



## Müsilajın Çanakkale Boğazı'nda Dağılım Gösteren *Posidonia oceanica* Çayırlarına Etkisi

İlknur AK\*<sup>1</sup> Cahide Çiğdem YIĞIN<sup>1</sup> Adnan AYAZ<sup>1</sup> Uğur ALTINAĞAÇ<sup>1</sup> Alkan ÖZTEKİN<sup>1</sup> Yusuf ŞEN<sup>1</sup>,  
Koray CABBAR<sup>2</sup> Melis YILMAZ<sup>2</sup> Gençtan Erman UĞUR<sup>2</sup> Özge ÖZGÜR<sup>2</sup> Sibel ATAĞ<sup>2</sup> Damla KORKUT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, Türkiye

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Türkiye

Geliş Tarihi: 30.12.2022

Kabul Tarihi: 24.04.2023

Basım Tarihi: 31.12.2023

Atıf yapmak için: Ak, İ., Yiğın, C.Ç., Ayaz, A., Altınağaç, U., Öztekin, A., Şen, Y., Cabbar, K., Yılmaz, M., Uğur, G.E., Özgür, Ö., Atak, S. & Korkut, D. (2023). Müsilajın Çanakkale Boğazı'nda dağılım gösteren *Posidonia oceanica* çayırlarına etkisi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(4/E), 16-24. <https://doi.org/10.35229/jaes.1226546>

How to cite: Ak, İ., Yiğın, C.Ç., Ayaz, A., Altınağaç, U., Öztekin, A., Şen, Y., Cabbar, K., Yılmaz, M., Uğur, G.E., Özgür, Ö., Atak, S. & Korkut, D. (2023). Determination of the Effects of Mucilage on Seagrass *Posidonia oceanica* in Çanakkale Strait. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4/S), 764-772. <https://doi.org/10.35229/jaes.1226546>

\*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0233-0025>  
<https://orcid.org/0000-0002-8808-2252>  
<https://orcid.org/0000-0003-4839-9244>  
<https://orcid.org/0000-0002-3638-9834>  
<https://orcid.org/0000-0003-3914-9788>  
<https://orcid.org/0000-0002-0595-4618>  
<https://orcid.org/0000-0001-5254-1384>  
<https://orcid.org/0000-0002-8776-2117>  
<https://orcid.org/0000-0002-3131-9239>  
<https://orcid.org/0000-0003-0446-7794>  
<https://orcid.org/0000-0002-1320-2598>  
<https://orcid.org/0000-0003-3740-5610>

\*Sorumlu yazarın:

İlknur AK  
Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi  
Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiricilik Bölümü,  
Terzioğlu Kampüsü, Çanakkale, Türkiye.  
✉: [ilknurak@comu.edu.tr](mailto:ilknurak@comu.edu.tr)

**Öz:** 2021 yılı içerisinde Marmara Denizi ve Türk Boğazlar Sistemlerinde, su sıcaklığına bağlı olarak birincil üretimde önemli rol oynayan mikro alglerin aşırı çoğalması sonucunda hücre dışı polisakaritlerden oluşan müsilaj adı verilen bir olay meydana gelmiştir. Gerçekleştiği alanın büyüklüğü ve etkilenen canlı topluluklarının sayısı dikkate alındığında ülkemiz denizel alanlarında gerçekleşen çevre felaketi olarak tarihte yerini almıştır. Bu nedenle Çanakkale Boğazı'nda dağılım gösteren deniz çayırlarının bu olaydan sonra durum tespiti önem kazanmıştır. Bu çalışma kapsamında Çanakkale Boğazı, Dardanos mevkiinde dağılım gösteren *Posidonia oceanica* çayırlarının mevcut durumu belirlenerek, fenolojik ve lepidokronolojik çalışmaları yapılmıştır. Çalışma sonucunda son sekiz yılda Dardanos bölgesinde dağılım gösteren deniz çayırı alt limitinin yaklaşık 1,4 m gerileyerek 15,6 m derinliğe kadar dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca 2014 yılında deniz çayırlarının alt limit sınırlarında yeşil alglerden *Caulerpa racemosa* yoğun olarak dağılım gösterirken gerçekleştirilen çalışmada alt limit sınırlarında Ceremiales takımına ait kırmızı alglerin varlığı dikkat çekmiştir. BiPo indeksine göre elde edilen ekolojik kalite oranları 0,30- 0,20 arasında değişim göstermiştir. Çalışma sonucunda, bu indekse dayanarak Dardanos bölgesindeki *P. oceanica* çayırlarının müsilaj olayından sonra durumu "kötü" olarak belirlenmiş olup müsilajdan sonra bu bölgedeki çayırların korunması yönelik eylem planlarının oluşturulması önem arz etmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Çanakkale Boğazı, deniz çayırları, iyileştirme, müsilaj, *Posidonia oceanica*.

## Determination of the Effects of Mucilage on Seagrass *Posidonia oceanica* in Çanakkale Strait

**Abstract:** In the Marmara Sea and Turkish Straits Systems in 2021, mucilage consisting of extracellular polysaccharides occurred due to the excessive proliferation of microalgae, which plays a vital role in primary production depending on the water temperature. Considering the size of the area where it takes place and the number of affected living communities, our country has taken its place in history as an environmental disaster in marine areas. For this reason, due diligence of the seagrass meadows distributed in the Dardanelles has gained importance after this event. Within the scope of this study, the status of *Posidonia oceanica* meadows spread in Dardanos, Çanakkale Strait, Türkiye was determined, and phenological and lepidochronological studies were carried out. As a result of the study, it has been determined that the lower limit of seagrass, distributed in the Dardanos region in the last eight years, has decreased by about 1.4 m and spread to a depth of 15.6 m. In addition, while *Caulerpa racemosa*, one of the green algae, was extensively distributed in the lower limit borders of seagrass meadows in 2014, the presence of red algae belonging to the Ceremiales order at the lower limit borders of the study was remarkable. The ecological quality ratios obtained from the BiPo index varied between 0.30 and 0.20. As a result of the study, based on this index, the condition of the *P. oceanica* meadows in the Dardanos region was determined as "bad" after the mucilage, and it is essential to create action plans for the protection of the fields in this region after the mucilage.

**Keywords:** Çanakkale Strait, seagrasses, restoration, mucilage, *Posidonia oceanica*.

\*Corresponding author's:

İlknur AK  
Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of  
Marine Sciences and Technology, Terzioğlu  
Campus, 17100 center/Çanakkale, Türkiye  
✉: [ilknurak@comu.edu.tr](mailto:ilknurak@comu.edu.tr)

## GİRİŞ

Müsilaj, fitoplanktonik canlıların deniz suyu sıcaklığı ve ortamdaki besin tuzu gibi faktörlere bağlı olarak aşırı çoğalması sonucu hücre dışı organik maddelerin su kolonu içerisinde ipliksi veya ağ yapılar, yumaklar oluşturması ve zamanla su kolonunda çökerek deniz dibini kaplayan tabakalar meydana getirmesi olarak tanımlanmaktadır (Danovaro vd., 2009, Aktan & Gümüsoğlu, 2010). Su ortamında fiziksel ve kimyasal değişimlere sebep olan müsilaj, su sütununda ışık geçirgenliğini sınırlandırarak makro ve mikroorganizmalar ile ekosistemler üzerinde olumsuz etkilere sebep olmaktadır (Rinaldi vd., 1995; Giani vd., 2005).

