

CAUSES OF MUCILAGE FORMATION AND SOLUTION SUGGESTIONS IN THE LIGHT OF MUCILAGE COMPOSITION FINDINGS IN THE SEA OF MARMARA

Zeki Ünal YÜMÜN - Erol KAM - Melike ÖNCE

ABSTRACT


The increase in nutrients (nutrients) in the seas, sudden changes in water temperature and low water current cause a significant proliferation of algae and other phytoplankton. These microorganisms form a transparent, sticky jelly-like substance known as sea snot. The mucilage cover, which covers the water surface and causes photosynthesis to stop partially or completely in the aquatic environment, reduces the dissolved oxygen ratio in the water. Mass deaths occur in creatures living in marine environments with low oxygen levels. With the addition of the remains of dead creatures to the sea snot, the mucilage turns into a substance that emits a bad odor in the environment. This situation is also seen in the Marmara Sea from time to time and creates a serious environmental problem. In order to investigate the causes of this problem, samples were taken from the waters discharged into the sea, sea snot and sea water and necessary analyzes were made. The pH value of mucilage is between 6.65-7.12, and the pH value of sea water is between 7.88-8.25. According to the analysis results, it was determined that the mucilage sample was acidic and the seawater sample was basic. By adding nitrogen and phosphorus fertilizers to the sea water, the acidity of the water and the mucilage was monitored. In this experiment, it was observed that the pH value of mucilage decreased to 6.15-6.55 and the pH value of sea water decreased to 7.15-7.25, making the environment acidic and increasing the electrical conductivity.

In order not to increase pollution in seas or lakes, untreated water should not be discharged into these environments and the flow of sea water should be increased if possible. The Sea of Marmara had the ability to clean itself up to the present day due to the water currents from the Dardanelles and Istanbul Straits. However, recently, the agents polluting the Sea of Marmara have increased due to the increasing industrialization in the region, increasing population, increase in ship traffic and the increase in fertilizers and pesticides used in agricultural activities. These pollution increases are above the self-cleaning capacity of the sea, and the pollution of the sea is inevitable. For this reason, it is of vital importance not to discharge wastewater into the sea and to increase controls in agricultural activities and ship traffic in order to solve the environmental problems of the Sea of Marmara. In addition, providing clean water to the sea through natural or artificial waterways should be investigated in order to increase the water flow of the Sea of Marmara and to dilute the water pollution.

Keywords: Mucilage, Sea Snot, Marine Pollution, Eutrophication Marmara Sea

Doç. Dr., Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği

Mail:zyumun@nku.edu.tr

 ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0658-0416>

Prof. Dr. İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü

Mail:erolkam@hotmail.com

 ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5850-5464>

Öğr. Gör. Dr., Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Saray MYO Tapu ve Kadastro Bölümü

Mail:monce@nku.edu.tr

 ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9621-3630>

Makale Atıf Bilgisi: Yümün, Z. Ü., Kam, E. ve Önce M. (2023). "Marmara Denizi'nde Deniz Salıyası (Müsilaj) Kompozisyonu Bulguları Işığında Salya Oluşma Nedenleri ve Çözüm Önerileri". *Çevre, Şehir ve İklim Dergisi*. Yıl: 2. Sayı: 3. ss. 98-115.

Makale Türü: Araştırma

Geliş Tarihi: 10.11.2022

Kabul Tarihi: 30.12.2022

Yayın Tarihi: 31.01.2023

Yayın Sezonu: Ocak 2023

MARMARA DENİZİ'NDE DENİZ SALYASI (MÜSİLAJ) KOMPOZİSYONU BULGULARI IŞIĞINDA SALYA OLUŞMA NEDENLERİ VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Zeki Ünal YÜMÜN - Erol KAM- Melike ÖNCE

ÖZ

Denizlerde besin elementleri artışı, su ısısında ani değişimler ve su akıntısının düşük olması alg ve diğer fitoplanktonun önemli ölçüde çoğalmasına neden olmaktadır. Bu mikroorganizmalar deniz salyası olarak tanımlanan şeffaf, yapışkan peltensi bir madde oluştururlar. Su yüzeyini kaplayan ve sucul ortamda fotosentezin kısmen veya tamamen durmasına neden olan müsilaj örtüsü, sudaki çözünmüş oksijen oranını düşürmektedir. Oksijeni düşen deniz ortamında yaşayan canlılarda toplu ölümler gerçekleşmektedir. Ölen canlıların kalıntılarının da deniz salyasına katılmasıyla birlikte müsilaj bulunduğu ortamda kötü koku yayan bir maddeye dönüşmektedir. Bu durum zaman zaman Marmara Denizi'nde de görülmekte ve ciddi bir çevre problemi oluşturmaktadır. Bu problemin nedenlerini araştırmaya yönelik olarak denize deşarj olan sulardan, deniz salyasından ve deniz suyundan numuneler alınarak gerekli analizler yapılmıştır. Müsilajın pH değeri 6,65-7,12 arasında, deniz suyunun pH değeri ise 7,88-8,25 arasındadır. Analiz sonuçlarına göre müsilaj numunesinin asidik, deniz suyu numunesinin ise bazik karakterde olduğu saptanmıştır. Deniz suyuna azot ve fosfor gübresi katılarak suyun ve müsilajın asitlik durumu izlenmiştir. Bu deneyde müsilaj pH değeri 6,15-6,55'e, deniz suyunun pH değeri ise 7,15-7,25'e kadar düşerek ortamın asitleştiği ve elektrik iletkenliğinin arttığı görülmüştür.

Deniz veya göllerde kirliliğin artmaması için bu ortamlara arıtılmamış sular deşarj edilememeli ve mümkünse deniz suyunun akımı arttırılmalıdır. Marmara Denizi günümüze kadar Çanakkale ve İstanbul boğazlarından gerçekleşen su akımları nedeniyle kendini temizleyebilme yeteneğine sahipti. Fakat son zamanlarda bölgede artan sanayileşme, artan nüfus, gemi trafiğindeki artış ve tarımsal faaliyetlerde kullanılan gübre ve ilaçlamaların artması nedenleriyle Marmara Denizi'ni kirleten kaynaklar artmıştır. Bu kirlenme artışları denizin kendini temizleme kapasitesinin üzerinde olup, denizin kirlenmesi kaçınılmazdır. Bu nedenle Marmara Denizi'nin çevre problemlerinin çözümü için denize atık suların deşarj edilmemesi, tarımsal faaliyetlerde ve gemi trafiğinde kontrollerin artırılması hayati önem taşımaktadır. Ayrıca Marmara Denizi'nin su akımının artmasına ve su kirliliğinin seyreltilmesi amacıyla doğal veya yapay su yollarıyla denize temiz su sağlanması da araştırılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Müsilaj, Deniz Salyası, Deniz Kirliliği, Ötrofikasyon, Marmara Denizi

