğu saptanmış ve bunun kurumaya bağlı olabileceği belirtilmiştir (Cabral, 2007). Bu çalışmada en düşük oranları *P. rustica* kabukları, en yüksek oranları ise *P. ulyssiponensis* kabuklarında bulunduğu ve bu da kuruma ile ilişki olduğu bildirilmiştir (Cabral, 2007).

Ege Denizi'nde yürütülen bir çalışmada *P. caerulea*'nın su seviyesinin üzerinde bulunan bireylerinde kabuk yüksekliğinin arttığı ve radula boyunun daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada *P. rustica* kabuk yapısının daha konik ve yüksek bulunduğu bu morfolojik değişimin ise kuru ortamda uzun süre kalan bireylerin su kaybını azaltmak üzere geliştirilen bir adaptasyon olabileceği bildirilmektedir (Öztürk ve Ergen, 1999).

Akdeniz'de dağılım gösteren *P. rustica*, *P. ferruginea*, *P. caerulea* ve *P. ulyssiponensis*'de, kabuk ve radula karakterleri ile kabuk yüzey alanı/kabuk hacmi oranı incelenmiş ve kayalık ekosistemde buldukları zona bağlı olarak karşılaştıkları stres etkisinin sonuçları karşılaştırılmıştır. Araştırmada incelenen türler arasında kabuk şekli, radula nispi boyutu ve (SSA/SV) oranında spesifik farklılıklar olduğunu bildirilmiştir (Boukhicha vd., 2013). Bu çalışmada morfolojik olarak, kabuk konikliğinin *P. rustica*'da en yüksek, *P. ulyssiponensis*'te ise en düşük olduğu ortaya konulmuştur. Kabuk koni eksantrikliği, *P. ferruginea*'da çok asimetrik bir koniyi ve *P. rustica*'da daha merkezli bir tepeyi gösterdiği bildirilmiştir. Kabuk tabanı eliptikliği, *P. ulyssiponensis*'te daha dar ve *P. caerulea*'da daha geniş bir kabuk tabanı sahip bulunmuştur. Radula nispi boyutunun *P. ulyssiponensis*'ten *P. rustica*'ya yükseldiği vurgulanmıştır (Boukhicha vd., 2013).

Kayalık ekosistemin en önemli canlı grubunu oluşturan Patellidae'lerde dalga, güneş ışığı, gelgit şiddeti gibi değişen çevresel faktörlerin ve jeomorfolojik olarak buldukları zonun kabuk morfolojisi üzerine etkili olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmada *P. caerulea*'nın dağılım ve kabuk morfolojisinin zonasyonundaki ayırmalar önceki çalışmalar ile uyumludur.

Mersin Viranşehir sahillerinden örneklenen *P. caerulea*'nın kabuk yüzey alanı (KYA), kabuk hacmi (KH) ve toplam maruz kalma yüzey alanı (TMKYA) mediolittoral ve infralittoral zondan örneklenen bireylerde hesaplanmış ve aritmetik ortalamaları ve standart hataları Tablo 4.1.3'de sunulmuştur. Infralittoral zondan örneklenen bireylerde kabuk yüzey alanı daha geniştir. Mediolittoral zondan örneklenen bireyler ile karşılaştırıldığında KYA bakımından $p < 0,001$ düzeyinde anlamlı bir

ayırım bulunmaktadır. KH, infralittoral zondan örneklenen bireylerde mediolittoral zondan örneklenen bireyler ile karşılaştırıldığında yüksek bulunmuştur ($p < 0,01$). Buna karşın TMKYA, mediolittoral zondan örneklenen bireylerde infralittoral zondan örneklenen bireylere göre daha fazladır ($p < 0,001$). Farklı zonlardaki bu ayırım çevresel faktörlerin etkisi ile ilişkilendirilebilir.

Tablo 4.1.3. Mersin Viranşehir sahillerinden örneklenen *P. caerulea*'nın KYA, KH ve TMKYA ortalama ve standart hataları

	Mediolittoral (n=41)	Infralittoral (n=39)	Korelasyon
	$\bar{x} \pm s_x$	$\bar{x} \pm s_x$	
Kabuk Yüzey Alanı (KYA)(mm ²)	542,06 ± 78,58	775,33 ± 99,89	0,001**
Kabuk Hacmi (KH)(mm ³)	2393,76 ± 554,25	3170,96 ± 661,05	0,01*
Toplam Maruz Kalma Yüzey Alanı (TMKYA)(mm ²)	1181,15 ± 169,88	667,49 ± 86,49	0,001**

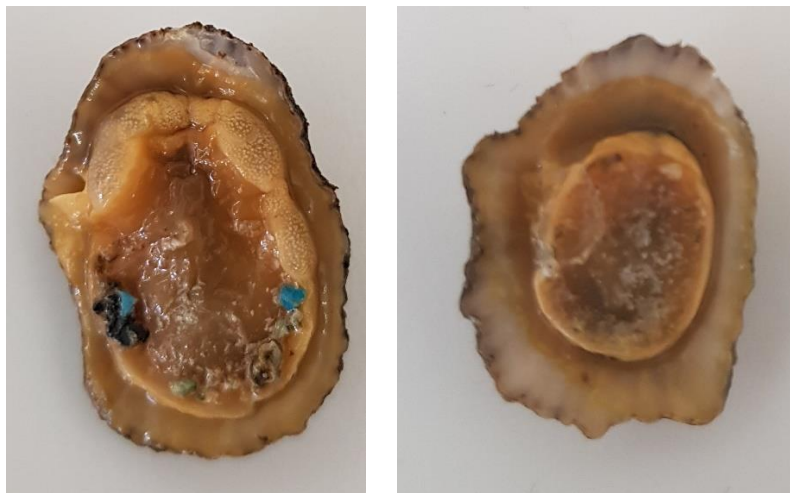
$\bar{x} \pm s_x$:Aritmetik Ortalama ve standart hata

**Korelasyon (Pearson) 0,001 düzeyinde anlamlıdır (2-tailed)

* Korelasyon (Pearson) 0,01 düzeyinde anlamlıdır (2-tailed)

4.2. *P. caerulea*'nın Yumuşak Doku Mikroplastik Düzeyi

Mersin Viranşehir kıyılarından örneklenen *P. caerulea* bireylerinde vücut yüzeyinde yapışık plastik parçalar bulunan çok sayıda bireye rastlanmıştır (Şekil 4.2.1).



Şekil 4.2.1 Örneklenen bireylerde vücut yüzeyinde yapışık bulunan plastik parçalar

Örnekleme alanı kentsel baskı alanında bulunmakta olup denize karışan MP'ler dalgaların etkisi ile kayalık ekosistemlere kolayca taşınmaktadır. Kayalık ekosistem üzerinde otlayarak beslenen *P. caerulea* bireyleri ortamda çok sayıda bulunan MP partikülleri vücutlarına alabilmektedirler. Yutulan MP'lerin de doğrudan hücre ve dokulara taşındığı ve çeşitli metabolik ve fizyolojik bozukluklara neden olduğu bildirilmektedir (von Moos vd., 2012). Önceki araştırmalarda MP yutmanın, 180'den fazla hayvan türünde kaydedildiği (Wang vd., 2016), ancak filtre ile beslenen çift kabuklular, otlayarak beslenen gastropodlar ve yengeçlerin özellikle savunmasız oldukları bildirilmiştir (Green, 2016; Xu vd., 2020). Wang ve ark. (2016) MP'lerin sindirim sistemi astarına emildiği ve *M. edulis*'in diğer dokularına taşındığını bildirmiştir.

Araştırmada yumuşak doku MP düzeyinin belirlenmesi amaçlanmış olup vücut yüzeyinde henüz yumuşak doku içerisine alınmayan MP parçalar diseksiyon öncesi bidistile su ile yıkanarak vücut yüzeyinde uzaklaştırılmıştır. Elde edilen veriler yaş doku düzeylerini göstermektedir.

Mersin Viranşehir kıyılarından iki farklı tidal zondan örneklenen *P. caerulea* bireylerinin ortalama yumuşak doku MP düzeyleri mediolittoral zonda $17,05 \pm 16,84$ MP/birey, infralittoral zonda $10,88 \pm 8,02$ MP/birey olarak belirlenmiştir. *P. caerulea*'nın mediolittoral ve infralittoral zondan örneklenen bireylerinde yaş ağırlıktaki yumuşak dokunun gramı başına MP sayısının (MP/g ya), Aritmetik Ortalama ve standart hatası belirlenmiş ve Tablo 4.2.3'de sunulmuştur.