Deniz çiçekli bitkileri kök, gövde, yaprak farklılaşması olan ve denizlerde dağılım gösteren bitki topluluklarına verilen ortak bir isimdir (Cirik & Cirik, 2017). Deniz bitkilerinin buldukları ortamın oksijenlenmesini sağlamak, karbon yutağı olarak görev yapmak (Fourqrean vd., 2012), deniz canlılarının beslenme, barınma ve üreme alanlarını oluşturmak (Cirik & Cirik, 2017), askıdaki yüklerin azaltılmasında yardımcı olmak (Telesca vd., 2015), su kalitesini iyileştirmek (Mtwana Nordlund vd., 2016) gibi ekosistemde önemli rolleri bulunmaktadır. Deniz çayırları içerisinde yer alan *P. oceanica* ise Akdeniz havzasında dağılım gösteren tek çenekli bir çiçekli bitkidir ve 0-40 m derinlik aralığındaki kıyı alanlarında dağılım göstermektedir (Cirik & Cirik, 2017). Kaplama alanlarının çok geniş olması nedeniyle kıyı bölgelerindeki en önemli oksijen kaynaklarından biri olduğu için "Akdeniz'in akciğerleri" olarak da isimlendirilmektedir (Aktan & Aysel, 2013). *P. oceanica* kirliliğe karşı çok hassas olması nedeniyle su kalitesi iyi olan sularda dağılım göstermektedir. Bu çiçekli bitkinin dağılım alanları kirlilik ve kıyı alanlarında yerleşim yerlerinin artmasıyla birlikte gün geçtikçe azalmaktadır (Pergent-Martini vd., 2021). Bu nedenle *P. oceanica* çayırlarının dağılım alanlarının mevcut halinin belirlenmesi ve korunmasına yönelik birçok çalışma gerçekleştirilmektedir (Di Carlo vd., 2005; Descamp vd., 2017; Tan vd., 2020). Ülkemiz kıyılarında dağılım gösteren *P. oceanica* türünün haritalanması ve dağılımlarının belirlenmesine yönelik bazı çalışmalar bulunmaktadır (Aktan vd., 2009; Meinesz vd., 2009; Aktan & Aysel, 2013; Dural vd., 2013; Öz vd., 2014).

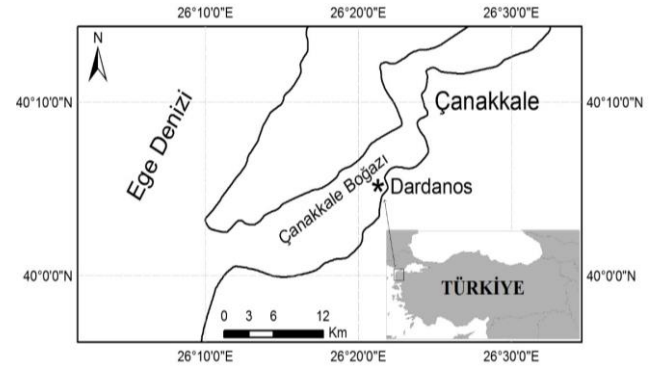
Müsilajın büyük çapta kütleli oluşumu Türkiye kıyılarında son olarak Marmara Denizi'nde 2020 yılının sonbahar ayında görülerek, Marmara Denizi ile boğaz ekosistemlerini etkilemiştir (Tüfekçi vd., 2010; Yentur vd., 2013; Aslan vd., 2021). Müsilaj özellikle deniz çayırlarının üzerini kaplayarak bu çayırların ışık almasını ve dolayısıyla fotosentez yapmasını engellemektedir (Yümün vd., 2023). Organik bir çorba olarak tabir edilen müsilaj denizel sistemde sahte bir dip yapısı oluşturması nedeniyle ayrıca bu

çayırların içerisinde dağılım gösteren canlıların beslenme ve üreme alanlarını da etkilemektedir (Giani vd., 2005; Danovaro vd., 2009). Nitekim Yentur vd., (2013) ve Özalp (2021), Çanakkale Boğazı'nda gerçekleştirdikleri çalışmalarda, müsilajın deniz ekosistemindeki flora ve fauna üzerinde olumsuz etkiye sahip olduğunu bildirilmiştir. 2007 yılından itibaren farklı dönemlerde etkisini hissettiren müsilajın *P. oceanica* çayırları üzerine etkisine yönelik ise yapılmış sadece bir çalışma (Aktan & Gümüsoğlu, 2010) olmasına karşın Çanakkale Boğazı'nda dağılım gösteren *P. oceanica* çayırları üzerine müsilajın etkisini inceleyen bir çalışma bulunmamaktadır. Küresel iklim değişikliğinin de etkisiyle dönem dönem tekrarlanması beklenen bu olayın Marmara Denizi ve Türk Boğazlar sistemindeki etkilerinin belirlenmesi ve canlı habitatlarına olan etkilerinin azaltılmasına yönelik çalışmalar oldukça önemlidir.

Bu çalışma kapsamında Çanakkale Boğazı, Dardanos bölgesinde dağılım gösteren *P. oceanica* çayırlarının müsilaj olayından etkilenen bölgeleri ile çayırlarının sağlık durumu tespit edilmiş ve izlenmiştir. Bu bağlamda uzun vadeli restorasyon çalışmaları için önerilerin geliştirilmesi bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

## MATERYAL VE METOT

**Çalışma Bölgesi:** Çalışma *P. oceanica* topluluklarının bulunduğu Çanakkale Boğazı Dardanos bölgesinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Arazi çalışmaları 01.01.2022 - 05.07.2022 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. İlk olarak deniz çayırlarının alt limitlerini ve koordinatları belirlemek için dalışlar gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı.

Figure 1. Study area.

Tablo 1'de gösterilen koordinatlarda Dardanos bölgesinde dağılım gösteren *P. oceanica* çayırlarının izleme çalışmalarını gerçekleştirebilmek amacıyla her bir koordinatta demir çubuklar ve parke taşları ile izleme istasyonları oluşturulmuştur. Ayrıca her bir istasyonun 1,5 m açığına izleme çalışmalarında fotoğraf çekimini kolaylaştırması için foto çubuklar ilave edilmiştir. Kurulan sistem her ay gerçekleştirilen dalışlarla izlenmiştir.

**Tablo 1.** Dardanos bölgesinde dağılım gösteren deniz çayırlarının alt sınır koordinatları.**Table 1.** Lower limit coordinates of seagrass meadows distributed in Dardanos region.

İstasyon No	Derinlik (m)	Enlem	Boylam
1	14,59	40°04'33.60" N	26°21'08.70" E
2	14,35	40°04'34.70" N	26°21'09.00" E
3	14,56	40°04'35.63" N	26°21'09.40" E
4	14,90	40°04'36.44" N	26°21'09.65" E
5	14,69	40°04'37.40" N	26°21'09.67" E
6	15,21	40°04'38.12" N	26°21'10.44" E
7	15,05	40°04'39.30" N	26°21'10.60" E
8	16,00	40°04'40.43" N	26°21'11.48" E
9	15,30	40°04'41.50" N	26°21'11.90" E
10	16,61	40°04'42.34" N	26°21'11.45" E
11	16,69	40°04'42.80" N	26°21'12.30" E

**Örneklerin alınması ve ölçümlerin gerçekleştirilmesi:** *P. oceanica* çayırlarının alt limitlerinin belirlenmesi, lepidokronolojik ve fenolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla dağılım gösterdiği alt limit sınırında 11 istasyon belirlenmiştir (Tablo 1). Ayrıca çayır alanı içinden referans istasyonu ve üst sınırlardan da 10-15 demet incelemek amacıyla alınmıştır. Çayıranı kaplama oranında meydana gelen değişimler aylık olarak gerçekleştirilen dalışlarla 20x20cm'lik kuadratlar yardımıyla izlenmiştir (Pergent 2007; Boudouresque vd., 2012). Laboratuvara getirilen örnekler üzerinde fenolojik parametre ve lepidokronolojik araştırmalar Pergent (2007)'e göre yapılmıştır.

**Alt sınır özelliklerinin belirlenmesi:** Alt sınırın durumu çayır sağlığı ile ilgili önemli bilgiler vermektedir. Alt sınırın sınıflandırılması plajiotrop rizom oranı, çayır kaplama oranı, yoğunluğu ve ölü matın varlığına göre Tablo 2'ye göre yapılmıştır.

**Tablo 2.** Derinliğe göre alt sınır sağlığının sınıflandırması (Pergent 2007).**Table 2.** Classification of lower limit health by depth (Pergent 2007).