Giriş

Marmara Denizi yaklaşık 5-20 milyon yıl önce kıtasal bir kabuk üzerinde oluşmuş bir iç denizdir. Marmara Denizi Ege Denizi ve Karadeniz'i birbirine bağlayan boğazlara sahiptir. Marmara Denizi'nde 1000 m'den daha fazla derinliğe sahip çukurlar bulunmaktadır. Bu çukurlar Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) hattında oluşan tipik fay morfolojisinin göstergesidir (Yümün ve Kam, 2021). 'Marmara Denizi yüzey suları, Ege Denizi'nden daha az, Karadeniz'den de daha tuzlu bir yapıya sahiptir. Karadeniz'den Marmara'ya doğru yüzeysel bir akış, Marmara Denizi'nden Karadeniz'e doğru derin su akışı olmaktadır (Yümün ve Kam, 2021). Bu su akışları Marmara Denizi'ne katılan Karadeniz suyunun sayesinde Marmara Denizi suyunun tuzluluğunun dengelenmesini sağlamaktadır. Bu dengelenme Marmara Denizi ekosisteminin doğal olarak korunmasını ve çevre problemlerinin oluşmamasını sağlamaktadır. Bu doğal su akımının olmaması veya azalması Marmara Denizi'nde özellikle yaz dönemlerinde oluşacak evaporasyon ile deniz tuzluluğunun ve kirliliğinin aşırı artışına neden olabilir. Çanakale Boğazı'nda da Marmara Denizi'nden Ege Denizi'ne yüzeysel su akışı olurken, Ege Denizi'nden Marmara Denizi'ne derin su akışı gerçekleşmektedir. Bu su akışları Marmara Denizi'ne temiz su sağladığı için denizde oluşabilecek kirlenmeleri seyrelterek kirlilik etkisini en aza indirmektedir. Marmara Denizi'nde birçok plaj ve kıyı bölgeleri Mavi Bayrak almış olsa da bazı bölgelerde kirlenmeler görülmektedir. Bu kirlenmelerin nedeni bazı noktalarda denize deşarj edilen atık sular ve deniz trafiği olduğu düşünülmektedir.

Yümün (2017) ve Yümün ve diğ. (2021) tarafından yapılan çalışmalarda Ege Denizi ve Karadeniz arasındaki deniz trafiğinin Marmara Denizi'nin kirlenmesine yol açtığı belirtilmiştir. Gemiler tarafından denize kaçak olarak deşarj edilen sintine ve balans suları ile evsel atık suların yeterince arıtılmadan denize deşarjı bu kirliliklerin başlıca sorumlusudur (Yümün ve Önce, 2017; Keleş ve diğ. 2020). Marmara Denizinde zaman zaman görülen toplu balık ölümleri ve ötrofikasyon olayı bu kirlenmelerin bir sonucudur. Ötrofikasyonla beraber oluşan ve kamuoyunu meşgul eden müsilaj (deniz salyası) deniz yüzeyini yaygın bir şekilde kaplayarak çevre kirliliği oluşturmaktadır.

Müsilaj, deniz salyası veya deniz sümüğü olarak tanımlanan sümük benzeri şeffaf madde, bir nevi organik maddeler topluluğudur. Kremi ve jölemsi olabilen bu madde başlangıçta çoğunlukla zararlı olmayabilir, ancak kirliliği denizlerde üreyen müsilaj oluşturan canlılar veya diğer planktonlar zamanla çürüyerek çözünmüş organik madde ile beraber suya geçmektedir (Yümün ve Kam, 2021).

Deniz suyundaki bu çözünmüş organik maddeyi parçalamak isteyen aerobik bakteriler (oksijene bağımlı yaşayan bakteriler) parçalama sırasında

suda bulunan oksijenin büyük bölümünü tüketerek oksijensiz bir ortam oluşturmaktadır. Oksijen bakımından fakir ortamda yaşayan balıklar ve diğer gelişmiş canlıların çoğu ölmekte ve ölü canlı kalıntıları müsilaja katılmaktadır. Müsilaj içine karışan bu canlı kalıntıları virüs ve bakteri taşıyabilir ve ortamda tehlikeli bir duruma oluşturabilirler (Yıldız ve Gönülal, 2021). Mikroorganizmalardan protistalar müsilajı hareket etmek için kullanmaktadır ve hareketin yönü müsilaj salgısının ters yönündedir (Kayhan ve Yön Ertuğ, 2022, Yüksek ve Sur, 2010). Bitkilerdeki bu salgı su, besin elementleri depolanmasında ve tohumun çimlenmesinde rol oynar. Aleo vera, Kaktüs ve keten tohumlarında oldukça zengin bir müsilaj bulunmaktadır (Rodriguez ve diğ. 2006; Wani ve diğ. 2010; Lancelot 1995). Deniz salyası Marmara Denizi'nde olduğu gibi diğer denizlerde de görülebilen bir problemdir. Müsilaj, E-coli gibi bakteriler bakımından zenginleşir ve deniz yaşamını tehdit edebilir. Deniz salyası, içinde bol miktarda besin elementi (nütrient) bulunan denizlerde ılık ve rüzgârsız havanın uzun sürdüğü dönemlerde meydana gelebilmektedir (Genç ve diğ. 2021; Özyurt ve diğ. 2001). Deniz salyası, çapı 200 km gibi geniş alanları kaplayabilen, büyük kütleler halinde pıhtılaşabilir. Müsilaj çeşitli nedenlerle stres altına giren fitoplankton tarafından üretilir (Mecozzi ve diğ. 2012; Breitburg ve diğ.1999). Ayrıca deniz altındaki faylardan yoğun olarak çıkan sülfür gazı sebebiyle denizin oksijen oranı düşmektedir. Bu oksijensiz ortamlarda da deniz salyası oluşabilmektedir (Mackenzie ve diğ. 2002). Müsilaj ilk olarak 1789'da Adriyatik Denizi'nde kaydedilmiştir (Danovaro, Umani ve Pusceddu, 2009). Daha sıcak ve durgun sular, müsilaj üretimini artırmakta ve büyük kütleler halinde birikmesine neden olmaktadır (Cozzi ve diğ. 2004). Meksika Körfezi'ndeki Deepwater Horizon petrol sızıntısı, büyük miktarda müsilaj oluşmasına neden olmuştur (Dell'Amore, 2010). 2021 yılında Marmara Denizi'nin meydana gelen müsilaj deniz kıyılarında, özellikle koylarda birikerek çevre kirliliğine neden olmuştur. Marmara denizinde görülen müsilaj Yümün ve Kam (2021) tarafından incelenerek nedenleri araştırılmıştır. Bu çalışmada ise önceki çalışmalar derlenmiş ve ayrıca denizin kirlenmesine neden olan kirleticiler araştırılmıştır. Marmara Ereğlisi, Bandırma, Tekirdağ ve Silivri'de balıkçılarla yapılan görüşmelerde müsilajın özellikle deniz tabanında biriktiği ve ağlara yapışarak ağlara zarar verdiği vurgulanmıştır. Marmara Denizi'nin çeşitli noktalarında alına deniz suyu ve atık suların organik ve inorganik madde analizleri yapılarak kirlilik oluşturma potansiyelleri değerlendirilmiştir.