Tablo 4.2.3. Yaş ağırlıktaki yumuşak dokunun gramı başına mikroplastik sayısı (MP/g ya), (Aritmetik Ortalama \pm standart hata)

Örnekleme alanı	n	Yaş ağırlık (g)	Granül/gya	Fragment/gya	Filament/gya	Film/gya
		$\bar{X} \pm Sx^*$	$\bar{X} \pm Sx^*$	$\bar{X} \pm Sx^*$	$\bar{X} \pm Sx^*$	$\bar{X} \pm Sx^*$
Mediolittoral zon	41	0,94 \pm 0,72	11,84 \pm 2,83 ^a	42,05 \pm 11,50 ^a	8,47 \pm 1,66 ^a	5,84 \pm 1,70 ^a
Infralittoral zon	39	1,13 \pm 1,00	9,50 \pm 2,80 ^a	22,15 \pm 5,49 ^b	8,70 \pm 1,63 ^a	3,15 \pm 0,68 ^b
Gruplandırılmış bireyler	80	1,04 \pm 0,88	10,64 \pm 1,97	31,85 \pm 6,39	8,59 \pm 1,15	4,46 \pm 0,91

*Duncan; a ve b harfleri örnekleme alanları arasındaki MP sayıları arasındaki istatistiksel ayrımı göstermektedir. İstatistiksel ayırım $p < 0,05$ düzeyindedir.

$\bar{X} \pm Sx$; Aritmetik Ortalama \pm standart hata

Araştırmada mediolittoral ve infralittoral zondan örneklenen farklı büyüklükteki toplam 80 bireyden minimum 0,22 g maksimum 4,28 g yaş doku elde edilmiştir. Yumuşak doku MP ekstraksiyonunda bir bireye ait toplam yumuşak doku kullanılmıştır. Her örnek bir bireyi temsil etmekte olup bir örnekte belirlenen MP sayısı yumuşak dokunun gramı başına hesaplanarak mediolittoral ve infralittoral zondan örneklenen bireylere ait ortalamalar hesaplanmıştır (Tablo 4.2.3).

İntertidal limpetlerde MP varlığını bildiren ilk saha çalışması, Arjantin Beagle Kanalında antropojenik faaliyetlerin farklı yoğunlukta bulunduğu üç alanda yürütülmüştür (Ojeda vd., 2021). Kentsel ve balıkçılık faaliyetlerinin yoğun baskısı altındaki örnekleme alanından toplanan *N. magellanica*'da, MP miktarının en yüksek olduğu bildirilmiştir. Yoğun antropojenik etki altındaki bölgeden örneklenen limpetlerin yumuşak doku MP miktarı $10 \pm 6,69$ MP/birey ve $2,22 \pm 0,78$ MP/g y.a. olarak belirlenirken, antropojenik baskının daha düşük olduğu diğer iki örnekleme alanında sırasıyla $5,60 \pm 2,59$ MP/birey ve $2,41 \pm 1,47$ MP/g y.a. ve $2,90 \pm 2,02$ MP/birey ve $0,96 \pm 0,94$ MP/g y.a. olarak bulunduğu bildirilmiştir.

Hong Kong'da çamurlu ve kumlu plajlardan karındanbacaklı, çift kabuklu ve yengeç olmak üzere 38 omurgasız türünün 32'sinde ve toplam 312 bireyin %55'inin dokularında MP bulunduğunu, MPlerin ortalama sayısının, 0,025 ila 9,684 MP/g y.a. veya 0,08 ila 18,4 MP/birey arasında değiştiğini belirtilmiştir.

Florida'nın doğu kıyısında yer alan gelgit etkisi zayıf sığ sulara sahip bir haliç olan Mosquito Lagünü'nden örneklenen istiridyeye (*C. virginica*) ve yengeçlerde (*Panopeus herbstii*) yumuşak doku MP düzeyi belirlenmiş, yengeçlerde ortalama 20,3 MP/birey, istiridyelerde ise ortalama 16,5 MP/birey bulunduğu bildirilmiştir (Waite vd., 2018).

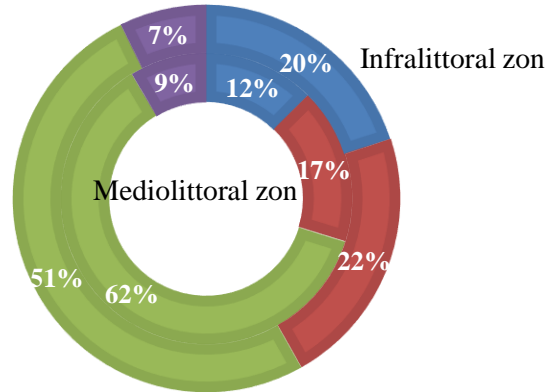
Kuzey Denizi kıyılarından örneklenen midye dokusunda $37,000 \text{ kg}^{-1}$ k.a. düzeyinde mikroplastik belirlenmiştir. Midyelerin her bireyinde 5-19 partikül bulunduğu ve MP uzunluklarının 30-2000 μm arasında değişmekte olup ortalama 200 μm olduğu bildirilmiştir. Araştırmada midye doku derişiminin birim ağırlık ve hacim başına sediment (27 MP L^{-1}) ve su (48 MP kg^{-1} k.a.) derişiminden bin kat fazla olduğu ve süzerek beslenen türlerde mikroplastığın yüksek derişimlerde biriktirilebileceği vurgulanmıştır (Karlsson vd., 2017).

Kuzeydoğu Atlantik Okyanusu'ndaki Rockall Çukuru'ndan örneklenen farklı beslenme özelliğine sahip omurgasız (*O. lymani*, *H. pellucidus* ve *C. jeffreysianus*) türlerine ait incelenen bireylerin ($n = 66$) %48'inde toplam 359 MP bulunduğu ve MP miktarlarının kıyı türleriyle karşılaştırılabilir düzeyde olduğu belirtilmiştir. *O. lymani*'nin en yüksek sayıda polimer türünü yuttuğu ve *H. pellucidus*'un ise ortalama $1,582 \pm 0,448 \text{ MP/g}$ y.a. ile en büyük toplam bolluğa sahip tür olduğu belirtilmiştir. Doku MP sayısı bakımından türler arasındaki ayırımın organizmanın besleme şekli veya bireyin uzunluğu veya toplam ağırlığı ile değil türle ilgili olduğu vurgulanmıştır (Courtene-Jones vd., 2017).

Mersin kıyı şeridinde kentsel baskı altında bulunan Viranşehir kıyılarında iki farklı tidal zondan örneklenen *P. caerulea* bireylerinin yumuşak doku MP düzeyleri mediolittoral zonda $17,05 \pm 16,84 \text{ MP/birey}$, infralittoral zonda $10,88 \pm 8,02 \text{ MP/birey}$ belirlenmiştir. Mersin Viranşehir kıyılarında farklı tidal zonlardan örneklenen *P. caerulea* bireylerinin yumuşak doku MP miktarının önceki araştırmalarda da belirtildiği gibi örnekleme bölgesinde antropojenik faktör etki düzeyi ile akıntı ve dalga gibi abiyotik faktörler etkisinde değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Mersin Viranşehir kıyılarından örneklenen bireylerde MP'lerin granül, fragment, filament ve film olmak üzere 4 farklı şekline rastlanmıştır (Şekil 4.2.2). *P. caerulea* bireylerinde MP'lerin mediolittoral zonda % 62, infralittoral zonda % 51'inin fragment, mediolittoral zonda % 17, infralittoral zonda % 22'sinin granül, mediolittoral zonda % 12, infralittoral zonda % 20'sinin filament ve mediolittoral zonda % 9, infralittoral zonda ise % 7'sinin film şeklinde parçalardan oluştuğu belirlenmiştir. Filament dışında belirlenen MP sayılarının mediolittoral zonda infralittoral zondan daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p < 0,05$). Mediolittoral ve infralittoral zonda belirlenen MP'ler arasında fragment olarak sınıflandırılan MP'ler en yüksek, film olarak sınıflandırılan MP'ler ise en düşük sayıda bulunmuştur.

■ Filament ■ Granül ■ Fragment ■ Film



Şekil 4.2.2 Mediolittoral ve Infralittoral zondan örneklenen *P. caerulea* yumuşak doku MP sayısının şekilsel çeşitlik yüzdesi

Beagle Kanalı'ndan örneklenen *N. magellanica*'da tanımlanan polimerlerin yarı sentetik, selüloz ve polistiren'den oluştuğu ve şekil olarak en bol bulunan grubun filament tipteki lifler olduğu bunu fragmentler ve filmlerin izlediği bildirilmiştir (Ojeda vd., 2021).