	Yüksek	İyi	Orta	Zayıf	Kötü
Alt sınır	>34,2 m	34,2 – 30,4 m	30,4 – 26,6 m	26,6 – 22,8 m	<22,8 m

**Fenolojik ölçümler:** Fenolojik ölçümler bitkinin biyometrik özelliklerine göre gerçekleştirilmiştir. Alınan örneklerde yapraklar Tablo 3'e göre sınıflandırılmıştır. Her bir yaprağın toplam uzunluğu, genişliği ölçülmüştür. Ayrıca her bir kökteki yaprak sayısı yaprak türüne göre kayıt altına alınmıştır. Her bir yaprağın tam ya da eksik olup olmadığı da belgelenmiştir. Her bir kökün Faktör A (FA), Yaprak indeksi (FI), Yaprak alanı indeksi (LAI) değerleri Pergent (2007)'ye göre hesaplanmıştır. Herbivor canlılar tarafından zarar verilmiş yaprakların toplam yaprak sayısına oranının ifade eden Faktör A değeri hesaplanmıştır.

**Lepidokronolojik ölçümler:** *P. oceanica* yaprakları öldüğünde sadece petiolün üst kısmındaki yaprak kopar.

Ancak petiol rizom gövde içerisinde kalır. Gövde içerisinde kalan petiollerin kalınlıkları ise mevsimlere göre farklılık göstermektedir. Sonbahar aylarında oluşan petiol daha kalın iken ilkbahar aylarında oluşan petiol daha incedir. Lepidokronolojik çalışmalar ise bu farklılıkların ortaya konulmasıyla gerçekleştirilmekte olup çalışmalar Pergent (2007)'ye göre yapılmıştır.

**Tablo 3.** *P. oceanica* yapraklarının özelliklerine göre sınıflandırması (Pergent 2007).**Table 3.** Classification of *P. oceanica* leaves according to their characteristics (Pergent 2007).

Yaprak Cinsi	Özelliği
Ergin yapraklar	Petiole sahip
Genç yapraklar	Petiolü 2 cm'den az
Juvenil yapraklar	Petiolü yok veya 5 mm'den az

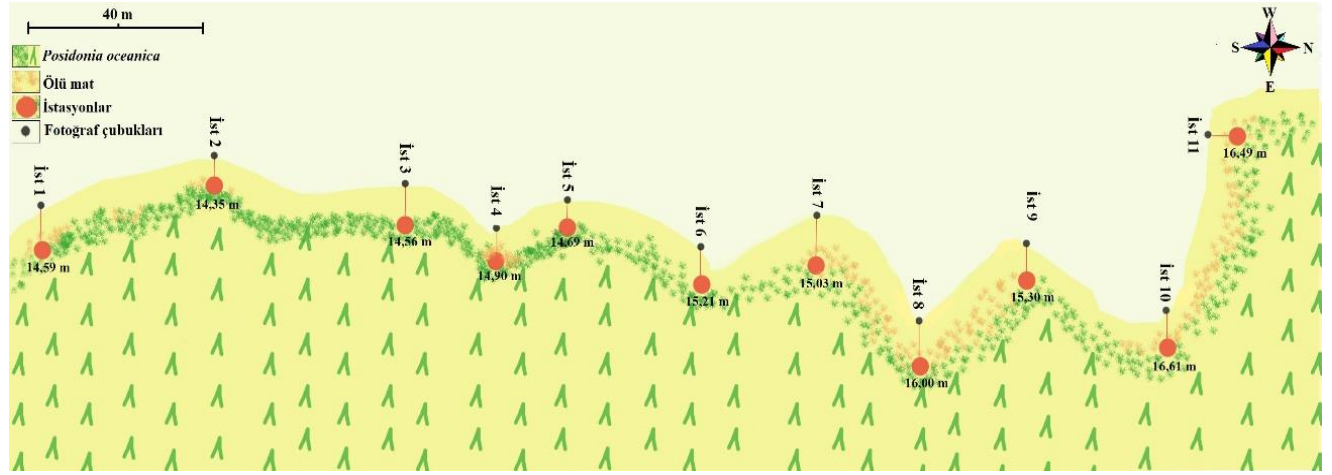
**Fizikokimyasal Parametreler:** Çevresel parametrelerden sıcaklık, çözülmüş oksijen, tuzluluk, pH ve iletkenlik ölçümleri YSI 650 MDS cihazı ile saha çalışmaları sırasında aylık olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanındaki Seki disk derinliği (görünürlüğü) 20 cm çapındaki beyaz boyalı disk yardımıyla yerinde ölçülmüştür. Aylık olarak istasyonların bulunduğu bölgenin yüzey suyundan örnekler alınarak deniz suyundaki klorofil *a* miktarı Strickland & Parsons (1972)'e göre hesaplanmıştır. Askıda katı madde (AKM) tayini için yüzey suyundan alınan 2 l su örneği 0,45 µm GF/C (Whatman No 47) filtrelerden süzölmüştür. Filtreleme işlemi öncesi ve sonrasında filtre kağıtları 105°C'de 1 saat kurutulmuş olup gravimetrik olarak AKM miktarları belirlenmiştir (Demir & Turkoglu 2022).

**İstatistiksel Analiz:** Elde edilen veriler SPSS 25 (IBM, USA) deneme sürümü kullanılarak analiz edilmiş ve yanılma olasılığı  $p \leq 0,05$  olarak kabul edilmiştir. Veriler analiz yapılmadan önce, verilere homojenite ve normalite testi yapılmıştır. Homojen ve normal dağılım gösteren veriler tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılarak karşılaştırılmıştır.

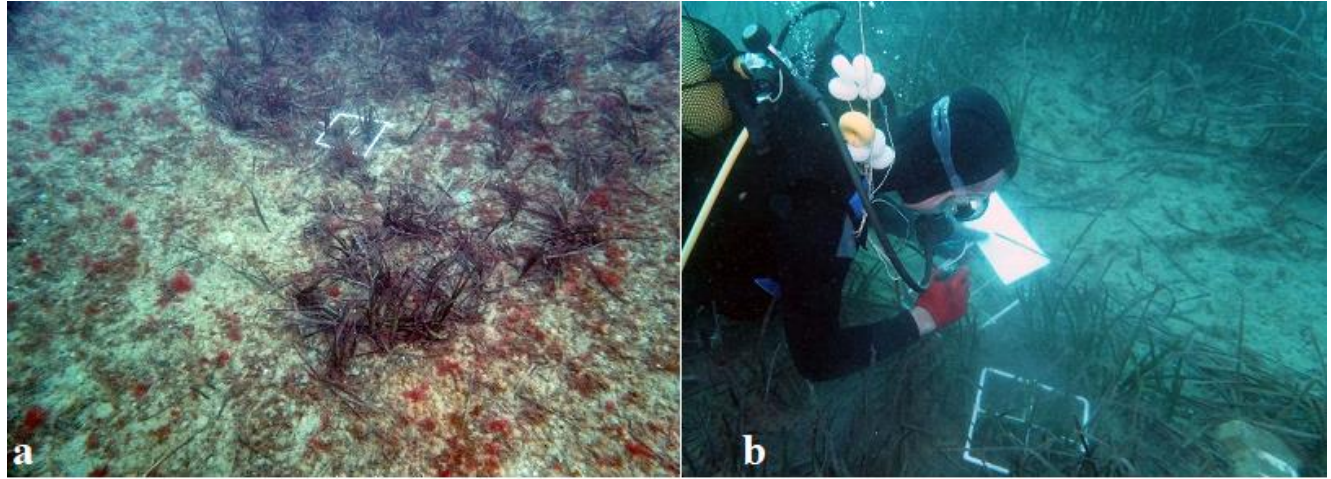
## BULGULAR

Dardanos bölgesindeki *P. oceanica* çayırlarının durumunu belirlemek için gerçekleştirilen çalışmada çayıranın alt sınırının 14,35- 16,61 m arasında değiştiği ve parçalı bir dağılıma sahip olduğu saptanmıştır (Şekil 2).

Derinliğin 15 m'den fazla olduğu 7., 8., 9., ve 10. istasyonlarda diğer istasyonlara oranla daha fazla ölü matın olduğu tespit edilmiştir. Alt sınırda ölü matların yanı sıra Ceremiales takımına ait kırmızı alglerin varlığı dikkat çekmiştir (Şekil 3).