Bu çalışma, müsilajın oluşum nedenlerini ortaya koymayı ve ileriki dönemlerde müsilajın tekrarlanmaması için öneriler sunmayı hedeflemiştir.

1. Materyal ve Metotlar

Son zamanlarda Marmara Denizi'nde görülen deniz salyası sorununu çözmeye yönelik olarak, arazi ve laboratuvar analizleri yapılmıştır. Saha çalışmalarında Marmara Denizi'nden su ve müsilağ örnekleri alınmıştır. Alınan bu örneklerin organik madde ve ağır metal analizleri yapılmıştır. Analizler için deniz suyu, müsilağ ve müsilağ bölgesinden alınan kirli deniz suyundan 500 ml civarında numune alınmıştır. Numuneler akarsuların ve atık suların denize deşarj edildiği lokasyonlarda hem denizden hem de akarsudan alınmıştır.

Toplam organik karbon analizi için TOC-L serisi analiz cihazı (Model SSM 5000 A) kullanılmıştır. Bu cihaz ile Toplam karbon (TC) toplam organik karbon (TOC) ve inorganik karbon (IC) ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca bu örneklerden C/N oranını belirlemek amacıyla toplam azot ölçüm analizleri gerçekleştirilmiştir. Azot ölçümü Vapodest VAP 20s model cihaz ile gerçekleştirilmiştir (Yümün ve diğ. 2021). TOC- L serisi ölçüm cihazı, 680°C'de yakma katalitik oksidasyon metodu ile çalışmaktadır. Cihazın 4 µg/L ile 30000 mg/L arasında çok geniş bir ölçüm aralığı bulunmaktadır. Bu metot en yüksek hassasiyet seviyesine sahiptir. Ayrıca, yakma katalitik oksidasyon metodu sayesinde yalnızca kolay dekompoze olabilen düşük molekül ağırlıklı organik bileşiklerin değil aynı zamanda çözünmeyen dekompoze olması zor ve makromoleküler organik bileşiklerin de verimli bir şekilde okside olmasını sağlamaktadır. Toplam organik karbon (TOC) ölçümünden elde edilen değerler kullanılarak, toplam karbon (TC) ile inorganik karbon (IC) değerleri hesaplanarak bulunmaktadır. Toplam karbon değerinden inorganik karbon miktarının çıkarılmasıyla toplam organik karbon değeri elde edilir. Ağır metal analizleri için su numunelerinden 15 gr alınır ve ultra saflaştırılmış su ile 50 ml'ye kadar tamamlanır. Hazırlanan bu su numunesi filtre kağıtları yardımıyla süzülür. Hazırlanan numuneler ICP-OES cihazının ölçüm ünitesine konularak okumalar yapılır. Fiziksel analizlerde ise, EcoSence Marka DO200A Model taşınabilir oksijen ölçer, Trans Instruments marka HP3040 pH, ORP/mV model taşınabilir pH ve elektrik iletkenliği ölçer, ZAG INSTRUMENTS marka ATC model taşınabilir tuzluluk ölçer, Multitermeometer marka (-50 - +150 °C) kapasiteli taşınabilir sıcaklık ölçer kullanılmıştır. Yapılan literatür çalışmaları ve analiz sonuçlarımız müsilağın organik kökenli olduğunu göstermektedir. Özellikle bitkisel planktonlar tarafından salgılanan bir sıvı olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle aleo vera sıvısı elde edilerek müsilağ ile karşılaştırmak için benze analizlere tabi tutulmuştur. Müsilağ ve Aleo vera sıvısına organik ve inorganik madde analizleri yapılarak konsantrasyon değerleri karşılaştırılmıştır.

2. Analiz ve Bulgular

Marmara Denizi'nde deniz salyası oluşmasının nedenlerini araştırmaya yönelik olarak Marmara Denizi'nden deniz suyu ve müsilaj örnekleri alınmıştır (Şekil-1).



Şekil 1. Marmara Denizi'nin Marmara Ereğlisi Bölümünde 2021 yaz aylarında görülen deniz salyası (müsilaj) ve Numune Lokasyonu

Alınan deniz suyu ve müsilaj örneklerinin organik madde analizleri Tablo 1'de ve fiziksel analizleri (Çözülmüş oksijen, pH ve Tuzluluk) Tablo 2'de, ağır metal analizleri Tablo 3'de verilmiştir. S-1 örneği denizin müsilaj olmayan bölümünden alınan deniz suyu numunesi olup, burada toplam karbon (TC= 36,5 ppm), inorganik karbon (IC= 25.8 ppm), toplam organik karbon (TOC=10.7 ppm) ve toplam azot (TN=0,32 ppm) olarak elde edilmiştir (Tablo 1).

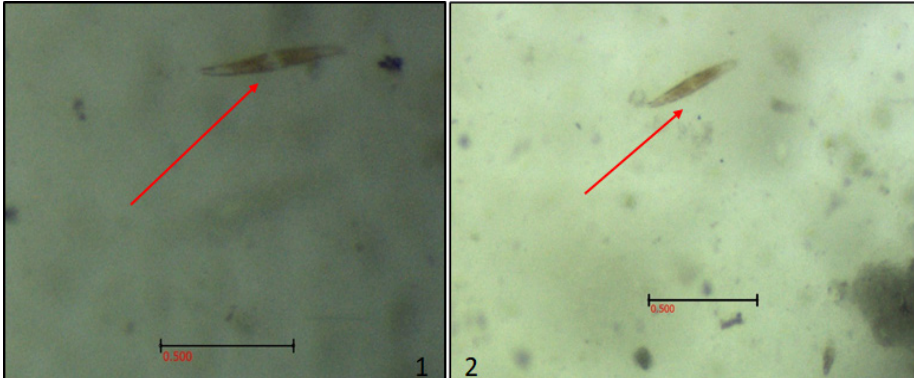
Tablo 1. Organik madde analizi sonuçları (Ölçümler 2 kez yapılarak ortalama değerleri alınmıştır Ö.B.: Ölçüm belirsizliği)

Örnek No	Numune Adı	TC (ppm)	Ö.b.	IC (ppm)	Ö.b.	TOC (ppm)	Ö.b.	TN (ppm)	Ö.b.
S-1	Marmara Ereğlisi-1	36.5	±1.15	25.8	±1.15	10.7	±1.15	0,3	±0.05
S-3	Marmara Ereğlisi-3 (müsilaj)	428	±1.15	93.8	±1.15	334.2	±1.15	17	±0.05
S-12	Yapay müsilaj (Aleo vera Sıvısı)	866	±1.15	11	±1.15	855	±1.15	17	±0.05
S-5	Marmara Ereğlisi-5 (müsilaj bölgesi deniz suyu)	42	±1.15	28	±1.15	14	±1.15	0,8	±0.05
S-11	Müsilaj (Katı Madde)	43	±1.15	4	±1.15	39	±1.15	3,2 (TKN)	±0.05