Hong Kong'da çamurlu ve kumlu alanlardan örneklenen 38 farklı omurgasız türünde yumuşak doku MP'lerin önemli bir kısmını lif (%93,3) ve daha az oranda pelet (%6,7) şeklindeki MP'lerin oluşturduğu belirtilmiştir. Liflerin ortalama uzunluğu ve çapı sırasıyla $1004,2 \pm 464,8 \mu\text{m}$ ve $21,8 \pm 7,3 \mu\text{m}$ olarak bildirilmiştir (Xu vd., 2020).

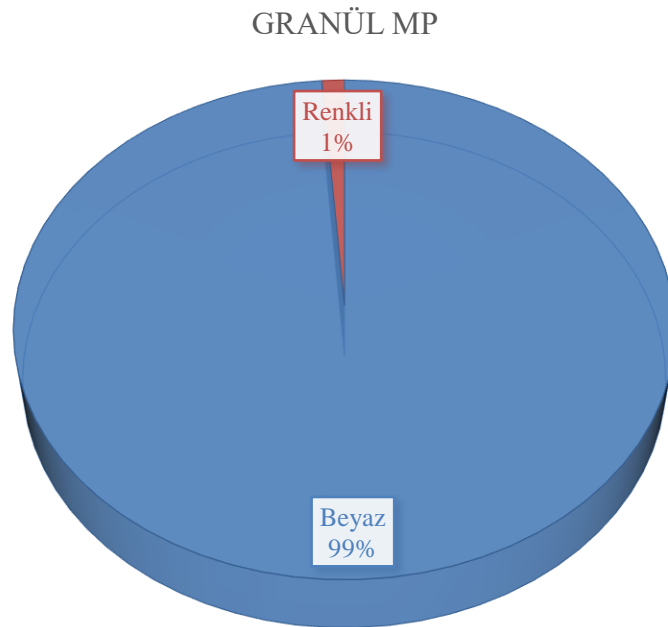
Kuzey Denizi kıyılarından örneklenen midye dokusunda MP'lerin yaklaşık %50'sinin liflerden oluştuğu bildirilmiştir (Karlsson vd., 2017).

Kuzeydoğu Atlantik Okyanusu'ndaki Rockall Çukurundan örneklenen üç farklı omurgasız türünde (*O. lymani*, *H. pellucidus* ve *C. jeffreysianus*) yumuşak dokuda belirlenen MP'lerin %87'si mono filament tipteki fiber, %13'ünün ise fragmanlardan oluştuğu belirtilmiştir (Courtene-Jones vd., 2017).

Türkiye'de, İzmir Körfezi Çeşme-Ildır kıyılarında *P. imbricata radiata* ile yürütülen bir araştırmada belirlenen MP'lerin %60'nın fiber ip (filament) şekilli MP'lerden oluştuğu bildirilmiş olup, araştırmada belirlenen MP'lerin kaynağını antropojenik kirliliğin olduğu vurgulanmıştır. Araştırmacı, bölgede bulunan fiber tip MP'lerin sentetik kıyafetlerin neden olduğu İkincil MP'ler ile kozmetik ve kişisel bakım ürünleri gibi Birincil MP'lerin oluşturduğunu belirtmiştir. Yaz aylarında turizm faaliyetlerinin arttığı bölgede arıtım tesislerinin sayıca artırılması ve MP kirliliğini daha fazla artıracak alternatif yöntemlerin uygulamaya geçirilmesinin önemi vurgulanmıştır (Aksakal vd., 2021).

MP'lerin şekilleri kaynaklarını yansıtmaları bakımından önemli olup granül şeklindeki MP'lerin kaynağını endüstriyel hammadde olarak üretilen plastikler oluşturmaktadır. Fragment, filament ve film şeklindeki MP'ler ise daha çok tüketim sonucu kullanılan plastik malzemelerin doğada ayrışması sonucu oluşan MP'lerdir. Bunların bolluğunun incelenmesi çevrede her geçen gün artan MP kirliliğine karşı alınabilecek önlemler açısından önemlidir.

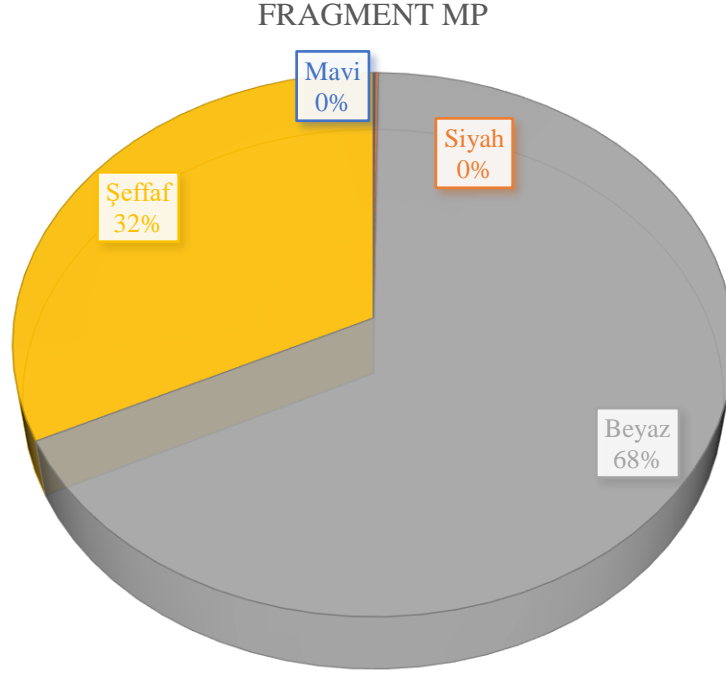
Mersin Viranşehir kıyılarından örneklenen *P. caerulea* bireylerinin yumuşak dokularında belirlenen MP'lerin, şeffaf, beyaz, siyah, mavi, sarı, kahverengi, mor, gri, yeşil, kırmızı renkli olanlarına rastlanmıştır. Granül olarak sınıflandırılan MP'lerin % 99'u beyaz % 1'i renkli, fragment MP'lerin % 68'i beyaz, % 32'si şeffaf ve film MP'lerin %70'i beyaz, %30'u şeffaf renklidir. Filament olarak sınıflandırılan grubun ise % 69'u beyaz ve şeffaf dışında renkli plastiklerden oluşmaktadır (Şekil 4.2.3-Şekil 4.2.6).



Şekil 4.2.3. *P. caerulea* yumuşak doku örneklerinde belirlenen granül MP'lerin renk % oranları

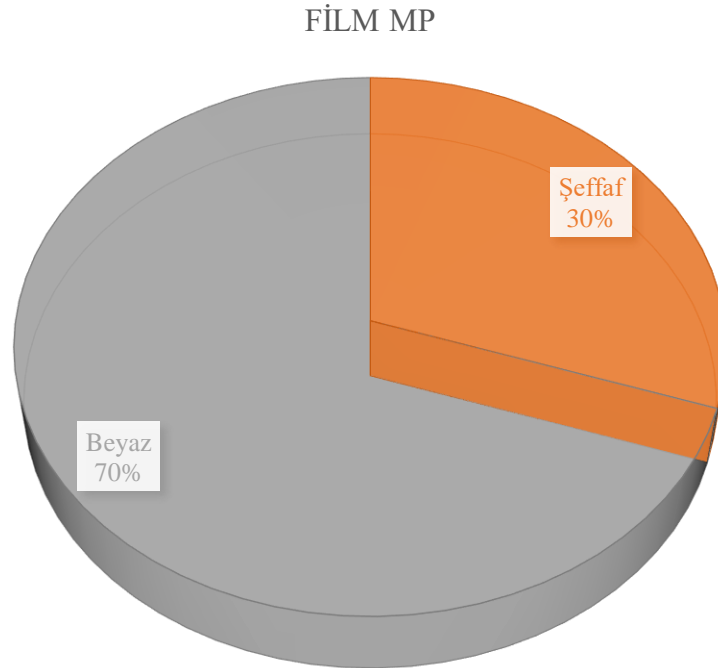
P. caerulea yumuşak dokularında belirlenen MP'lerden granül olarak sınıflandırılan grubu pürüzsüz küre ya da pelet şeklinde beyaz boncuklar oluşturmuştur. Bu grubun endüstride hammadde olarak kullanılmak üzere üretilen MP'lerin oluşturduğu bilinmektedir. Granül şeklindeki MP'ler mediolittoral zondan örneklenen bireylerde toplam MP'lerin % 17'sini, infralittoral zondan örneklenen bireylerde ise % 22'sini oluşturmaktadır.

