


Marmara Bölgesi'nde Görülen Müsilaj Sırasında Meteorolojik Değişkenlerin Analizi

Mert IŞIN¹ 
mertisin34@gmail.com

Bahtiyar EFE^{2*} 
efeba@itu.edu.tr

¹ Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Siirt Havalimanı Meteoroloji Ofisi, Siirt, Türkiye.

² İstanbul Teknik Üniversitesi, İklim Bilimi ve Meteoroloji Mühendisliği Bölümü,
34469, Maslak, İstanbul, Türkiye.


Geliş Tarihi: 07.06.2024 / Kabul Tarihi: 26.06.2024

Özet

Uzun yıllardır Adriyatik denizinde müsilaj sorunu genel olarak gözükmekte iken 2021 yılı içerisinde yaşanan deniz suyu sıcaklıklarındaki artış ile beraberinde gelen deniz kirliliği sebeplerinden dolayı Marmara Denizi'nde de müsilaj felaketi görülmüştür. Marmara Denizi'nde gözlemlenen ilk müsilaj oluşumu 2007- 2008 yılları arasında, Çanakkale Boğazı'ndan İzmit Körfezi'ne kadar olan alanı kapsamakta iken 2021 yılı içerisinde gözlemlenen müsilaj oluşumu tüm Marmara Denizi'ni kapsamakla birlikte denizin tabanından 34 metreye kadar müsilajın görülebildiği kayıt edilmiştir. Marmara Deniz'inde gözlemlenen müsilaj olayının gerçekleşmesinde en önemli unsurun deniz kirliliği olduğu bilinmektedir. Ancak deniz kirliliği tek başına yeterli bir sebep olmamakla birlikte geçmişte müsilajın görüldüğü dönemler ve bölgeler incelendiğinde genel olarak sıcak dönemlerde ve sıcak denizlerde oluştuğu söylenebilir. Bu çalışmada, 2021 yılında Marmara Denizi'nde gerçekleşen müsilaj olayın yalnızca deniz kirliliğinin neden olmadığı, müsilaj oluşumunda meteorolojik değişkenlerin de büyük bir etkisi olduğu gerekli analizlerle açıklanmıştır. Deniz suyu sıcaklığı, hava sıcaklığı, rüzgâr şiddeti ve atmosferik engelleme gibi meteorolojik değişkenlerin müsilaj üzerinde etkisinin olup olmadığını tespit edebilmek amacıyla uzun dönem ortalamasıyla karşılaştırılmış ve meteorolojik değişkenlerin, müsilajı ne denli etkilediği açıklanmıştır. Deniz suyu sıcaklıkları için yapılan hesaplamalarda müsilajın yoğun olarak gözlemlendiği Mayıs ayında deniz suyu sıcaklıklarının kullanılan üç istasyon için de mevsim normallerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Hava sıcaklıkla verileri incelendiğinde genel olarak tüm 2021 yılı boyunca mevsim normallerinden daha yüksek sıcaklıkların gözlemlendiğini, özellikle Mayıs ayında üç istasyon içinde hava sıcaklıklarının uzun dönem ortalamasından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ortalama rüzgâr şiddeti Mayıs ayında üç istasyon için de ortalama 1,9 m/s ile 3,2 m/s arasında değişkenlik göstermektedir. Bu değerler Bofor rüzgâr skalasında esinti olarak adlandırılmaktadır. Rüzgârın bu kadar az olması müsilajın oluştuğu yerlerde, dağılmasını engelleyerek müsilajın birikmesine neden olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Deniz suyu sıcaklığı, Marmara Denizi, müsilaj, rüzgâr, sıcaklık

Analysis of Meteorological Variables During Mucilage in the Marmara Region

Mert IŞIN¹ 
mertisin34@gmail.com

Bahtiyar EFE^{2*} 
efebe@itu.edu.tr

¹ Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Siirt Havalimanı Meteoroloji Ofisi, Siirt, Türkiye.

² İstanbul Teknik Üniversitesi, İklim Bilimi ve Meteoroloji Mühendisliği Bölümü,
34469, Maslak, İstanbul, Türkiye.

Arrival Date: 07.06.2024 / Accepted Date: 26.06.2024

Abstract

While the mucilage problem has been generally observed in the Adriatic Sea for many years, a mucilage disaster has also been observed in the Marmara Sea due to the increase in sea water temperatures in 2021 and the accompanying sea pollution. While the first mucilage formation observed in the Marmara Sea occurred between 2007 and 2008 covering the area from the Dardanelles to the Gulf of Izmit, the mucilage formation observed in 2021 covers the entire Marmara Sea and it has been recorded that mucilage can be seen up to 34 meters from the bottom of the sea. It is known that the most important factor in the mucilage phenomenon in the Marmara Sea is marine pollution. However, although sea pollution alone is not a sufficient reason, when we look at the periods and regions where mucilage appeared in the past, we can say that it generally occurred in warm periods and warm seas. In this study, it was explained by data that the mucilage phenomenon that took place in the Marmara Sea in 2021 was not only caused by marine pollution, but also those meteorological variables had a great impact on mucilage formation. In order to determine whether meteorological variables such as sea water temperature, air temperature, wind speed and atmospheric blocking have an effect on mucilage, they were compared with the long-term average and it was explained how meteorological variables affected mucilage. For sea water temperatures, we see that sea water temperatures were higher than seasonal norms for all three stations used in May, when mucilage was observed intensively. When we examined the data for air temperatures, it was observed that it was generally warmer than the seasonal norms throughout 2021, and especially in May, the air temperatures were higher than the long-term average in three stations. Average wind speed varies between 1.9 m/s and 3.2 m/s for all three stations in May. These values are called breeze in Bofor wind scale. This lack of wind prevented the mucilage from dispersing in places where it formed, causing mucilage to accumulate.