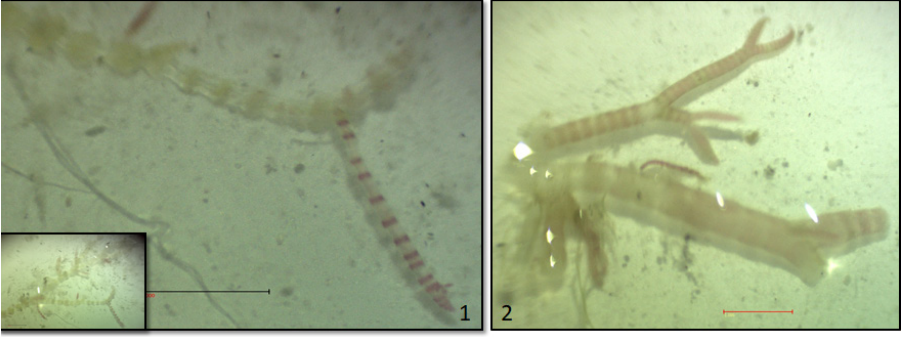
S-3 numunesi müsülaj numunesi olup, burada toplam karbon (TC= 428 ppm), inorganik karbon (IC= 93.8 ppm), toplam organik karbon (TOC=334.2 ppm) ve toplam azot (TN=17 ppm) olarak elde edilmiştir (Tablo 1).

Deniz salyasının analizlere göre çoğunlukla organik madde ve sudan oluşan bir yapısı bulunmaktadır. Müsilajın organik madde içeriği yüksek olduğundan dolayı yapısında müsülajımsı bir sıvı bulunan aleo vera bitkisinin yapısıyla karşılaştırma yapılmıştır (Tablo 1). Aleo vera bitkisinin müsülaja benzeyen jölemsi bölümünün yapısında toplam karbon (TC= 866 ppm), inorganik karbon (IC= 11 ppm), toplam organik karbon (TOC=855 ppm) ve toplam azot (TN=17 ppm) bulunmaktadır (Yümün ve Kam, 2021). Aleo vera müsülajında saptanan toplam karbon ve organik karbon değerleri deniz müsülajından daha fazla, azot değeri ise her iki müsülajda da benzerdir. Bu bulgular deniz salyasının organik kökenli olduğunu ve algler ve diğer fitoplankton tarafından üretilen bir salgı olduğunu göstermektedir. Stereo-zoom mikroskop çalışmalarında, deniz salyasının içerisinde kırmızı algler, yeşil algler ve diğer fitoplankton türlerinin olduğu görülmüştür (Şekil 2-5).

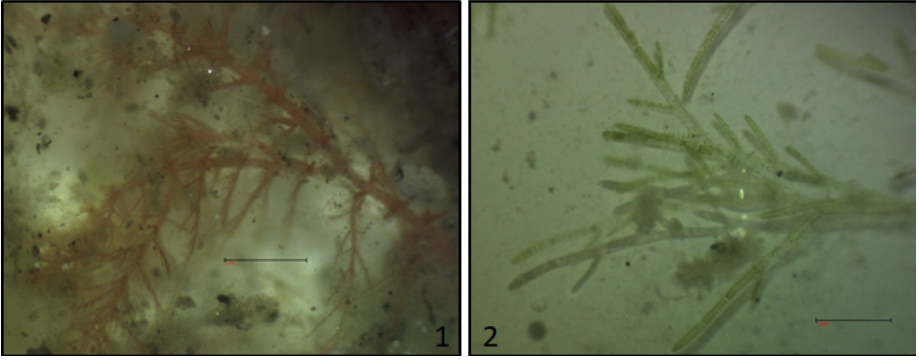
Steero zoom mikroskop incelemesinde fitoplankton (*Pleurosigma* sp.), *Ceramium* sp., kırmızı alg (*Rhodophyta*), Yeşil algler (*Stigeoclonium* sp.) tanımlanmıştır (Şekil 2-5). Müsilaj içerisinde en fazla Yeşil algler (*Stigeoclonium* sp.), ikinci olarak *Ceramium* sp., kırmızı alg (*Rhodophyta*) ve az miktarda fitoplankton (*Pleurosigma* sp.) bulunmaktadır. Mikroskop çalışmalarında müsülaj içinde alglerle birlikte, çeşitli inorganik maddeler ve diğer organik maddeler bulunmaktadır.



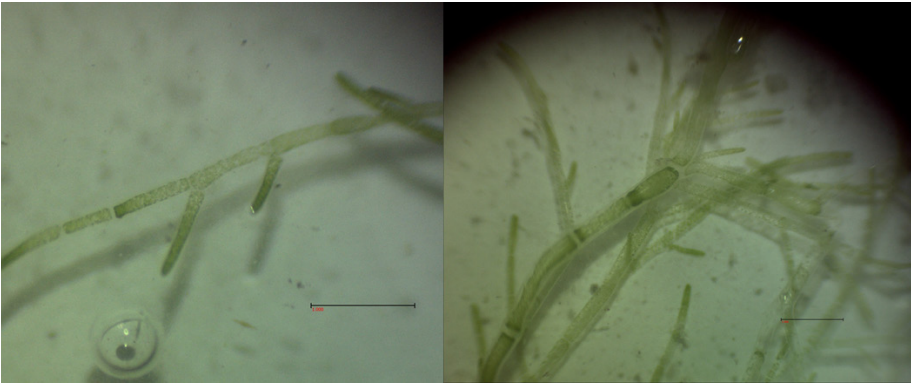
Şekil 2. 1 ve 2 müsülaj içinde saptanan fitoplankton (*Pleurosigma* sp.) (Yümün ve Kam, 2021)



Şekil 3. 1 ve 2: Müsilaj içinde saptanan kırmızı alg
(*Ceranium* sp., red algae (Rhodophyta)) (Yümün ve Kam, 2021)



Şekil 4. 1: Müsilaj içinde saptanan algler.
(1 Kırmızı alg türü: ,2: Yeşil alg (*Stigeoclonium* sp.)) (Yümün ve Kam, 2021)



Şekil 5. Müsilaj içinde saptanan yeşil alg
(*Stigeoclonium* sp.) (Yümün ve Kam, 2021)

Deniz suyu ve müsilajın fiziksel özelliklerini belirlemek için laboratuvar analizleri yapılmıştır. Denizlerde müsilaj oluşumunun önüne geçebilmek için öncelikli olarak müsilajın oluşum nedenlerinin belirlenmesi gerekmektedir.