Mersin Viranşehir kıyılarından örneklenen *P. caerulea* yumuşak dokularında fragment şeklindeki MP'lerin mavi ve siyah renkli parçalarına rastlanmış olup örneklerde belirlenen şeffaf ve beyaz parçalar ile oransal olarak gruplandırıldığında bu renklerdeki parçaların % 1'in altında bulunduğu belirlenmiştir (Şekil 4.2.4).



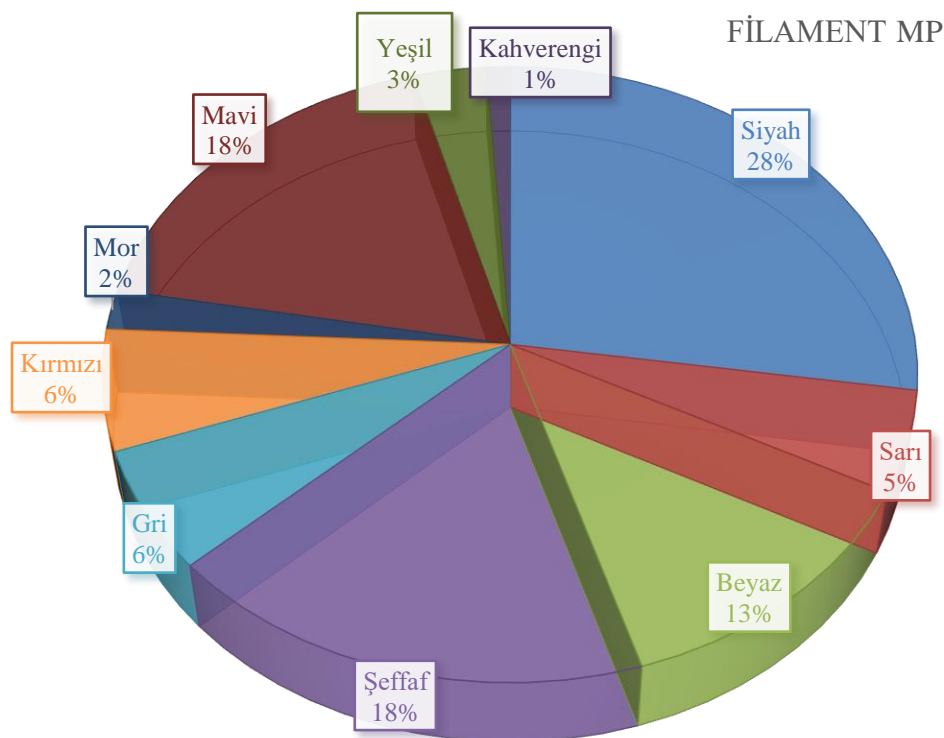
Şekil 4.2.4. *P. caerulea* yumuşak doku örneklerinde belirlenen fragment MP'lerin renk % oranları

Araştırmada Mersin Viranşehir sahillerinden örneklenen bireylerde film şekilli MP'ler en düşük oranda bulunmuştur. Bu grupta iki boyutlu, yaprak şekilli ve köpük şeklindeki MP gözlenmiştir. Bu grupta renkli parçalara rastlanmamıştır (Şekil 4.2.5).



Şekil 4.2.5. *P. caerulea* yumuşak doku örneklerinde belirlenen film MP'lerin renk % oranları

Mersin Viranşehir kıyılarında iki farklı zondan örneklenen *P. caerulea* türüne ait bireylerde yumuşak doku MP'leri arasında filament olarak sınıflandırılan grupta renkli parçalara diğer gruplardan çok daha fazla rastlanmıştır. İkincil MP'ler olarak tanımlanan gruba ait olan filamentlerde tüketim ürünü olan özellikle siyah ve renkli plastik poşet parçalarının katkısı büyük olabilir.



Şekil 4.2.6. *P. caerulea* yumuşak doku örneklerinde belirlenen filament MP'lerin renk % oranları

Hong Kong'da toplam 38 türe ait 312 omurgasız yumuşak dokusunda belirlenen MP parçacıklarının yarısından fazlasının beyaz veya şeffaf (%65,1), diğerlerinin renkli (%34,9) MPLer oldukları belirtilmiştir (Xu vd., 2020).

Kuzeydoğu Atlantik Okyanusu'ndaki Rockall Çukurundan örneklenen *O. lymani*, *H. pellucidus* ve *C. jeffreysianus* yumuşak dokularında belirlenen MP partiküllerin ağırlıklı olarak mavi ve kırmızı renkli MP'ler oldukları belirtilmiştir (Courtene-Jones vd., 2017).

Mersin Viranşehir'den örneklenen *P. caerulea* yumuşak doku MP partiküllerin, şeffaf, beyaz, siyah, mavi, sarı, kahverengi, mor, gri, yeşil, kırmızı renkli olanlarına rastlanmıştır. Granül olarak sınıflandırılan MP'lerin % 99'u beyaz %1'i renkli, film MP'lerin % 70'i beyaz, % 30'u şeffaf ve fragment MP'lerin % 68'i beyaz, % 32'si şeffaf renklidir. Filament olarak sınıflandırılan grubun ise % 69'u beyaz ve şeffaf dışındaki renkli plastiklerden oluşmaktadır.

Araştırmada kayalık ekosistemlerin en önemli otlayıcılarını oluşturan *P. caerulea*'nın kentsel baskı altında bulunan Mersin Viranşehir sahillerinden örneklenen bireylerinin yumuşak dokuda dört farklı şekilde sınıflandırılan MP parçalarını çok sayıda biriktirdiği, bu MP parçaların literatürde

sınıflandırılan birincil ve ikincil MP kaynaklarından oluştuğu saptanmış olup önceki araştırmalarda da belirtildiği üzere omurgasızlar tarafından ortamdan alınıp biriktirilen MP'lerin besin zincirinin üst trofik düzeylerinde bulunan canlılara iletildiği ve her geçen gün artan MP kirliliğinin global bir çevre sorununa dönüştüğü kaçınılmaz bir gerçektir. Türkiye'nin Marmara, Ege ve Akdeniz kıyılarından örneklenen bazı balık türlerinin (*C. saliens*, *M. barbatus barbatus*, *M. surmuletus*, *T. mediterraneus* ve *L. mormyrus*) sindirim sistemlerinde belirlenen MP düzeyi (toplam 283 MP partikül) besin zincirinde MP taşınımını desteklemektedir (Gündoğdu vd., 2020). Akdeniz'de farklı beslenme şekline ve su kolonu içerisinde farklı yaşam alanlarına sahip insanlar tarafından besin olarak tüketilen balık türleri (*Dentex dentex*, *Liza aurata*, *Mullus barbatus*, *Sardina pilchardus*, *Scomber japonicus*, *Trachurus mediterraneus*, *Trigla lucerna*) ile yürütülen bir araştırmada araştırma süresince kullanılan toplam 1137 balığın yarısından fazlasının sindirim sistemlerinde MP bulunmuştur (Güven vd., 2017).

Plastikler, farklı polimer tiplerine sahip olduklarından bunların tüketimi sonucu ortaya çıkan olumsuz etkiler, plastiğin türüne, kimyasal bileşimine ve ortamda bulunan diğer kirleticilerin plastik ile afinitesine bağlı olarak değişmektedir (Zhu vd., 2019; Koyuncuoğlu ve Erden 2021). Dolayısıyla insanlar için en önemli protein kaynağını oluşturan ekonomik öneme sahip balık ve diğer sucul canlılarda MP düzeyinin artan derişimi besin zincirinin tüm trofik düzeylerinde bulunan canlılarda MP'lerin olumsuz etkileri kadar suda bulunan diğer toksik maddelerin de alınım ve birikimine neden olmaktadır. Kaynağının önemli bir kısmını evsel atıkların oluşturduğu MP'ler arıtım sürecinde yeterince filtrelenemediklerinden deniz ve okyanuslara kolaylıkla taşınmaktadırlar (Kayhan, 2019; Koyuncuoğlu ve Erden 2021). Bu durum ortam derişimini her geçen gün arttırmaktadır. Bu nedenle doğaya doğrudan ve dolaylı olarak bırakılan plastiklerin neden olduğu kirliliğin önlenmesi çevre ve insan sağlığı açısından hayati öneme sahiptir.