Şekil 2. Dardanos bölgesinde dağılım gösteren *P. oceanica* çayır alanının alt sınırındaki dağılımları.  
Figure 2. Distribution of *P. oceanica* meadows in the lower limit of the Dardanos region.



Şekil 3. Alt sınırdaki tespit edilen kırmızı algler (a) ve alt sınıra ait görüntüler (b).  
Figure 3. Images of red algae detected at the lower limit (a) and the lower limit (b)

Çalışmaların devam ettiği altı ay süresince Caulerpales takımına ait *C. racemosa* tespit edilememiştir. Oysaki 2000’li yılların başında tüm Akdeniz havzasında bu tür yayılmacı tür olarak ilan edilmiş ve Dardanos bölgesine 2014 yılında gerçekleştirilen çalışmada 17-25 m derinlikleri arasında yoğun bir şekilde dağılım gösterdiği tespit edilmiştir (Öz vd., 2014). Derinliğe göre çayır sağlığı değerlendirildiğinde alt sınırın 22,8 m’den az olması nedeniyle çayır sağlığı kötü olduğu sonucuna varılmıştır. Tablo 4’te örnekleme yapılan istasyonlardaki *P. oceanica* çayırlarının kaplama alanları, yoğunlukları, plajiotrop rizom yüzdeleri ve açıkta kalan kısımları özetlenmiştir. Alt limitteki istasyonların kaplama alanı  $75,0 \pm 2,7$  ile  $15,0 \pm 1,0$  arasında değişim gösterdiği gözlemlenmiştir. Özellikle derinlikleri 16-15 m arasında değişim gösteren istasyonlarda (7., 8., 9. ve 10.) kaplama alanı yüzdelерinin düşük olduğu saptanmıştır. Tüm istasyonlarda rizomların açıkta kaldığı saptanmıştır. 2., 3., 4., 7. ve 11. istasyonlarda açıkta kalan kısım ortalama 1 cm iken 1., 5., 6., 8., 9., ve 10. istasyonlarda ise ortalama 1,5 cm olarak ölçülmüştür.

Ayrıca bu istasyonlara gerçekleştirilen dalışlarda ölü matın fazla olduğu belirlenmiştir. İstasyonların bir metre kare alandaki yoğunlukları da derinliğe göre farklılık gösterdiği çalışma sırasında tespit edilmiştir. Birim alanda en yüksek demet yoğunluğu 4. istasyonda  $132,0 \pm 7,2$  demet  $m^{-2}$  olarak saptanırken en düşük demet yoğunluğu 2. İstasyonda  $35,0 \pm 1,7$  demet  $m^{-2}$  olarak bulunmuştur. Çayırın gelişimini sağlayan yatay rizomlar yani plajiotrop rizomların çayır sağlığı hakkında bize önemli bilgiler vermektedir. Çalışma sonucuna göre alt sınırdaki istasyonlarda plajiotrop rizom yüzdesinin  $34,3 \pm 1,9$  (3. istasyon) ile  $67,4 \pm 1,9$  arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Tüm istasyonların ortalama plajiotrop rizom sayısı ise  $50,0 \pm 11,1$  olarak belirlenmiş olup Pergent (2007) tarafından verilen ölçüğe göre plajiotrop rizom yüzdesi “iyi” olarak değerlendirilmiştir. *P. oceanica* rizomlarının sediment üzerinde kalan kısmı çayırların sağlığı açısından önemlidir. Rizomların açıkta kalması çayırları korumasız hale getirdiği Pergent (2007) tarafından bildirilmektedir. Bu nedenle çalışma

kapsamında çayır alt sınırında dağılım gösteren bitki rizomlarının açıkta kalan kısımları araştırma ekibi tarafından ölçülmüştür. Alt sınırdaki tüm istasyonlarda

açıkta kalma oranları Tablo 4'te gösterilmekte olup -1,5 ile -1,0 cm arasında bir açıklığın olduğu çalışma sonucunda saptanmıştır.

**Tablo 4.** Dardanos bölgesinde alt sınırdaki istasyonlarında dağılım gösteren *P. oceanica* çayırlarının genel özellikleri (n=30).

**Table 4.** General characteristics of *P. oceanica* meadows distributed at lower limit stations in Dardanos region (n=30)

İstasyonlar	Kaplama Alanı (%)	Yoğunluk (demet m <sup>-2</sup> )	Plajiotrop rizom (%)	Açıkta kalan kısım (cm)
1	75,0±2,7 <sup>a</sup>	45,0±2,7 <sup>gh</sup>	44,4±1,1 <sup>c</sup>	-1,5±0,5 <sup>a</sup>
2	30,0±4,0	35,0±1,7 <sup>h</sup>	45,7±2,3 <sup>c</sup>	-1,0±0,5 <sup>a</sup>
3	40,0±4,0 <sup>b</sup>	70,0±5,3 <sup>de</sup>	34,3±1,9 <sup>e</sup>	-1,0±0,5 <sup>a</sup>
4	40,0±2,0 <sup>b</sup>	132,0±7,2 <sup>a</sup>	67,4±1,9 <sup>a</sup>	-1,0±0,5 <sup>a</sup>
5	22,0±2,0 <sup>de</sup>	54,0±3,5 <sup>fg</sup>	54,0±3,0 <sup>b</sup>	-1,5±0,5 <sup>a</sup>
6	45,0±2,0 <sup>b</sup>	45,0±5,6 <sup>gh</sup>	66,7±2,4 <sup>a</sup>	-1,5±0,5 <sup>a</sup>
7	25,0±3,6 <sup>cd</sup>	52,0±2,0 <sup>fg</sup>	42,3±1,7 <sup>cd</sup>	-1,0±0,5 <sup>a</sup>
8	25,0±1,7 <sup>cd</sup>	85,0±3,6 <sup>bc</sup>	57,7±1,2 <sup>b</sup>	-1,5±0,5 <sup>a</sup>
9	15,0±1,0 <sup>e</sup>	60,0±5,3 <sup>ef</sup>	58,3±0,9 <sup>b</sup>	-1,5±0,5 <sup>a</sup>
10	30,0±2,0 <sup>c</sup>	77,0±2,0 <sup>cd</sup>	38,9±1,2 <sup>de</sup>	-1,5±0,5 <sup>a</sup>
11	45,0±3,0 <sup>b</sup>	96,0±3,6 <sup>b</sup>	40,6±0,6 <sup>cd</sup>	-1,0±0,5 <sup>a</sup>

Değerler ortalama ± standart hata olarak ifade edilmiştir. Aynı satırda farklı harflere sahip üst simgeler, p ≤ 0,05'te önemli istatistiksel farklılıkları (a-h) göstermektedir.

**Alt sınırda dağılım gösteren *P. oceanica* topluluklarına ait fenolojik veriler:** İstasyonlardan alınan *P. oceanica* örnekleri laboratuvara getirilerek fenolojik incelemeleri yapılmıştır. Tablo 5'te alt limitte dağılım gösteren çayırların fenolojik özellikleri gösterilmiştir. Bir demette toplamda bulunan ortalama yaprak sayısı 4,4±0,7 olarak hesaplanmıştır. Yaprak sapına sahip olanlar; yaşlı, yaprak sapı olmayan ve 5 cm'den büyük olan yapraklar; ergin ve 5 cm'den küçük yapraklar ise genç olarak isimlendirilmiştir. Her demetteki yaşlı ve ergin yaprakların eni ve boyları varsa yaprak sapı uzunlukları ölçülerek yaprak indeksi ve yaprak alanı hesaplanmıştır.