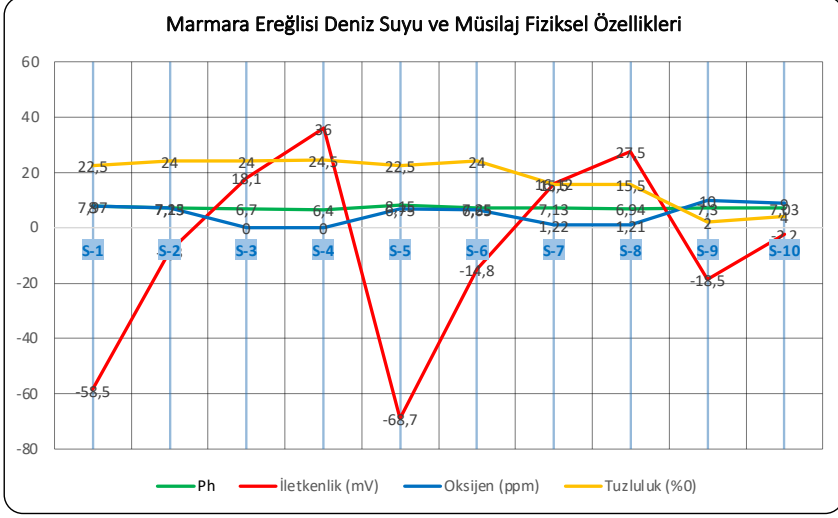
Tablo 2. Deniz suyu, müsilaj ve tatlı suyun fiziksel analiz sonuçları (Ölçümler 2 kez yapılarak ortalama değerleri alınmıştır)

Numune No	pH	İletkenlik (mV)	Oksijen (ppm)	Tuzluluk (%)	SU SICAKLIĞI (°C)	AÇIKLAMALAR
S-1	7.98 ±0.2	-58.5 ±0.5	7,5-8,5±0.15	22.5 ±0.5	24.2±0.1	Deniz Suyu
S-2	7.13 ±0.2	-8.3 ±0.5	6,5-7,8 ±0.15	24 ±0.5	23.2 ±0.1	Deniz Suyu + 5gr Azot Gübresi (%20)
S-3	6.7 ±0.2	18.1 ±0.5	0 ±0.15	24 ±0.5	22.2 ±0.1	Müsilaj
S-4	6.4 ±0.2	36 ±0.5	0 ±0.15	24.5 ±0.5	23.9 ±0.1	Müsilaj + 5gr Azot Gübresi (%20)
S-5	8.25 ±0.2	-68.7 ±0.5	6,5-7,0 ±0.15	22.5 ±0.5	24 ±0.1	Müsilaj Alanından Alınan Deniz Suyu
S-6	7.25 ±0.2	-14.8 ±0.5	6,8-7,0 ±0.15	24 ±0.5	23.2 ±0.1	Müsilaj Alanından Alınan Deniz Suyu
S-7	7.02 ±0.2	16.12 ±0.5	1.22 ±0.15	15.5 ±0.5	23.1 ±0.1	Müsilaj+%25 Tatlı Su
S-8	6.94 ±0.2	27.5 ±0.5	1.21 ±0.15	15.5 ±0.5	23.3 ±0.1	Müsilaj+%25 Tatlı Su + 5gr Azot ve Fosfor Gübresi (%20)
S-9	7.3 ±0.2	-18.5 ±0.5	9,5-10,5 ±0.15	2 ±0.5	18.5 ±0.1	Tatlı Su (Kuyu Suyu)
S-10	7.03 ±0.2	-2.2 ±0.5	8,5-9,5 ±0.15	4 ±0.5	18.5 ±0.1	Tatlı Su (Kuyu Suyu) + 5gr Azot Gübresi (%20)

Bu nedenle müsilajın olmadığı deniz suyu, müsilaj ve müsilajla kirlenmiş deniz suyunun fiziksel özellikleri araştırılmıştır (Örnek No: S-1, S-3, S-5, ve S-7). Yapılan analizlerde deniz salyasının oksijen konsantrasyonunun ölçüm limitlerinin altında ($O \gg 0$), pH değeri ise 6,70-6,94 arasında olup, asidiktir (Tablo 2). Deniz suyunun pH değeri 7,98-8,25 arasındadır. Atmosferle temas, karışım, sıcaklık, fotosentetik aktivite gibi etkenler sonucunda deniz suyunun pH değerleri ortalama 8.3 civarında olmaktadır (Özyurt ve diğ. 2001).

5 litre deniz suyu 5 gram %20 lik azot (N) ve %20 lik fosfor (P) bileşimi katılarak deney yapılmıştır. Burada deniz suyunun pH değeri 7,13-7,25'e kadar, müsilajda ise pH değerinin 6,4'e düştüğü izlenmiştir. Burada deniz salyasının pH değerinin deniz suyu göre daha asidik olduğu görülmüştür. Azot ve fosfor eklendiğinde pH değerinin yükselerek ortamın daha da asidik olduğu saptanmıştır. Deniz suyu yaşayan canlılar bazik karakterli denizel ortamda yaşamaya uygun olup, asitleşen ortamda yaşamaları zordur. Azot ve

fosfor gübresi eklendikten sonra deniz suyunun elektrik iletkenliğinin arttığı (-68,7/-58,5 mV dan -8,3-14,8 mV'a) izlenmiştir. Deniz salyasında ise elektrik iletkenliğinin 18,1 mV dan 36,00 mV'a yükseldiği görülmüştür.



Şekil 6. Marmara Ereğlisi deniz suyu ve müsilajın fiziksel özellikleri (Yümün ve Kam, 2021)

Tarımda kullanılan azot (N) ve Fosfor (P) gübrelere yüzeysel veya yeraltı taşınımıyla denizlere ulaşmakta ve denizlerin pH değerini düşürmekte ve elektrik iletkenliğini artırmaktadır. Bu durum denizlerde yaşayan alg ve diğer fitoplanktonun stresli bir hal almalarına katkı sağlayabilecektir. Deniz suyunun aniden ısınması, besin zincirindeki farklılaşma, canlı popülasyonunun artması, rekabet koşulları da fitoplanktonun müsilaj üretimi için gerekli koşullar arasında yer almaktadır. Marmara Denizi'nin temiz bölgesinden alınan su numunesi (S-1) ile müsilajla kirlenmiş bölgeden alınan su örneğine (S-5) ICP-OES yöntemi ile element analizi yapılmış ve elementlerin konsantrasyon değerleri saptanmıştır. Ölçüm sonuçlarında bazı elementlerin (Mn, Zn, Al, Cu, As, Pb, Cd, Hg, Mo, Co, Cr, Sb, Bi, Ni) ölçüm değerleri ölçüm sınırının altındadır. Ölçüm sonuçlarına göre bazı elementlerin (K, P, Ca, Mg, B, Fe, Zn) konsantrasyonları ise normal değerlerin üzerinde olduğu anlaşılmaktadır (Tablo 3).