Şekil 4.2.7-4.2.13'te Mersin Viranşehir kıyılarından örneklenen *P. caerulea* yumuşak dokularında belirlenen MP şekil ve renklerinden örnekler sunulmuştur. Fragment olarak sınıflandırılan grupta şekilsiz üç boyutlu ve farklı renklerden oluşan MP'ler bulunmaktadır. Film olarak sınıflandırılan grupta ise iki boyutlu (yaprak şeklinde) plastik parçalar ile yine yaprak şeklinde köpük plastik materyaller bulunmaktadır. Filament olarak sınıflandırılan grupta iplik şekilli ince uzun MP yer almaktadır. Granül olarak sınıflandırılan grupta ise pürüzsüz yuvarlak pelet ya da boncuk şekilli parçalar bulunmaktadır.

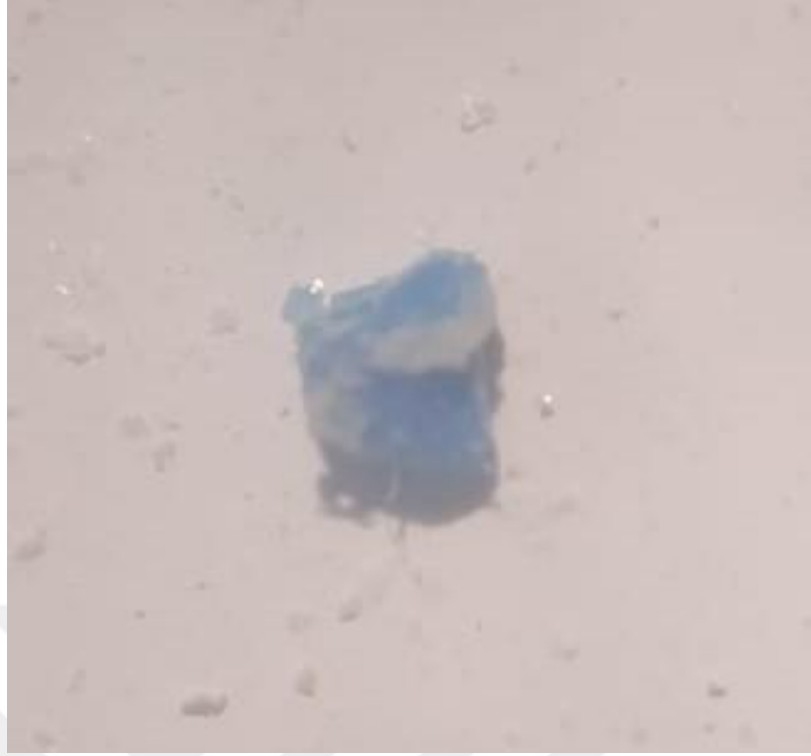


Şekil 4.2.7. *P. caerulea* dokularında belirlenen fragment MP şekil ve renklerinden örnekler (x4)

Şekil 4.2.7’de, *P. caerulea* yumuşak doku örneklerinde belirlenen fragment şekilli MP örneklerinden biri gösterilmiştir. Şekil 4.2.7’de, görülen parça üç boyutlu ve şekilsiz olup siyah renkli iken, Şekil 4.2.8’de görülen parça yine üç boyutlu ve şekilsiz olup farklı renklerde simler içeren siyah bir materyalden parçalanan MP partiküle örnektir.



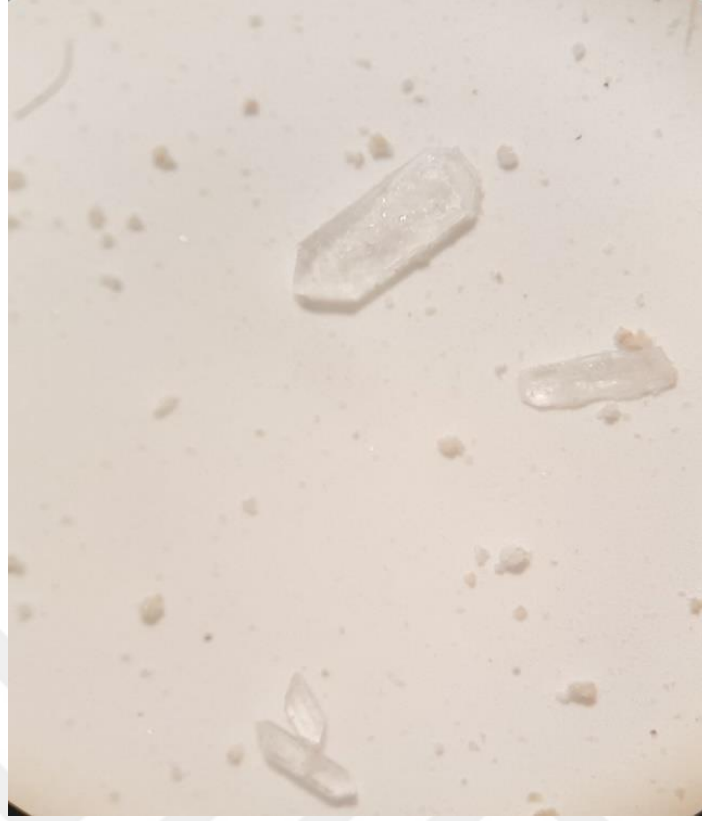
Şekil 4.2.8. *P. caerulea* dokularında belirlenen fragment MP şekil ve renklerinden örnekler (x4)



Şekil 4.2.9. *P. caerulea* dokularında belirlenen fragment MP şekil ve renklerinden örnekler (x4)

Şekil 4.2.9’da gösterilen MP parça, fragment olarak sınıflandırılan üç boyutlu ve şekilsiz MP’lerden biri olup mavi renklidir. Fragment olarak sınıflandırılan grupta yer alan az sayıda renkli parçalardan birini oluşturmaktadır.

Bu araştırmada az sayıda renkli parçaya sahip olan fragmentlerin Şekil 4.2.7 ve Şekil 4.2.9’da tespit edilen parçaların plastik fabrikaların atıkları, denize atılan plaj malzemeleri, ya da oyuncakların parçalanmış mikro partikülleri olabilir. Esmeray ve Armutçu (2020), doğaya katılan ve çevresel faktörler etkisi ile parçalanarak İkincil MP olarak sınıflandırılan MP parçaların, plastik atıkları, lastik atıkları ve tüketim ürünlerinin parçalanması sonucu oluştuklarını ifade etmektedir.



Şekil 4.2.10. *P. caerulea* dokularında belirlenen fragment MP şekil ve renklerinden örnekler (x4)

Şekil 4.2.10’da şeffaf fragment MP örnekleri gösterilmiştir. Araştırmada *P. caerulea* yumuşak doku örneklerinde fragment olarak sınıflandırılan grubun % 90’ını Şekil 4.2.10 ve Şekil 4.2.11’de görülen MP çeşidinin farklı boyutları oluşturmaktadır.



Şekil 4.2.11. *P. caerulea* dokularında belirlenen fragment MP şekil ve renklerinden örnekler (x4)



Şekil 4.2.12. *P. caerulea* dokularında belirlenen filament MP şekil ve renklerinden örnekler (x4)

Araştırmada filament olarak sınıflandırılan MP parçalar diğer gruplara göre çok fazla renk içermiştir. Şekil 4.2.12’de filament MP lerin renk bakımından oransal dağılımları belirtilmiştir. En yüksek oranı % 28 ile siyah, ikinci sırada % 18 ile mavi ve şeffaf, üçüncü sırada ise % 13 ile beyaz renkli filamentler ve daha düşük oranlarda diğer renklerdeki MP’ler oluşturmuştur. Filament şeklindeki MP’lerin renkli olanlarının kaynağını daha çok tekstil ürünleri ve plastik poşetler oluşturabilir. Önceki araştırmalar filament şeklindeki mikrofiber parçaların doğaya karışımında tekstil ürünlerinin önemli bir katkıya sahip olduğu (Koyuncu ve Erden, 2021), filament MP’lerin tekstil ürünlerin yıkanması sonucu ortaya çıkan evsel atıklar yoluyla doğaya karıştıkları bildirilmiştir (Güven vd., 2017). Şeffaf ve beyaz MP filamentlere ise denizlere istemsiz olarak bırakılan av araçları neden olabilmektedir.