Alt sınırda dağılım gösteren *P. oceanica* rizomlarında ortalama yaprak sayısı 4,4±0,7 demet<sup>-1</sup> olarak ölçülmüştür. Ortalama yaprak uzunluk ve genişlikleri ise 36,88±8,4 cm ile 1,0±0,1 cm arasında olduğu belirlenmiştir. Herbivor canlılar tarafından zarar verilmiş yaprakların toplam yaprak sayısına oranını ifade eden Faktör A değeri ise yaşlı yapraklarda daha yüksek iken ergin yapraklarda daha düşük olduğu gözlemlenmiştir (Tablo 5). Bitkinin ortalama yaprak indeksi 82,5±19,7 cm<sup>2</sup> demet<sup>-1</sup> olarak hesaplanırken ortalama yaprak alanı ise 36,6±9,1 cm<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> olarak ölçülmüştür. Elde edilen bu veriler Pergent (2007)'de gösterilen referans değerler ile karşılaştırılmıştır. Bu skalaya göre toplam yaprak indeksi 147 cm<sup>2</sup> demet<sup>-1</sup>'den düşük olması nedeniyle çayır durumu "kötü" olarak belirlenmiştir. 30 adet demetin incelenmesiyle gerçekleştirilen çalışmada yıllık üretilen yaprak sayısının 4,7±0,6 ile 6,5±0,7 arasında değişim gösterdiği bulunmuştur. Rizomların yıllık büyümeleri 7,0±0,9 ile 9,8±1,0 mm arasında olduğu hesaplanmıştır

(Tablo 6). Yıllık üretilen yaprak sayıları ise özellikle son 3 yılda 6,5'dan az olması çayır durumunun "kötü" olduğunu göstermektedir.

**Tablo 5.** Alt sınırda dağılım gösteren *P. oceanica* türünün fenolojik verileri.

**Table 5.** Phenological data of *P. oceanica* distributed in the lower limit.

Fenolojik veriler (30 örnek)	Yaşlı (Y)	Ergin (E)	Toplam (Y+E)
Ortalama yaprak sayısı (demet <sup>-1</sup> )	2,1±0,3	2,3±0,8	4,4±0,7
Ortalama uzunluk (cm)	44,3±16,2	29,5±8,3	36,88±8,4
Ortalama genişlik (cm)	1,05±0,18	0,96±0,12	1,0±0,1
Faktör A (%)	58,3±22,6	13,3±32,2	35,8±24,6
Yaprak indeksi (cm <sup>2</sup> demet <sup>-1</sup> )	94,6±43,3	70,4±33,3	82,5±19,7
Yaprak alanı indeksi cm <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )	45,61±17,2	27,6±7,7	36,6±9,1

**Tablo 6.** Alt sınırdan toplanan örneklerin lepidokronolojik verileri

**Table 6.** Lepidochronological data of samples collected from the lower limit

Lepidokronolojik Yılı	N	Döngü Sayısı	Rizom büyümesi (mm yıl <sup>-1</sup> )
2021	10	5,1±1,5	7,7±2,2
2020	10	4,8±0,9	7,2±1,4
2019	10	5,0±1,3	7,5±2,0
2018	9	4,9±0,8	7,3±1,2
2017	6	5,0±1,6	7,5±2,3
2016	3	4,7±0,6	7,0±0,9
2015	2	6,5±0,7	9,8±1,0

**Fizikokimyasal Parametreler:** Alt sınırdan alınan örneklerde su sıcaklığı 12,58 (Mart)-15,37 °C (Mayıs) arasında değişim göstermiş olup (Tablo 7) çalışma bölgesindeki iletkenlik değeri en yüksek Mayıs ayında 49,92 mS cm<sup>-1</sup> olarak saptanmıştır. Tuzluluk oranlarında aylara göre elde edilen değerlerin birbirine yakın olduğu görülmüştür (Tablo 7). Birincil üretimde artışın olduğu bahar aylarında çözünmüş oksijen miktarında da artışların olduğu saptanmıştır. pH değerleri ise 7,28 (Mayıs) ile 8,19 (Ocak) ayları arasında değişim göstermiştir. Dardanos bölgesinin yüzey suyunda Ocak – Mayıs 2022 tarihleri arasında deniz suyundaki pigment içeriklerinde meydana gelen değişimler Tablo 7'de özetlenmiştir. Su sıcaklığının düşük olduğu ocak-mart ayları arasında klorofil *a* içeriği

0,20 ile 0,52  $\mu\text{g l}^{-1}$  arasında değişim gösterirken nisan ve mayıs aylarında bu değer 2,65 - 2,97  $\mu\text{g l}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Deniz suyundaki askıdaki katı madde miktarı 6,8 - 28,1  $\text{mg l}^{-1}$  arasında değişim göstermiştir.

Klorofil *a* miktarının artış gösterdiği nisan ve mayıs aylarındaki askıdaki katı madde oranı diğer aylara göre daha yüksek bulunmuştur. Çalışma sırasında Seki disk derinlikleri ise 5 - 7,3 m arasında değişim göstermiştir.

**Tablo 7.** Aylara göre istasyonlardaki sıcaklık, iletkenlik, tuzluluk, çözülmüş oksijen (ÇO), pH, klorofil *a*, askıda katı madde (AKM) ve Seki disk değerleri miktarlarında meydana gelen değişimler

**Table 7.** Monthly changes in temperature, conductivity, salinity, dissolved oxygen (ÇO), pH, chlorophyll *a*, total suspended solids (AKM) and Secchi disc values.

Su Kalitesi Parametreleri	Ocak 2022	Şubat 2022	Mart 2022	Nisan 2022	Mayıs 2022
Sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ) $\pm$ Ss	13,47 $\pm$ 0,002	14,1 $\pm$ 0,0011	12,58 $\pm$ 0,003	12,91 $\pm$ 0,0023	15,37 $\pm$ 0,001
İletkenlik ( $\text{mS cm}^{-1}$ ) $\pm$ Ss	47,08 $\pm$ 0,001	47,72 $\pm$ 0,012	44,58 $\pm$ 0,004	46,59 $\pm$ 0,003	49,92 $\pm$ 0,007
Tuzluluk (ppt) $\pm$ Ss	40,41 $\pm$ 0,003	40,35 $\pm$ 0,01	38,91 $\pm$ 0,031	40,52 $\pm$ 0,004	41,08 $\pm$ 0,003
ÇO ( $\text{mg l}^{-1}$ ) $\pm$ Ss	5,15 $\pm$ 0,002	8,18 $\pm$ 0,002	8,43 $\pm$ 0,005	8,28 $\pm$ 0,0011	6,60 $\pm$ 0,0021
pH $\pm$ Ss	8,19 $\pm$ 0,003	8,08 $\pm$ 0,0033	7,89 $\pm$ 0,0012	7,39 $\pm$ 0,002	7,28 $\pm$ 0,0037
Klorofil <i>a</i> ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ) $\pm$ Ss	0,20 $\pm$ 0,001	0,49 $\pm$ 0,002	0,52 $\pm$ 0,003	2,65 $\pm$ 0,0043	2,97 $\pm$ 0,002
AKM ( $\text{mg l}^{-1}$ ) $\pm$ Ss	8,8 $\pm$ 0,0023	8,6 $\pm$ 0,006	6,8 $\pm$ 0,0022	23,8 $\pm$ 0,001	28,1 $\pm$ 0,006
Seki disk (m) $\pm$ Ss	7,3 $\pm$ 0,003	7,2 $\pm$ 0,001	7 $\pm$ 0,0021	5,8 $\pm$ 0,001	5 $\pm$ 0,001

Değerler ortalama  $\pm$  standart hata olarak ifade edilmiştir. Values are expressed as mean  $\pm$  standard error.

## SONUÇ VE TARTIŞMA

Bitkisel organizmaların neden olduğu müsilaj 2021 yılı bahar aylarında Çanakkale Boğazı'nda yoğun bir şekilde görülmüştür (Aslan vd., 2021; Özalp, 2021; Yılmaz vd., 2021a,b; Eker-Develi vd., 2023). Bölgelere göre farklılık göstermekle birlikte yaklaşık 3 ay süren bu olay sonucunda canlı çeşitliliğinin etkilendiği çeşitli çalışmalarla ortaya konulmuştur (Balkıs-Ozdelice vd., 2021; Özalp, 2021; Bilgili vd., 2022). Müsilajın görüldüğü yerlerden biri olan Çanakkale Boğazı, Dardanos bölgesinde dağılım gösteren *P. oceanica* çayırlarının durumunu belirlemek amacıyla bu çalışma gerçekleştirilmiştir.