Tablo 3. Marmara Deniz suyu (S-1) ve müsilaj bölgesinden alınan deniz suyunun (S-5) ICP-OES yöntemiyle yapılan Element Analiz

Örnek No	Ölçümler	Na	Mg	K	Ca	P	Fe	B	Zn
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb
S-5	1	7010.75	687.25	423.70	340.17	152.34	73.25	3296.77	118.07
	2	6983.00	710.50	425.60	339.75	140.83	82.01	3288.42	113.20
	<Ortalama>	6996.75	699.00	424.60	340.00	146.58	77.63	3292.59	115.64
S-1	1	6638.50	645.00	412.30	331.61	115.04	58.75	3109.73	120.14
	2	6715.00	623.75	406.00	332.61	116.76	58.59	3160.92	108.83
	<Ortalama>	6676.75	634.25	409.20	332.01	115.90	58.67	3135.32	114.48

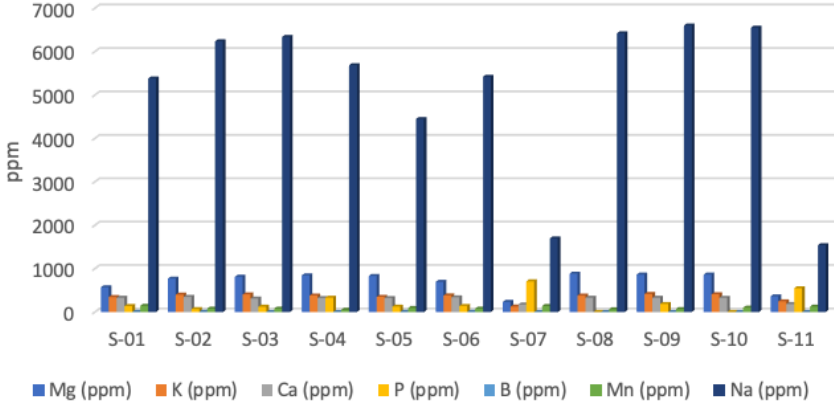
2021 ya ayından sonraki dönemlerde de Marmara Denizi'nin birçok noktasından deniz suyundan ve denize deşarj olan akarsulardan numuneler alınarak denizde oluşan kirlenmelerin nedenleri araştırılmıştır. Yukarıda verilen tüm literatürden de anlaşılacağı üzere, denizlerde zenginleşen organik maddelerin müsilaj oluşumuna katkı yaptığı anlaşılmaktadır. Bu bilimsel saptamayı Marmara Denizi özelinde araştırmak için Marmara Denizi'nin birçok noktasında yeniden numuneler alınarak analizler tekrarlanmıştır. Alınan numuneler Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Merkezi Laboratuvarında element analizleri ve organik madde analizleri yapılmıştır (Tablo 4 ve 5; Şekil 5 ve 6).

Element analizlerinde özellikle denize dökülen akarsuların element konsantrasyonlarının deniz suyundan daha fazla olduğu görülmektedir. Mangan değerlerinin Gemlik bölgesinde (136,95 ppm) ve Kum deresinde (143,735 ppm) yüksek değerlerde olduğu görülmektedir. Fosfor (P) değerlerinin de Gemlik (705,03 ppm), Yenice (548385 ppm) ve Tuzla deresinde (329,175 ppm) yüksek olduğu görülmektedir. Potasyum (K) değerlerinin ise Kurşunlu (378,28 ppm), Bandırma (415,74 ppm), Misakça (408,92 ppm), Kınık deresi (401,11 ppm), Çeltik Yolu (406,05 ppm) ve Büyükçekmece'de (349,29 ppm) yüksek değerlerde olduğu görülmüştür.

Tablo 4. Marmara Denizi'nin çeşitli lokasyonlarından alınan su numunelerinin element analizi verileri

Sample/Sample No	Type	Na (ppm)	Mg (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	P (ppm)	B (ppm)	Mn (ppm)
GMK-1b (Gemlik/Bursa)	1	1696.84	233.71	124.27	172.78	696.46	0.83	145.17
	2	1692.05	230.69	128.03	171.93	713.6	0.83	128.74
S-01	A.V	1694.45	232.2	126.15	172.36	705.03	0.83	136.95
KRŞ-1b (Kurşunlu/Bursa)/S02	1	6424.02	888.11	346.97	321.7	0	3.2	56.71
	2	6415.98	879.63	409.58	334.31	0	3.2	66.74
	A.V	6420	883.87	378.28	328.01	0	3.2	61.72
BND-2c (Bandırma/Balikesir)/ S-03	1	6444.65	878.56	416.95	325.32	139.16	3.16	65.7
	2	6751.51	845.38	414.53	330.73	230.5	3.18	70.03
	A.V	6598.08	861.97	415.74	328.03	184.83	3.17	67.87
BND-1b (Bandırma/Balikesir)/ S04	1	6582.91	836.96	407.93	322.91	0	3.14	65.55
	2	6581.22	870.75	410.11	326.95	0	3.25	66.81
	A.V	6582.07	853.86	409.02	324.93	0	3.2	66.18
MŞÇ- 1b (Misakça/Balikesir)/ S05	1	6494.51	865.81	407.36	329.21	0	3.1	100.16
	2	6601.44	857.07	410.47	325.11	0	3.15	101.64
	A.V	6547.98	861.44	408.92	327.16	0	3.13	100.9
Yenice Mevkii/ S06	1	1534.11	354.36	254.21	188.23	564.35	0.78	125.85
	2	1542.36	368.52	236.54	178.95	532.42	0.68	123.65
	A.V	1538.23	361.44	245.37	183.59	548.385	0.73	124.75
Kum Deresi/ S07	1	5487.34	589.32	321.25	321.36	123.25	3.25	132.24
	2	5269.23	547.23	365.33	335.24	152.36	3.65	155.23
	A.V	5378.28	568.275	343.29	328.3	137.805	3.45	143.735
Kınıklı Deresi/ S08	1	6235.21	758.65	403.25	352.26	56.32	4.21	78.54
	2	6234.32	779.12	398.96	342.32	75.24	4.05	76.74
	A.V	6234.76	768.885	401.11	347.29	65.78	4.13	77.64
Çeltik Yolu Mevkii/ S09	1	6335.36	812.54	399.75	305.63	121.21	2.25	77.32
	2	6339.12	812.65	412.35	312.05	123.32	2.45	78.23
	A.V	6337.24	812.595	406.05	308.84	122.265	2.35	77.775
Tuzla Deresi/ S010	1	5897.32	865.12	375.52	321.23	352.12	3.25	45.88
	2	5469.32	821.01	385.25	325.25	306.23	3.35	54.25
	A.V	5683.32	843.065	380.38	323.24	329.175	3.3	50.065

Büyükçekmece Gölü/ S011	1	4326.48	846.35	344.32	332.65	122.25	4.23	89.36
	2	4563.2	812.12	354.26	312.36	123.65	4.21	98.21
	A.V	4444.84	829.235	349.29	322.505	122.95	4.22	93.785
Küçükçekmece Gölü/ S012	1	5469.32	688.95	385.85	342.25	135.63	3.45	78.96
	2	5367.43	698.75	378	335.58	142.25	3.41	79.52
	A.V	5418.37	693.85	189.214	338.915	138.94	3.43	79.24



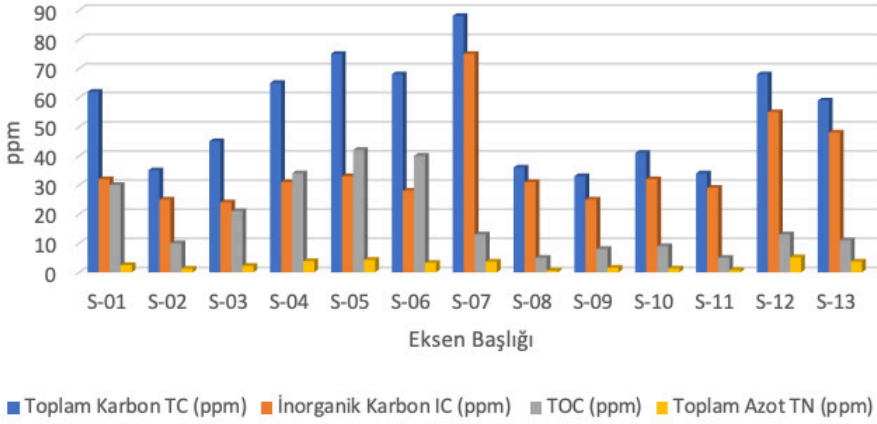
Şekil 7. Marmara Denizi'nin çeşitli lokasyonlarından alınan su numunelerinin element analizi verileri