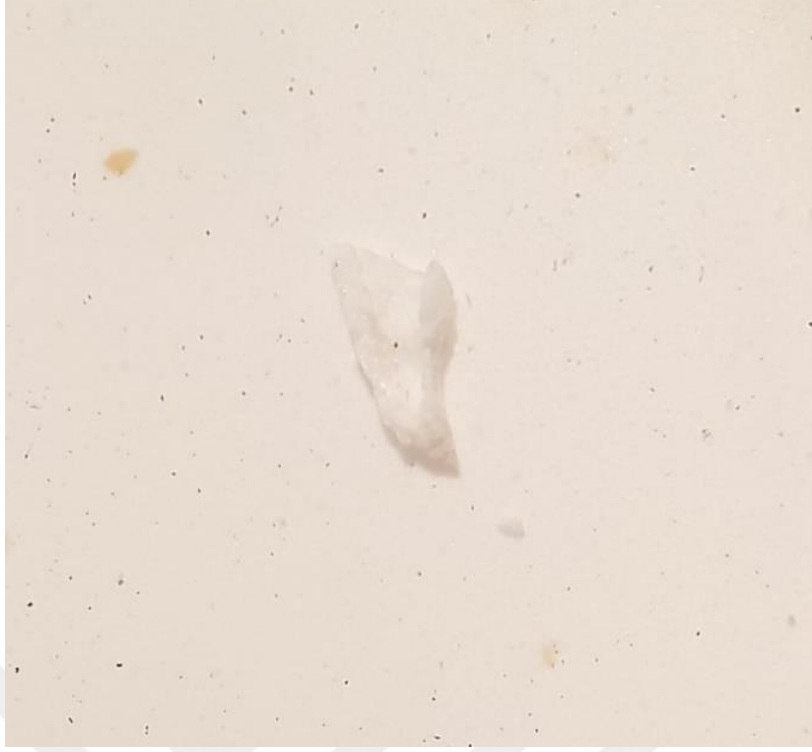
Şekil 4.2.13’de mavi renkli bir filament MP dışında renksiz yuvarlak pelet şeklinde granül MP parçalara örnekler gösterilmiştir. Birincil MP olarak sınıflandırılan bu grupta sadece % 1’lik kısmı renkli peletler, %99’luk kısmı ise renksiz peletlerden oluşmuştur.



Şekil 4.2.13. *P. caerulea* dokularında belirlenen filament ve granül MP şekil ve renklerinden örnekler (x4)

Esmeray ve Armutçu (2020), granül olarak sınıflandırılan ve endüstriyel kullanım amacı ile özel olarak üretilen MP'lerin çoğunun sentetik tekstil lifleri, kozmetik, deterjan ve diş macunlarında bulunan mikro boncuklardan oluştuğunu vurgulamıştır. Dolayısı ile endüstride hammadde olarak kullanılmak üzere üretilen Birincil MP'ler, üretim sırasında oluşan atıklar yanı sıra kozmetik, kişisel bakım, deterjan, sabun ve tekstil gibi ürünlerin kullanımı sonucu oluşan evsel atıkların deşarjı ile de sulcul ekosistemlere yüksek düzeyde katılabilmektedirler (Koyuncu ve Erden, 2021).

Şekil 4.2.14'de bu araştırmada kentsel baskı altında bulunan Mersin Viranşehir kıyılarından örneklenen *P. caerulea* yumuşak dokularında az sayıda rastlanan film MP'lere bir örnek bulunmaktadır. Aşağıdaki şekilde görülen materyal yaprak şeklinde bir köpük parçasıdır. Günlük hayatta sıkça kullanılan, tek kullanımlık köpük tabak ve bardaklar, ambalajların destek malzemeleri, fabrika atıkları bu malzemelerin başlıca kaynağını oluşturabilir.



Şekil 4.2.14. *P. caerulea* dokularında belirlenen film MP şekil ve renklerinden örnekler (x4)

Granül olarak sınıflandırılan MPlerin kaynağını birincil MPler oluşturmaktadır. Filament, fragment ve film olarak sınıflandırılan MPlerin kaynağını ise ikincil MPler olarak adlandırılan plastik poşet, şişe, bardak, çatal, kaşık, tabak, gıda maddelerinin ambalajları, çocukların sahilde oyun oynadıkları plastik oyuncaklar, deniz araçlarının plastik kaplama ve boyaları, plastik ağlar, endüstride üretim sırasında oluşan atıklar gibi malzemeler oluşturmaktadır. Tekstil endüstrisinde hammadde olarak kullanılmak üzere üretilen mikrofiber malzemelerin de Birincil MP'ler grubunda sınıflandırıldığını bildiren araştırmalar bulunmaktadır (Koyuncu ve Erden, 2021). Bu araştırmada *P. caerulea* yumuşak dokularında rastlanan sarı simli MP filament örneği tekstil ürünü atıklarına örnek oluşturabilir.

Birincil MPler olarak sınıflandırılan granül şekilli MP parçaların bu araştırmada belirlenen toplam MP lerin yaklaşık % 20'lik kısmını oluşturduğu belirlenmiştir. Önemli bir kısmı tüketim ürünlerinin oluşturduğu MP kirliliğinin örnekleme bölgesindeki kıyısız atıklar ile dalga ve akıntılar etkisi ile farklı bölgelerden çalışma alanına taşınan MPlerin oluşturduğu düşünülmektedir.

Araştırmada kayalık ekosistemlerin en önemli otlayıcılarını oluşturan *P. caerulea*'nın kentsel baskı altında bulunan Mersin Viranşehir sahillerinden örneklenen bireylerinin yumuşak dokuda dört farklı şekilde sınıflandırılan MP parçalarını çok sayıda biriktirdiği, bu MP parçaların literatürde sınıflandırılan birincil ve ikincil MP kaynaklarından oluştuğu saptanmıştır. *P. caerulea* yumuşak doku MP miktarının mediolittoral zondan örneklenen bireylerde infralittoral zondan örneklenen bireylere göre daha fazla bulunduğu belirlenmiştir. Mediolittoral ve infralittoral zon arasındaki bu ayrımın dalgaların etkisi neden olabilir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

MP'lerin dünya çapında üretimi artan popülasyona paralel olarak 1940-50'li yıllarda büyük oranda artmış ve özellikle tek kullanımlık malzemelerin neredeyse %60'ı çöpler aracılığı ile çevreye bırakılmıştır (Geyer vd., 2017). Sentetik yapıları nedeniyle oldukça dayanıklı malzemeler olmasına karşın doğaya bırakılan tüm plastikler, mekanik kuvvetler ya da fotosentetik süreçler etkisinde parçalanarak mikro ve nano boyutta plastiklere dönüşmektedirler (Shah vd., 2008; Gewert vd., 2015).

Bilinen tüm kirleticiler gibi MP'ler de başlıca alıcı ortamları oluşturan sucul ekosistemlerde toplanmakta ve sucul organizmalar tarafından yutulurak vücuda alınmaktadır. Temel pek çok kirletici gibi MP'ler de besin zinciri boyunca üst trofik düzeylere kadar iletilebilmekte ve tüketilebilir sucul organizmalar aracılığı ile de insana kadar ulaşabilmektedir. Çevre ve insan sağlığını tehdit eden bu kirletici dünyada büyük bir kaygı uyandırmaktadır (Galloway vd., 2017).

Limpetler, kıyı topluluklarının ekolojik dengesinin oluşturulması ve düzenlenmesi için oldukça önemli bir ekolojik role sahip organizmalardır. Limpetler, kayalık ekosistemin en önemli otlayıcıları (Power vd., 1996), üst trofik düzeyde yer alan pek çok organizmanın da avını oluşturmaktadırlar (Lindberg vd., 1998). Yaşam alanlarının sınırlı olması ve antropojenik kaynakların doğrudan etkisi altında bulunması; kirlilik (Thompson vd., 2002; Henriques vd., 2017), ötrifikasyon (Halpern vd., 2008) istilacı tür baskısı (Molnar vd., 2008), iklim değişikliği (Poloczanska vd., 2007), ve aşırı avlanma gibi çevresel stres etkisinde bırakılmaktadır. Belirtilen stres faktörleri genellikle aynı anda etki etmekte bu da limpetlerin dağılım, zonasyon ve morfolojilerinde değişime neden olabilmektedir.