Öz vd., (2014) yılında aynı bölgede *P. oceanica* çayırları ile ilgili gerçekleştirilen çalışma ile bu proje kapsamında elde edilen veriler karşılaştırıldığında çayır alt sınırının 17 m'den 15-14 m arasına gerilediğini saptamışlardır. Pergent (2007)'nin sınıflandırmasına göre alt sınır çayırların durumunun "kötü" olduğu belirlenmiştir. Çayırların alt sınırının yaklaşık 1,5-2 m gerilemesinin nedenleri arasında öncelikle birincil üretimin artışına bağlı olarak ışık geçirgenliğinin azalmasının neden olduğu düşünülmektedir. Deniz suyundaki klorofil *a* miktarı sucul ortamdaki trofik seviyeyi gösteren önemli bir indekstir. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği'ne göre, Marmara Kıyı Suları için, klorofil *a* <3  $\mu\text{g l}^{-1}$  olan sular oligotrofik, 3-4,3  $\mu\text{g l}^{-1}$  arası mezotrofik, >4,3-6  $\mu\text{g l}^{-1}$  olması ötrofik ve >6  $\mu\text{g l}^{-1}$  olması hipertrofik olarak sınıflandırılmaktadır (ResmiGazete, 2012). Bu değerlere göre; Dardanos bölgesi özellikle bahar aylarında mezotrofik özellik göstermektedir. Diaz-Almela & Duarte (2008), *Caulerpa* spp. sadece geri çekilmekte olan *P. oceanica* çayırlarını istila ettiğini bildirmesine karşın proje kapsamında elde edilen verilere göre *C. racemosa* istilası sona erdiği, bunun yerine başka alg türlerinin ortamda varlığı saptanmıştır. Ayrıca Öz vd., (2014) tarafından Dardanos bölgesinde gerçekleştirilen çalışmadan çayır alt

sınıırında yoğun şekilde *Caulerpa racemosa* türünün bulunduğu bildirilmiştir. Ancak, bu çalışma kapsamında gerçekleştirdiğimiz dalışlarda ışık seven yeşil alg yerine, daha düşük ışıkta yoğun popülasyonlar oluşturan (Hurd vd., 2014; Cirik & Cirik 2017) kırmızı alg türlerine rastlanmıştır. Ceramiciaceae ve Gracilariaceae ailelerine ait *Ceramium* sp. ve *Gracilaria* sp. türleri su sıcaklığının yükseldiği Nisan ayından itibaren yoğun popülasyonlar oluşturmaya başlamışlardır. Bu alglerden özellikle *Gracilaria* sp. azot sever bir alg olup kumlu çamurlu zeminlerde popülasyon oluşturmaktadır. Çanakkale ili sınırları içerisinde bu algin varlığı farklı çalışmalarda bildirilmesine karşın (Yıldız vd., 2006), Dardanos bölgesinde gerçekleştirilen çalışmalarda bu algin varlığına yönelik bir bildirim yapılmamıştır. Genellikle ötrofik sularda dağılım gösteren *Gracilaria* sp. (Ak, 2015) Dardanos bölgesinde popülasyon oluşturmaması bölgenin yıllar içerisinde su kalitesinin de değiştiğinin de bir göstergesidir. Su kalitesindeki bu değişim *P. oceanica* çayırlarının 8 sene içerisinde gerilemesine neden olduğu düşünülmektedir. 2020 yılında yaşadığımız müsilaj olayı ile bu gerilemeyi daha da hızlandırdığı tahmin edilmektedir.

*P. oceanica* çayırlarının fenolojik özellikleri fizikokimyasal parametrelere göre değişim göstermektedir (Di Carlo vd., 2005; Pergent-Martini vd., 2021). Gobert vd., (2006), sıcaklık ve tuzluluk gibi parametrelerin *P. oceanica* çayırlarının dağılımda etkili olduğunu bildirmiştir. Dardanos bölgesinde dağılım gösteren çayırların epidokronolojik ve fenolojik verileri Öz vd., (2014) tarafından yapılan çalışmanın verileri ile karşılaştırılmıştır. Çayırların kaplama alanının yapısının ve özelliklerinin değiştiği, yaprak uzunluklarının %24,26 oranında azaldığı yaprak alanının ise %33,47 oranında azaldığı bulunmuştur. Ayrıca herbivor canlılar tarafından zarar verilmiş yaprakların toplam yaprak sayısına oranını ifade eden Faktör A değerinde ise %683'lük bir artışın olduğu hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda herbivor

canlıların son sekiz yılda çayır üzerindeki otlama baskısını arttırdığı görülmüştür. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen çalışmalarda rizom döngülerini belirlenmiş olup son beş yıldaki değişimler hakkında bilgiler elde edilmiştir. Ortalama rizom döngüsünün son beş yıl içinde azaldığı saptanmıştır. Rigo vd., (2021) rizom döngü sıklığındaki artışın yaprak uzunluğu ve yaprak alanında azalmasına neden olduğunu bildirmiş olup elde ettiğimiz bulgular bu çalışma ile paralellik göstermektedir.

Ege Denizi'nde *P. oceanica* için yapılan çalışmalarda; İzmir Aliğa'da 7,1 m derinlikte Akçalı vd., (2015), tarafından yapılan çalışmada, yoğunluk 275,9 sürgün sayısı/m<sup>2</sup>, kaplama alanı %78,41 bulunmuştur. Aynı çalışmada ortama yaprak sayısı toplamda 5,6 demet<sup>1</sup>, ortalama yaprak uzunluğu 321,2 mm, ortalama yaprak genişliği 7,5 mm hesaplanmıştır. Faktör A %42,5, yaprak indeksi 138,5 cm<sup>2</sup>demet<sup>-1</sup>, yaprak alanı indeksi 3,8 m<sup>2</sup>m<sup>-2</sup> bulunmuştur. Akçalı vd., (2020), İldır Körfezi'nde 25,1 m derinlikte *P. oceanica* türünün yoğunluğunu 2018 yılında 87,9 m<sup>2</sup>, 2019 yılında 50,9 m<sup>2</sup> bulmuştur. Kapsama alanını yıllara göre sırasıyla %26,8 ve %13,4; yatay rizom alanının %96,1 ve %29,1 olduğunu tespit etmiştir. Aynı çalışmada Kara Ada bölgesinde 32, 9 m derinlikte *P. oceanica* türünün yoğunluğunu 2019 yılında 75,8 m<sup>2</sup>, kaplama alanını %25,5, yatay rizom alanının %50,0 olarak belirlemiştir. Dural (2010), Sığacık Körfezi'nde 4-7 metrede sürgün yoğunluğunu 880 sürgün/m<sup>2</sup> Aralık ayında en yüksek olduğunu belirlemiştir. Yaprak uzunluğununsa, aynı derinlikte Aralık ayından Nisan ayına kadar kademeli olarak artış gösterdiğini bildirmiştir. Akçalı vd., (2008), Foça'da Hamamlık bölgesi'nde ve Toprak Su Kampı bölgesinde sırasıyla toplamda ortalama yaprak sayısı 7,6 ile 8,2; toplamda ortalama uzunluğun 288,3 ile 230,3 mm; toplamda ortalama genişliğin 8,9 ile 8,9 mm olduğu belirlenmiştir. Koçak vd. (2011), Engeceli Körfezi'nde sezonsal olarak ve farklı derinliklerde yaptığı çalışmada yetişkin yaprak yoğunlukları arasında farklılık olduğunu bildirmiştir. Ayrıca ortalama yaprak sayısı, uzunluğu, genişliği, faktör a, yaprak indeksi ve yaprak alanı indeksi değerlerinin değişen çevresel faktörlere hassas olduğunu belirtmiştir. Çanakkale Boğazı'nda yapılan bu çalışma ile Ege Denizi'nde yapılan çalışmalardaki farklılıkların, fiziksel, kimyasal ve çevresel etkilerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Türkiye kıyılarında *P. oceanica* türünün araştırıldığı çalışmalar, dağılım alanlarının yoğunluğu dolayısıyla daha çok Ege Denizi ve Akdeniz'de yoğunlaşmasına rağmen, Çanakkale Boğazı ve Marmara Denizi'nde bulunan *P. oceanica* topluluklarının izlenmesi gerekmektedir. Öz vd., (2014) yılında yaptığı çalışmaya ile günümüzde karşılaştırıldığında kötüye gidiş olduğu görülmektedir. Özellikle müsilajın ışık geçirgenliğini ve fotosentezi kısıtlaması (Yümün vd., 2023), *P. oceanica*