Tablo 5. Marmara Denizi'nin çeşitli lokasyonlarından alınan su numunelerinin organik madde analizi verileri

Numunenin Alındığı Yer	Numune No	Toplam Karbon TC (ppm)	İnorganik Karbon IC (ppm)	TOC (ppm)	Toplam Azot TN (ppm)
Kum Deresi	S-01	62	32	30	2.5
Kınıklı Deresi	S-02	35	25	10	1.25
Çeltik Yolu Mevkii	S-03	45	24	21	2.23
Tuzla Deresi	S-04	65	31	34	3.85
Büyükçekmece Gölü	S-05	75	33	42	4.25
Küçükçekmece Gölü	S-06	68	28	40	3.25
Gemlik/Bursa	S-07	88	75	13	3.7
Kurşunlu/Bursa	S-08	36	31	5	0.6
Bandırma/Balıkesir	S-09	33	25	8	1.6
Misakça/Balıkesir	S-10	41	32	9	1.32

Yenice Mevkii	S-11	34	29	5	0.8
Nilüfer Çayı Akarsu	S-12	68	55	13	5.2
Gönen Çayı Akarsu	S-13	59	48	11	3.7

Marmara Denizi'nin çeşitli lokasyonlarında alınan su numunelerinin organik madde analizlerinden elde edilen veriler tablo 5'te sunulmuştur. Özellikle Toplam Organik Karbon (TOC) ve Azot (N) konsantrasyonlarının bazı derelerde çok yüksek olduğu saptanmıştır. TOC ve N oranları Kum Deresi (30 ppm/2,5 ppm), Tuzla Deresi (34 ppm/3,85 ppm), Büyükçekmece Gölü (42 ppm/4,25 ppm), Küçükçekmece Gölü (40 ppm/3,25 ppm), Nilüfer Çayı (13 ppm/5,2 ppm) ve Gönen Çayı'nda (11 ppm/3,7 ppm) yüksek oldukları görülmektedir.



Şekil 8. Marmara Denizi'nin çeşitli lokasyonlarından alınan su numunelerinin organik madde analizi verileri

Bu analizlerin sonucunda TOC ile Azot'un (N) aynı lokasyonlarda birlikte yüksek olmaları dikkat çekici bir bulgudur. Bu lokasyonlarda müsilaj oluşumu için gerekli olan diğer koşulların da olması durumunda müsilajın yeniden görülebileceğine işaretir. Bu nedenle denizi kirletebilecek tüm kirleticiler için önlemler alınmalıdır. Neredeyse tüm lokasyonlarda İnorganik Karbon (IC) değerlerinin Toplam Organik Karbon (TOC) konsantrasyonlarından daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum İnorganik Karbon değerlerinin çoğunlukla sanayi atıkları, tarımsal faaliyetler ve gemi taşımacılığınızdan kaynaklandığını göstermektedir.

Sonuç ve Öneriler

Denizler ve diğer sucul ortamlara deşarj olan kirli sular bu ortamlarda kirliliğin artmasına neden olmaktadır. Bu kirlilikler organik veya inorganik olma durumuna göre alanda farklı etkiler oluşturmaktadır. İnorganik kirlilikler

suda ve taban sedimentlerinde toksik etki oluştururken organik kirlilikler ortamda organizmalar için besin zincirini artırmaktadır. Besin zincirindeki artışla birlikte su sıcaklığında ani değişimlerin olması durumunda ve su akıntısının düşük olduğu mevsimlerde alg ve diğer fitoplankton da ciddi bir çoğalma meydana gelmektedir. Bu mikroorganizmalara bağlı olarak deniz salyası olarak tanımlanan şeffaf, yapışkan peltemsi bir madde oluşur. Bu maddenin bir bölümü deniz tabanına çökerek sedimentleri kaplarken, bir kısmı dalga hareketleriyle kıyılara taşınarak deniz yüzeyinde yığılımlar halinde toplanmaktadır. Su yüzeyini kaplayan ve sucul ortamda fotosentezin kısmen veya tamamen durmasını sağlayan bu örtü, sudaki eriyik oksijen oranını düşürmektedir. Su ortamında oksijenin düşmesi sucul canlıların toplu ölümüne neden olmaktadır. Ölen canlıların kalıntılarının da deniz salyasına katılmasıyla birlikte müsilaj ortamda kötü koku yayan bir maddeye dönüşmektedir. Bu durum zaman zaman Marmara Denizi'nde de görülmekte ve ciddi bir çevre problemi oluşturmaktadır. Bu problemin nedenlerini araştırmaya yönelik olarak denize deşarj olan sulardan, deniz salyasından ve deniz suyundan numuneler alınarak gerekli analizler yapılmıştır. Alınan numunelerin, toplam karbon, toplam organik karbon, inorganik karbon ve toplam azot değerleri analiz edilmiştir.

Müsilajın pH değeri 6,65-7,12 arasında, deniz suyunun pH değeri ise 7,88-8,25 arasındadır. Analiz sonuçlarına göre müsilaj numunesinin asidik, deniz su numunesinin ise bazik karakterde olduğu saptanmıştır. Deniz suyuna azot ve fosfor gübresi katılarak suyun ve müsilajın asitlik durumu izlenmiştir. Bu deneyde müsilaj pH değeri 6,15-6,55'e, deniz suyunun pH değeri ise 7,15-7,25'e kadar düşerek ortamın asitleştiği ve elektrik iletkenliğinin arttığı görülmüştür. Deniz salyasının çözünmüş oksijen miktarı ölçülemeyecek kadar az olup, hacimsel olarak %25 tatlı su katılması durumunda çözünmüş oksijen değeri 1,22-1,23 ppm'e kadar yükselmektedir.

Marmara Denizi'nde 2021 yılı yaz aylarında meydana gelen deniz salyasından ve deniz suyundan numuneler alınarak organik madde analizi yapılmıştır. Bu analizlerde deniz suyu numunesinin toplam karbon (TC= 36,5 ppm), inorganik karbon (IC= 25,8 ppm), toplam organik karbon (TOC=10,7 ppm) ve toplam azot (TN=0,32 ppm) değerleri elde edilmiştir. Müsilaj numunesinin de toplam karbon (TC= 428 ppm), inorganik karbon (IC= 93.8 ppm), toplam organik karbon (TOC=334.2 ppm) ve toplam azot (TN=17.4 ppm) değerleri elde edilmiştir. Stereo zoom mikroskopla yapılan incelemede müsilaj içerisinde planktonik alg ve diğer fitoplanktonun bulunduğu saptanmıştır. Müsilajın organik madde oranının da yüksekliği göz önünde bulundurulduğunda müsilajın çoğunlukla organik kökenli olduğu ve bentik, planktonik alg ve diğer fitoplanktondan meydana geldiği anlaşılmıştır.