Mersin, Akdeniz'in en önemli liman kentlerinden birisidir. Buna bağlı olarak sanayi sektörü de oldukça gelişmiştir. Sanayi ve liman faaliyetleri insan nüfusunun artışına neden olmuştur. İklim özellikleri nedeniyle de önemli bir narenciye bölgesidir. Dolayısıyla Mersin kıyıları evsel, endüstriyel ve tarımsal atıklar etkisinde bulunmaktadır. Belirtilen kaynaklar etkisinde oluşan kirleticiler arasında yerini alan MP parçacıkları da, atmosferik ve karasal yolla başlıca alıcı ortamlar olan sucul ekosistemlere taşınmakta ve sucul organizmalar başta olmak üzere çevre ve insan sağlığını olumsuz etkilemektedir.

Okyanus ve denizlerin her noktasına ulaşabilen MP'erin olumsuz ekolojik etkilerinin önlenmesi; MP oluşumuna neden olan kaynakların üretiminin ve kullanımının sınırlandırılması ve de atık yönetimi ile sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- Aksakal, D., Çalış, M., Yiğitkurt, S., & Durmaz, Y. (2021). Işınlı İnci İstiridyesi (*Pinctada imbricata radiata*)’da Mikroplastik Varlığı. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 6(4), 742-748.
- Auta, H.S., Emenike, C.U., & Fauziah, S.H. (2017). Distribution and importance of microplastics in the marine environment: a review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environment International*, 102, 165-176.
- Ayas, D. (2010). Distribution and Morphometric Characteristics of Patella Species (Archaeogastropoda) in Mersin-Viranşehir Region of the Northeastern Mediterranean Sea. *Journal of Fisheries Sciences*, 4(2), 171-176.
- Bakir, A., Rowland, S.J., & Thompson, R.C. (2014). Enhanced desorption of persistent organic pollutants from microplastics under simulated physiological conditions. *Environmental Pollution*, 185, 16-23.
- Besseling, E., Wegner, A., Foekema, E. M., Van Den Heuvel-Greve, M.J., & Koelmans, A.A. (2013). Effects of microplastic on fitness and PCB bioaccumulation by the lugworm *Arenicola marina* (L.). *Environmental Science Technology*, 47(1), 593-600.
- Boukicha, J., Ben Hassine, O.K., & Tlig-Zouari, S. (2013). Morphological Evidence For Adaptive Diversification of Sympatric Mediterranean Patella Limpets. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 40, 686.
- Cabral, J. (2007). Shape and growth in European Atlantic Patella limpets (Gastropoda, Mollusca). Ecological implications for survival. *Web Ecology*, 7, 11-21.
- Caron, A.G.M., Thomas, C.R., Berry, K.L.E., Motti, C.A., Ariel, E., & Brodie, J.E. (2018). Ingestion of microplastic debris by green sea turtles (*Chelonia mydas*) in the Great Barrier Reef: validation of a sequential extraction protocol. *Marine Pollution Bulletin*, 127, 743-751.
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T.S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 2588-2597.
- Cretella, M., Scillitani, G., Toscano, F., Turella, P., & Picariello, O. (1991). Comparative morphology of soft parts of Patella L., 1758 from the Bay of Naples (Gastropoda: Patellidae). *Bullettino Malacologico*, 26, 204-210.
- Derraik, J. G. B. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 44(9), 842-852.
- Devriese, L.I., van der Meulen, M.D., Maes, T., Bekaert, K., Paul-Pont, I., Frère, L., Robbens J., & Vethaak, A.D. (2015). Microplastic contamination in brown shrimp (*Crangon crangon*, Linnaeus 1758) from coastal waters of the Southern North Sea and Channel area. *Marine Pollution Bulletin*, 98(1-2), 179-187.

- Discovery Education: Intertidal Zone (2022, Eylül 10)
<https://gcs.instructure.com/courses/37951/assignments/115556>
- Ellem G.K., Furst, J.E., & Zimmerman, K.D. (2002). Shell clamping behaviour in the limpet *Cellana tramoserica*. *The Journal of Experimental Biology*, 205, 539-547.
- Esmeray, E., & Armutçu, C. (2020). Mikroplastikler, Çevre-İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri ve Analiz Yöntemleri. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8, 839-868.
- Espinosa, F., Dominguez, Garcí'a, I., & Garcí'a-Go'mez, J. (2007). Chromosome and cytological analysis of the endangered limpet *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 (Gastropoda: Patellidae): taxonomical and monitoring implications. *Journal of Conchology*, 39, 347-356.
- Fisher-Piette, E., & Gaillard, J. M. (1959). Les Patelles, au long des cotes atlantiques ibériques et nord-marocaines. *Journal de Conchyliologie*, 99, 135-200.
- Gaillard, J.M. (1987). *Mediterranee et Mer Noire*. In: Gasteropodes, Fischer, W., Schneider, M. and M.L. Bauchot, (Eds.). FAO, pp, 513-630.
- Gaw, S., Thomas, K.V., & Hutchinson, T.H. (2014). Sources, impacts and trends of pharmaceuticals in the marine and coastal environment. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 369, 20130572.
- Gerlach S.A. (1981). *Marine Pollution*. Diagnosis and Therapy. Springer-Verlag, Berlin.
- GESAMP. (2019). Guidelines for the monitoring and assessment of plastic litter in the ocean. In: Kershaw, P., Turra, A., Galgani, F. (Eds.), (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP/ISA Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP no. 99, p. 130.
- Gharred, T., Helaoui, A., Mannai, R., & Jebali, J. (2019). Effect of multiple pollution on the cholinesterase activity, morphometry and reproduction performance of *Patella caerulea* collected from eastern Tunisian coasts. *Cahiers de Biologie Marine*, 60, 11-20.
- Goldstein, M.C., & Goodwin, D.S. (2013). Gooseneck barnacles (*Lepas* spp.) ingest microplastic debris in the North Pacific subtropical gyre. *PeerJ*:1, e184.
- Gray J.S. (1982). Effects of pollutants on marine ecosystems. *Netherlands Journal of Sea Research*, 16, 424-443.
- Gündoğdu, S. (2017). High level of micro-plastic pollution in the Iskenderun Bay NE Levantine coast of Turkey. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34(4), 401-408.
- Gündoğdu, S., & Çevik, C. (2017). Micro- and mesoplastics in Northeast Levantine coast of Turkey: The preliminary results from surface samples. *Marine Pollution Bulletin*, 118, 341-347.
- Gündoğdu, S., Çevik, C., & Ataş, N.T. (2020). Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tracts of some edible fish species along the Turkish coast, *Turkish Journal of Zoology*, 44(4), Article 2. <https://doi.org/10.3906/zoo-2003-49>

- Gündoğdu, S., Ayat, B., Aydoğan, B., Çevik, C., & Karaca, S. (2022). Hydrometeorological assessments of the transport of microplastic pellets in the Eastern Mediterranean. *Science of The Total Environment*, 823, 153676.
- Güven, O., Gokdağ, K., Jovanovic, B., & Kıdıys, A.E. (2017). Microplastic litter composition of the Turkish territorial waters of the Mediterranean Sea, and its occurrence in the gastrointestinal tract of fish. *Environmental Pollution*, 223, 286-294.
- Halpern, B.S., Walbridge, S., Selkoe, K.A., Kappel, C.V., Micheli, F., D'Agrosa, C., Bruno, J.F., Casey, K.S., Ebert, C., Fox, H.E., Fujita, R., Heinemann, D., Lenihan, H.S., Madin, E.M.P., Perry, M.T., Selig, E.R., Spalding, M., Steneck, R., & Watson, R. (2008). A global map of human impact on marine ecosystems. *Science*, 319, 948-952.
- Henriques, P., Delgado, J., & Sousa, R. (2017). *Patellid Limpets: An Overview of the Biology and Conservation of Keystone Species of the Rocky Shores*; Ray, S., Ed.; Intech, Organismal and Molecular Malacology: Rijeka, Croatia, pp 71-95.
- Huerta Lwanga, E., Gertsen, H., Gooren, H., Peters, P., Sal'anki, T., van der Ploeg, M., Besseling, E., Koelmans, A.A., & Geissen, V. (2016). Microplastics in the Terrestrial Ecosystem: Implications for *Lumbricus terrestris* (Oligochaeta, Lumbricidae). *Environmental Science Technology*, 50(5), 2685- 2691.
- Kayhan, F.E. (2019). Mikroplastiklerin (MP) Sucul Organizmalar Üzerindeki Risk Profillerinin Değerlendirilmesi, *S.Ü. Fen Fakültesi Fen Dergisi*, 45(2), 126-135.
- Koyuncuoğlu, P., & Erden, G., (2021). Sampling, pre-treatment, and identification methods of microplastics in sewage sludge and their effects in agricultural soils: a review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193, 175.
- Levinton, J.S. (2014). *Marine Biology: Function, Biodiversity, Ecology*. Oxford University Press, New York.
- Li, J., Yang, D., Li, L., Jabeen, K., Shi, H. (2015). Microplastics in commercial bivalves from China. *Environmental Pollution*, 207, 190-195.
- Lindberg, D.R., Estes, J.A., & Warheit, K.I. (1998). Human influences on trophic cascades along rocky shores. *Ecological Applications*, 8, 880-890.
- Malankowska, M., Echaide-Gorrioz, C., & Coronas, J. (2021). Microplastics in marine environment: a review on sources, classification, and potential remediation by membrane technology. *Environmental Science Water Research & Technology*, 7, 243-258.
- Mauro, A., Arculeo, M., & Parrinello, N. (2003). Morphological and molecular tools in identifying the Mediterranean limpets *Patella caerulea*, *Patella aspera* and *Patella rustica*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 295, 131-143.
- Molnar, J.L., Gamboa, R.L., Revenga, C., & Spalding, M.D. (2008). Assessing the global threat of invasive species to marine biodiversity. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6, 485-492.