çayırlarının dağılımında da ışığın önemli bir parametre olması (Gobert vd., 2006) bir etken olarak düşünülmektedir. Bu kötüye gidişin tek sebebi müsilaj olmasa dahi, müsilajın özellikle bentik yapıdaki mercan, makroalg, balık, sünger ve deniz bitkileri ve bunun gibi topluluklarını etkilediği göz önünde bulundurulduğunda (Aslan vd., 2021; Özalp, 2021; Topçu & Öztürk 2021; Erduğan, 2022; Koncağül vd., 2022), bu bölgelerde transplantasyon ve restorasyon çalışmaları ile *P. oceanica* topluluklarının yeniden sağlıklı habitatlar oluşturabilmesi için çalışmalar yürütülmelidir.

Akdeniz ekosisteminde gerek ekolojik gerek ekonomik yönden çok önemi olan *P. oceanica* popülasyonunun, balıkçılık, evsel ve endüstriyel atıklar, şehirleşme, denizcilik faaliyetleri ve turizm olmak üzere çeşitli sektörlerinden etkilendiği bilinmektedir. *P. oceanica* bitki topluluğunun geleceği için bulunduğu yörelerde iyi belirlenip yönetilmesi önem taşımaktadır. Sonuç olarak Türkiye denizlerinde dağılım gösteren *P. oceanica* sürdürülebilir balıkçılık yönetiminin vazgeçilmez elemanlarından biridir. Türkiye denizlerinde dağılım gösteren *P. oceanica* topluluklarının durumlarının izlenmesine yönelik bölgesel ve ulusal, iyileştirme ve koruma programlarının oluşturulması denizlerimizin sürdürülebilir kullanımı açısından da önem arz etmektedir. Bu bağlamda, çalışma kapsamında elde edilen sonuçların gelecekte bu alana yönelik gerçekleştirilecek çalışmalar için önemli bir temel eser olacağı düşünülmektedir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 121G087 numaralı "Müsilajın *Posidonia oceanica* Çayırları ile Balık Tür Çeşitliliğine Etkilerinin Belirlenmesi ve Restorasyon" başlıklı proje ile desteklemiştir.

## KAYNAKLAR

- Ak, İ. (2015).** Sucul ortamın ekonomik bitkileri; makro algler. *Dünya Gıda Dergisi*, Aralık 2015, 88-97.
- Akçalı, B., Bizsel, K.C., Kabaoğlu, G., Güçlüsoy, H. & Alaçam, Ö. (2008).** Preliminary study of monitoring seagrasses (*Posidonia oceanica*) in Foça's Special Environmental Protected Area. *12. Underwater and Science Technologies Meeting*, Ege University, 69-75.
- Akçalı, B., Alan, V., Birzsel, C., Bengil, F., Kavcıoğlu, R., Kobağolu, G. & Güçlüsoy, H. (2015).** *Posidonia oceanica* L. (Delile) Sualtı Araştırma İstasyonu Kurulumu ve İzlenmesi: Aliğa Star Rafinerisi Örneği. *18. Sualtı Bilim ve Teknolojisi Toplantısı*, İzmir, Bildiri Kitabı, F.O. Düzbastılar (Ed.), 161-166.
- Akçalı, B., Taşkın, E., Kaman, G., Evcen, A., Çalık, H. & Akyol O. (2020).** *Posidonia oceanica* Monitoring

- System on the Coast of Aegean Sea of Turkey. Bonora, L., Carboni, D., & De Vincenzi, M. (Eds.). Monitoring of Mediterranean Coastal Areas Problems and Measurement Techniques. *Eighth International Symposium*, Livorno (Italy) June. Firenze University Press.
- Aktan, Y., Al Asimi, S., Gümüšoğlu, A., Pergent, G. & Pergent-Martini, C. (2009).** Gökçeada Kıyılarında *Posidonia oceanica* (L.) Delile Çayırları İzleme Sistemleri. *15. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu*, Rize, Türkiye, 103-105.
- Aktan, Y. & Aysel, V. (2013).** First national workshop on *Posidonia oceanica* (L.) Delile on the coasts of Turkey. *Turkish Marine Research Foundation Publication*, **39**, 12-79.
- Aktan, Y. & Gümüšoğlu, A. (2010).** Another threat on *Posidonia oceanica* beds: mucilage effect in Gökçeada Island, North Aegean Sea, Turkey. *Proceedings of the 4. Mediterranean Symposium on Marine Vegetation, RAC/spa publ.*, Tunis, 22-210.
- Aslan, H., Tekeli, Z. & Bacak, Ö. (2021).** Effects of mucilage on the benthic crustacean in the North Aegean Sea. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment*, **27**(2): 214-231.
- Balks-Ozdelice, N., Durmus, T. & Balci, M. (2021).** A preliminary study on the intense pelagic and benthic mucilage phenomenon observed in the Sea of Marmara. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, **8**(4), 414-422.
- Bilgili, L., Çetinkaya, A.Y. & Sarı, M. (2022).** Analysis of the effects of domestic waste disposal methods on mucilage with life cycle assessment. *Marine Pollution Bulletin*, **180**, 113813.
- Boudouresque, C.F., Bernard, G., Bonhomme, P., Charbonnel, E., Diviacco, G., Meinesz, A., Pergent, G., Pergent-Martini, C., Ruitton, S. & Tunesi, L. (2012).** *Protection and conservation of Posidonia oceanica meadows*. RAMOGE & RAC/SPA, Monaco. pp:202
- Cirik, Ş. & Cirik, S. (2017).** *Su Bitkileri (Deniz bitkilerinin biyolojisi, ekolojisi, yetiştirme teknikleri)*. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, İzmir. p: 5-145.
- Danovaro, R., Fonda Umani, S. & Pusceddu, A. (2009).** Climate Change and the Potential Spreading of Marine Mucilage and Microbial Pathogens in the Mediterranean Sea. *PLOS ONE*, **4**(9), e7006.
- Demir, E.İ. & Turkoglu, M. (2022).** Temporal variations of phytoplankton community and their correlation with environmental factors in the coastal waters of the Çanakkale Strait in 2018. *Oceanologia*, **64**(1), 176-197.
- Descamp, P., Cornu, T., Bougerol, M., Boissery, P., Ferlat, C., Delaruelle, G., Deter, J., Gobert, S. & Ozhan, E. (2017).** Experimental transplantation of *Posidonia oceanica*, Mediterranean Coastal Foundation. *13th International MEDCOAST Congress on Coastal and Marine Sciences, Engineering, Management and Conservation, MEDCOAST 2017*, Malta, 1-225.
- Di Carlo, G., Badalamenti, F., Jensen, A.C., Koch, E.W. & Riggio, S. (2005).** Colonisation process of vegetative fragments of *Posidonia oceanica* (L.) Delile on rubble mounds. *Marine Biology*, **147**(6), 1261-1270.
- Díaz-Almela, E. & Duarte, C. (2008).** *Management of Natura 2000 habitats. 1120\* Posidonia beds (Posidonion oceanica)*. Directive 92/43/EEC on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. European Commission, Belgium, 1-32.
- Dural, B. (2010).** Phenological observations on *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadows along the coast of Akkum (Sığacık Bay, Aegean Sea, Turkey). *J. Black Sea/Mediterranean Environment*, **16**(1), 133-144.
- Dural, B., Aysel, V. & Demir, N. (2013).** *Posidonia oceanica* (L.) Delile on the coasts of Turkey. *First National workshop on Posidonia oceanica (L.) Delile on the coasts of Turkey*. 19-20 September 2013, Gökçeada, Türkiye, 1-19.
- Eker-Develi, E., Tekdal, D., Demet, A.E., Yıldız, H.B. & Kideys, A.E. (2023).** Morphology, Molecular Genetics and Potential Importance for Mucilage Events of the New Coccolithophorid *Ochrosphaera neapolitana* in the Sea of Marmara. *Journal of Marine Science and Engineering*, **11**(3), 468.
- Erduğan, H. (2022).** Müsilajın Çanakkale Boğazı Makro Alglerine Etkisi. *Çanakkale Onsekiz Mart University Journal of Marine Sciences and Fisheries*, **5**(Special Issue), 33-37.
- Fourqurean, J.W., Duarte, C.M., Kennedy, H., Marbà, N., Holmer, M., Mateo, M. A., Apostolaki, E.T., Kendrick, G.A., Krause-Jensen, D., McGlathery, K.J. & Serrano, O. (2012).** Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature Geoscience*, **5**(7), 505-509.
- Giani, M., Savelli, F., Berto, D., Zangrando, V., Čosović, B. & Vojvodić, V. (2005).** Temporal dynamics of dissolved and particulate organic carbon in the northern Adriatic Sea in relation to the mucilage events. *Science of the Total Environment*, **353**(1-3), 126-138.
- Gobert, S., Cambridge, M.L., Velimirov, B., Pergent, G., Lepoint, G., Bouqueneau, M.J., Dauby, P., Pergent, C.M. & Walker, D.I. (2006).** *Biology of Posidonia*. Larkum A.W.D, Orth R.J. & Duarte C.M. (Eds.). *Seagrasses: Biology, ecology and conservation*. Part 17. Springer.
- Hurd, C.L., Harrison, P.J., Bischof, K. & Lobban, C.S. (2014).** *Seaweed Ecology and Physiology*. Cambridge University Press, Cambridge, 366p.
- Koncagül, M., Dülger, N.E. & Yinanç, A. (2022).** Dünyada ve Marmara Denizi'nde Müsilaj Oluşumu ve