Deniz veya göllerde kirliliğin artmaması için bu ortamlara arıtılmamış sular deşarj edilememeli ve mümkünse deniz suyunun akımı arttırılmalıdır. Marmara Denizi kapalı bir iç deniz olması nedeniyle su akımı yalnızca Çanakkale ve İstanbul Boğazlarında gerçekleşmektedir. Marmara Denizi'ne kirletilmiş suların deşarjı çeşitli yollardan doğrudan ve/veya dolaylı olarak gerçekleşmektedir. Marmara Denizi günümüze kadar Çanakkale ve İstanbul boğazlarından gerçekleşen su akımları nedeniyle kendini temizleyebilme yeteneğine sahipti. Fakat son zamanlarda bölgede artan sanayileşme, artan nüfus, gemi trafiğindeki artış ve tarımsal faaliyetlerde kullanılan gübre ve ilaçlamaların artması nedenleriyle Marmara Denizi'ni kirleten kaynakların sayısı artmıştır. Bu kirlenme artışları denizin kendini temizleme kapasitesinin üzerinde olup, denizin kirlenmesi kaçınılmazdır. Bu nedenle Marmara Denizi'nin çevre problemlerinin çözümü için denize atık suların deşarj edilmemesi, tarımsal faaliyetlerde ve gemi trafiğinde kontrollerin artırılması hayati önem taşımaktadır. Ayrıca Marmara Denizi'nin su akımının artmasına ve su kirliliğinin seyreltilmesi amacıyla doğal veya yapay su yollarıyla denize temiz su sağlanması da araştırılmalıdır.

Kaynakça

- Yümün, Z.Ü. ve Kam, E. (2021). "Marmara Denizi'nde Müsilaj Sorunu ve Çözüm Yöntemleri, Marmara Deniz Ekolojisi; Deniz Salyası Oluşumu, Etkileşimleri ve Çözüm Önerileri", *Türkiye Bilimler Akademisi*, 2021, 163-185
- Yümün, Z. Ü. (2017). "Effects of radionuclides on the recent foraminifera from the clastic". *Journal of African Earth Sciences*, (1) 179-182.
- Yümün, Z. Ü., Kam, E., Dinçer, A., Önce, M., Yümün, S. (2021). "The Investigation Of Toxic Element Pollution And Radioactivity Analyses Of Marine Sediments In The Gulf Of Gemlik (Bursa, Turkey)". *Applied Ecology And Environmental Research*, 14751-14765.
- Kam, E. ve Yümün, Z. Ü. (2021). "Geographical distribution of toxic elements in Northeast Marmara Sea sediments and analysis of toxic element pollution by various pollution index methods (Istanbul/Turkey)". *Applied Ecology And Environmental Research*, 1869-1893.
- Yümün, Z. Ü. ve Kam, E. (2017). "Effects of radionuclides on the recent foraminifera from the clastic". *Journal of African Earth Sciences*, 179-182.
- Yümün, Z. Ü. ve Önce, M. (2017). "Monitoring heavy metal pollution in foraminifera from the Gulf of". *Journal of African Earth Sciences*, 110-124.
- Keleş, G., Yılmaz, S., Zengin, M. (2020) "Possible economic effects of musilage on Sea of Marmara Fisheries". *Int J Agric For Life Sci* 4(2): 173-177.

- Yıldız T. ve Gönülal O. (2021). "Sea snot and its impacts on the fisheries in the Sea of Marmara and its adjacent waters". *J. Black Sea/Mediterranean Environment*. Vol. 27, No. 2: 167-183.
- Kayhan F. E. ve Yön Ertuğ N. (2022). "Müsilaj Sorunu Ve Karakterizasyonu". *Doğanın Sesi*. 5,9, 4-16.
- Yüksek A., Sur H.İ. (2010). "First Observation of the Mucilage/Gelatinous Formation in the Sea of Marmara in October 2007". *GFCM Workshop on Algal and Jellyfish Blooms in the Mediterranean and Black Sea*, Istanbul, Turkey.
- Rodriguez, D. J., Angula-Sanchez, J. L, Silva, J. A. T., & Aguilar-Gonzalez, C. N. (2006) "Review of Aloe Species' Medicinal Properties and Bioactive Compounds. Floriculture", *Ornamental and Plant Biotechnology*, 4(51), 460-471.
- Wani, M. Y., Hasan, N., Malik, M. A. (2010) "Chitosan and Aloe Vera: Two Gifts of Nature". *Journal of Dispersion Science and Technology*, 31, 799– 811.
- Lancelot, C. (1995). "The mucilage phenomenon in the continental coastal waters of the North Sea". *Science of the Total Environment*, 165: 83–102.
- Genç N., Durna E., Sayin F. E. (2021). "Dewatering of Mucilage Biomass Collected from the Marmara Sea Surface: Optimization of Coagulation and Centrifugation Processes". *Aksaray University Journal of Science and Engineering*. Vol 5,2, 138-157.
- Özyurt, N. N., Bayarı, S., Dođdu, M. Ş., & Arıkan, A. (2001). "Akkuyu Körfezi (Mersin) deniz suyunun fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkileyen süreçler". *Yerbilimleri*, 113-126.
- Mecozzi, M., Pietroletti, M., Scarpiniti, M., Acquistucci, R. & Conti, M.E. (2012). "Monitoring of marine mucilage formation in Italian seas investigated by infrared spectroscopy and independent component analysis". *Environmental Monitoring Assessment*. 184; 6025-6036.
- Breitburg, D.L., Sanders, J.G., Gilmour, C.C., Hatfield, C.A., Osman, R.W., Riedel, G.F., Seitzinger, S.P. (1999). "Variability in responses to nutrients and trace elements, and transmission of stressor effects through an estuarine food web". *Limnology and Oceanography*. 44: 837-863.
- Mackenzie, L., Sims, I., Beuzenberg, V., Gillespie, P. (2002). "Mass Accumulation Of Mucilage Caused By Dinoflagellate Polysaccharide Exudates In Tasmanian Bay", *New Zealand, Harmful Algae*, 1: 69-83.
- Cozzia, S., Ivancic, I., Catalano, G., Djakovac, T., Degobbis, D. (2004). "Dynamics of the oceanographic properties during mucilage appearance in the Northern Adriatic Sea: analysis of the 1997 event in comparison to earlier events". *Journal of Marine Systems* 50, 223– 241. Elsevier Publishers.

Dell'Amore, C. (2010). "Sea Snot" Explosion Caused by Gulf Oil Spill?". National Geographic.

Danovaro, R., Umani, S.F. ve Pusceddu, A. (2009). "Climate change and the potential spreading of marine mucilage and microbial pathogens in the Mediterranean Sea". *PLOS ONE*. 4 (9); 7006.