- Moore, C. J. (2008). Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, long-term threat. *Environmental Research*, 108(2), 131-139.
- Murray, F., & Cowie, P.R. (2011). Plastic contamination in the decapod crustacean *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758). *Marine Pollution Bulletin*, 62(6), 1207-1217.
- Nadal, M.A., Alomar, C., & Deudero, S. (2016). High levels of microplastic ingestion by the semipelagic fish Bogue Boops boops (L.) around the Balearic Islands. *Environmental Pollution*, 214, 517-523.
- Naji, A., Nuri, M., & Vethaak, A.D. (2018). Microplastics contamination in molluscs from the northern part of the Persian Gulf. *Environmental Pollution*, 235, 113-120.
- Napper, I.E., Bakir, A., Rowland, S.J., & Thompson, R.C., (2015). Characterisation, quantity and sorptive properties of microplastics extracted from cosmetics. *Marine Pollution Bulletin*, 99, 178-185.
- Newman, M.C., (2010). *Fundamentals of Ecotoxicology*. CRC Press, Boca Raton.
- Ojeda, M., Cossi, P.F., Rimondino, G.N., Chiesa, I.L., Boy, C.C., & Pérez, A.F. (2021). Microplastics pollution in the intertidal limpet, *Nacella magellanica*, from Beagle Channel (Argentina). *Science of the Total Environment*, 795, 148866.
- Öztürk, B., Ergen, Z., (1999). Patella species (Archeogastropoda) distributed in Saros Bay (Northeast Aegean Sea), *Turkish Journal of Zoology*, 23(2), 513-519.
- Pérez, A.F., Ojeda, M., Rimondino, G.N., Chiesa, I.L., Di Mauro, R., Boy, C.C., & Calcagno, J.A., (2020). First report of microplastics presence in the mussel *Mytilus chilensis* from Ushuaia Bay (Beagle Channel, Tierra del Fuego, Argentina). *Marine Pollution Bulletin*, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111753>.
- Poloczanska, E.S., Babcock, R.C., Butler, A., Hobday, A., Hoegh-Guldberg, O., Kunz, T.J., Matear, R., Milton, D.A., Okey, T.A., & Richardson, A.J. (2007). *Climate Change and Australian Marine Life, Oceanography and Marine Biology*. Crc Press-Taylor & Francis Group: Boca Raton, FL, USA, Volume 45, pp 407-478.
- Power, M.E., Tilman, D., Estes, J.A., Menge, B.A., Bond, W.J., Mills, L.S., Daily, G., Castilla, J.C., Lubchenco, J., & Paine, R.T. (1996). Challenges in the quest for keystones. *Bioscience*, 46, 609-620.
- Prasad, M.N., & Mansuri, A.P. (1982). Population Density of the Limpet, *Cellana radiata* (Born), in Polluted Waters at Porbandar, West Coast of India. *Indian Journal of Marine Science*, 11, 180-181.
- Prusina I. (2013). Growth and reproduction of the limpet *Patella rustica* Linnaeus, 1758 and heat stress physiology of the Mediterranean patellid limpets. PhD thesis. University of Split, Croatia.
- Rochman, C. M., (2015). *The Complex Mixture, Fate and Toxicity of Chemicals Associated with Plastic Debris in the Marine Environment in Marine Anthropogenic Litter*, ed. M. Bergmann, L. Gutow and M. Klages, Springer, Berlin, ch. 5, pp. 117–140.

- Sa' Pinto, A., Branco, M., Harris, D.J., & Alexandrino, P. (2005). Phylogeny and phylogeography of the genus *Patella* based on mitochondrial DNA sequence data. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 325, 95-110.
- Sá-Pinto, A., Baird, S.E., Pinho, C., Alexandrino, P., & Branco, M. (2010). A three-way contact zone between forms of *Patella rustica* (Mollusca: Patellidae) in the central Mediterranean Sea. *Biological Journal of the Linnean Society*, 100, 154-169.
- Santana, M.F.M., Ascer, L.G., Custódio, M.R., Moreira, F.T., & Turra, A. (2016). Microplastic contamination in natural mussel beds from a Brazilian urbanized coastal region: rapid evaluation through bioassessment. *Marine Pollution Bulletin*, 106, 183-189.
- Sella, G., Robotti, C.A., & Biglione, V. (1993). Genetic divergence among three sympatric species of Mediterranean *Patella* (Archaeogastropoda). *Marine Biology*, 115, 401-405.
- Setälä, O., Fleming-Lehtinen, V., & Lehtiniemi, M. (2014). Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web. *Environmental Pollution*, 185, 77-83.
- Sokal, R.R., & Rohlf, F.J. (1995). *Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. 3rd ed. Freeman, W.H. and Co., New York.
- Thompson, R.C., Crowe, T.P., & Hawkins, S.J. (2002). Rocky intertidal communities: Past environmental changes, present status and predictions for the next 25 years. *Environmental Conservation*, 29, 168-191.
- Thushari, G.G.N., Duminda, J., Senevirathna, M., Yakupitiyage, A., & Chavanich, S. (2017). Effects of microplastics on sessile invertebrates in the eastern coast of Thailand: an approach to coastal zone conservation. *Marine Pollution Bulletin*, 124(1), 349-355.
- von Moos, N., Burkhardt-Holm P., & Köhler, A. (2012). Uptake and effects of microplastics on cells and tissue of the blue mussel *Mytilus edulis* L. after an experimental exposure. *Environmental Science Technology*, 46(20), 11327-11335.
- Waite, H.R., Donnelly, M.J., & Walters, L.J. (2018). Quantity and types of microplastics in the organic tissues of the eastern oyster *Crassostrea virginica* and Atlantic mud crab *Panopeus herbstii* from a Florida estuary. *Marine Pollution Bulletin*, 129, 179-185.
- Wardrop, P., Shimeta, J., Nugegoda, D., Morrison, P.D., Miranda, A., Tang, M., & Clarke, B.O. (2016). Chemical Pollutants Sorbed to Ingested Microbeads from Personal Care Products Accumulate in Fish. *Environmental Science Technology*, 50(7), 4037-4044.
- Welden N.A., & Cowie, P.R. (2016). Environment and gut morphology influence microplastic retention in langoustine, *Nephrops norvegicus*. *Environmental Pollution*, 214, 859-865.
- Williams, G. A., Little, C., Morrith, D., Stirling, P., Teagle, L., Miles, A., Pilling, G., & Consalvey, M. (1999). Foraging in the limpet *Patella vulgata*: the influence of rock slope on the timing of activity. *Journal of Marine Biology Associated U.K.* 79, 881-889.
- Wójcik-Fudalewska, D., Normant-Saremba, M., & Anastácio, P. (2016). Occurrence of plastic debris in the stomach of the invasive crab *Eriocheir sinensis*. *Marine Pollution Bulletin*, 113, 306-311.

- Wright, S.L., Thompson, R.C., & Galloway, T.S. (2013a). The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. *Environmental Pollution*, 178, 483-492.
- Wright, S.L., Rowe, D., Thompson, R.C., & Galloway, T.S. (2013b). Microplastic ingestion decreases energy reserves in marine worms. *Current Biology*, 23(23), R1031–R1033.
- Zhu, J., Zhang, Q., Li, Y., Tan, S., Kang, Z., Yu, X., Lan, W., Cai, L., Wang, J., & Shi, H. (2019). Microplastic pollution in the Maowei Sea, a typical mariculture bay of China. *Science of the Total Environment*, 658, 62-68.