- Etkileri. *European Journal of Engineering and Applied Sciences*, 5(2), 73-79.
- Koçak, F., Uluturhan, E., Yücel, Gier, G. & Önen, A. (2011).** Impact of environmental conditions on *Posidonia oceanica* meadows in the Eastern Mediterranean Sea. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*. 40(6), 770-778.
- Meinesz, A., Cirik, Ş., Akcali, B., Javel, F., Migliaccio, M., Thibaut, T., Yüksek, A. & Procaccini, G. (2009).** *Posidonia oceanica* in the Marmara Sea. *Aquatic Botany*, 90(1), 18-22.
- Mtwana Nordlund, L., Koch, E.W., Barbier, E.B. & Creed, J.C. (2016).** Seagrass Ecosystem Services and Their Variability across Genera and Geographical Regions. *PLOS ONE*, 11(10), e0163091.
- Öz, İ., Yağlı, H. & Ak, İ. (2014).** Preliminary study on the distribution of *Posidonia oceanica* along the Dardanelles Strait. *5th Mediterranean Symposium on Marine Vegetation*, Portorož, Slovenia, 125-130.
- Özalp, H.B. (2021).** First massive mucilage event observed in deep waters of Çanakkale Strait (Dardanelles). Turkey. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment*, 27(1), 49-66.
- Pergent-Martini, C., Pergent, G., Monnier, B., Boudouresque, C.F., Mori, C. & Valette-Sansevin, A. (2021).** Contribution of *Posidonia oceanica* meadows in the context of climate change mitigation in the Mediterranean Sea. *Marine Environmental Research*, 165, 105236.
- Pergent, G. (2007).** Protocol for the setting up of *Posidonia meadows monitoring systems*. «MedPosidonia» Programme, RAC/SPA-TOTAL Corporate Foundation for Biodiversity and the Sea; Memorandum of Understanding, 1-34p.
- Resmi Gazete. (2012).** Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, Resmi Gazete Tarihi: 30.11.2012.
- Rigo, I., Paoli, C., Dapuzo, G., Pergent-Martini, C., Pergent, G., Oprandi, A., Montefalcone, M., Bianchi, C.N., Morri, C. & Vassallo, P. (2021).** The Natural Capital Value of the Seagrass *Posidonia oceanica* in the North-Western Mediterranean. *Diversity*, 13(10), 499.
- Rinaldi, A., Vollenweider, R.A., Montanari, G., Ferrari, C.R. & Ghetti, A. (1995).** Mucilages in Italian seas: the Adriatic and Tyrrhenian seas, 1988–1991. *Science of the Total Environment*, 165(1-3), 165-183.
- Strickland, J.D.H. & Parsons, T.R. (1972).** A practical handbook of seawater analysis. 2nd edition. Ottawa, Canada, Fisheries Research Board of Canada, 185-193p.
- Tan, Y.M., Dalby, O., Kendrick, G.A., Statton, J., Sinclair, E.A., Fraser, M.W., Macreadie, P.I., Gillies, C.L., Coleman, R.A., Waycott, M., Van Dijk, K.-j., Vergés, A., Ross, J.D., Campbell, M.L., Matheson, F.E., Jackson, E.L., Irving, A.D., Govers, L.L., Connolly, R.M., McLeod, I.M., Rasheed, M.A., Kirkman, H., Flindt, M.R., Lange, T., Miller, A.D. & Sherman, C.D.H. (2020).** Seagrass Restoration Is Possible: Insights and Lessons From Australia and New Zealand. *Frontiers in Marine Science*, 7, 1-21.
- Telesca, L., Belluscio, A., Criscoli, A., Ardizzone, G., Apostolaki, E.T., Frascchetti, S., Gristina, M., Knittweis, L., Martin, C.S., Pergent, G., Alagna, A., Badalamenti, F., Garofalo, G., Gerakaris, V., Louise Pace, M., Pergent-Martini, C. & Salomidi, M. (2015).** Seagrass meadows (*Posidonia oceanica*) distribution and trajectories of change. *Scientific Reports*, 5(1), 12505.
- Topçu, N.E. & Öztürk, B. (2021).** The impact of the massive mucilage outbreak in the Sea of Marmara on gorgonians of Prince Islands: A qualitative assessment. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment*, 27(2), 270-278.
- Tüfekçi, V., Balkıs, N., Beken, Ç.P., Ediger, D. & Mantıkçı, M. (2010).** Phytoplankton composition and environmental conditions of the mucilage event in the Sea of Marmara. *Turkish Journal of Biology*, 34(2), 199-210.
- Yentur, R.E., Büyükkateş, Y., Özen, Ö. & Altın, A. (2013).** The environmental and socio-economical effects of a biologic problem: Mucilage. *Marine Science and Technology Bulletin*, 2(2), 13-15.
- Yıldız, H., Lök, A., Köse, A., Serdar, S. & Acarlı, S. (2006).** Çanakkale Boğazında Yavru Midyelerin (*Mytilus galloprovincialis* L., 1819) Halat Sisteminde Yetiştiriciliği. *Su Ürünleri Dergisi*, 23(2), 319-322.
- Yılmaz, S., Küçükler, M.A. & Yılmaz, D.K. (2021a).** Metagenomic characterization of planktonic communities during a mucilage event in the Çanakkale Strait (Dardanelles), Turkey. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 6(3), 421-427.
- Yılmaz, S., Yılmaz, D.K., Çelik, E.Ş. & Küçükler, M.A. (2021b).** Shotgun Metagenomic Analysis for Mucilage in the Surface Waters of The Çanakkale Strait (Dardanelles): Metabolic Diversity, Microbial Community Structure and Antibiotic Resistance Genes. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 6(4), 717-726.
- Yümün, Z., Erol, K. & Melike, Ö. (2023).** Marmara Denizi'nde deniz salyası (müsilaj) oluşma nedenleri ve alınması gereken önlemler. *Çevre Şehir ve İklim Dergisi*, 2(3), 98-115.