Keywords: Marmara Sea, mucilage, sea water temperature, temperature, wind

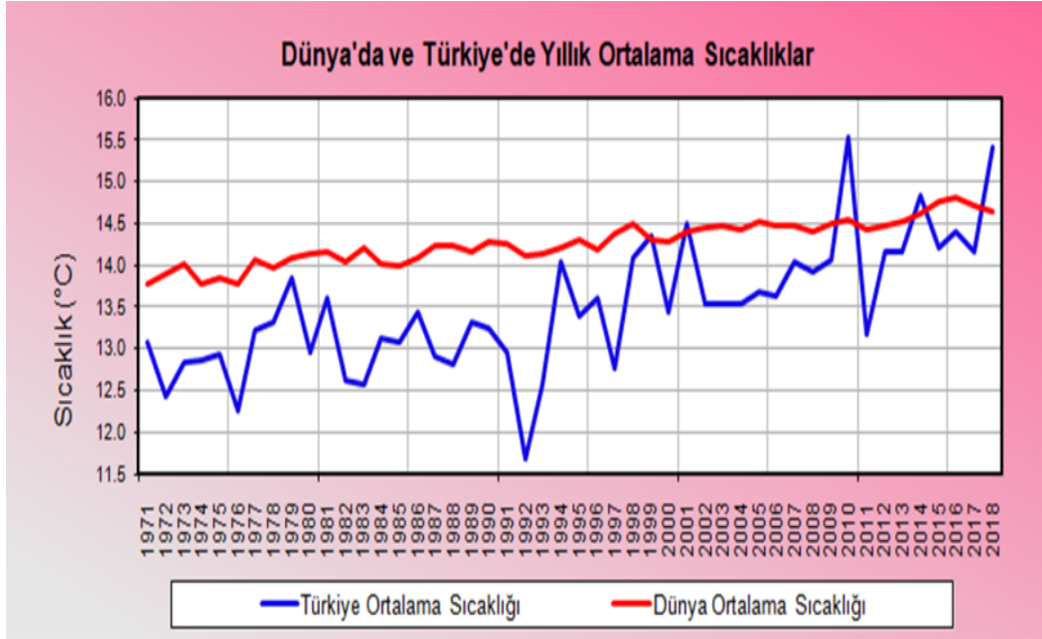
1. Giriş

Çevre Kanunu'nun "Tanımlar" başlıklı 2. maddesine göre çevre kirlenmesi; "Çevrede meydana gelen ve canlıların sağlığını, yaşadığı alanı ve ekolojik dengesini bozabilecek her türlü olumsuz etki" olarak tanımlanmıştır. Gelişen teknoloji ve artan nüfusla birlikte çevre kirliliğinin etkisi zamanla büyümektedir. Müsilajın oluşumunda en büyük faktörün deniz kirliliği olduğu bilinmektedir (Edwards, 2016). Denize dökülen endüstriyel, evsel

ve tarımsal atıklar, suda hemen çözünemediğinden dolayı deniz üzerinde maddenin cinsine göre değişebilen sürelerde küçük parçalara ayrılırlar. Uzun süre deniz içerisinde çözünemeyen atıklar birikerek müsilajın oluşmasına zemin hazırlamaktadır (Altıok vd., 2021). İstanbul ve çevresinde nüfusun fazla olması, şehrin düzensiz göç alması ve hızlı nüfus artışından dolayı Marmara Denizi'ne dökülen evsel ve sanayi atıkları bu bölgede oldukça fazladır.

Çevre kirliliğinin yanı sıra müsilaj oluşumunda büyük bir etkisi olan diğer bir etken ise iklim değişkenliği veya iklim değişikliği (Danovaro vd., 2009). Kısaca iklim değişikliği, belirli bir bölgedeki atmosferik koşulların o bölgeye ait uzun yıllar (en az 30 sene) ortalamasının değişimi olarak tanımlanabilir (Altıok vd., 2021).

Şekil 1.1’de, Dünya’nın ve Türkiye’nin 1971-2018 yılları arasındaki sıcaklık ortalaması göstermektedir. Türkiye’de 2010 ve 2018 senelerinde pozitif sıcaklık anomalisi görülmektedir. Dünyanın sıcaklık ortalamasının; 1971 yılından 2018 yılına kadar yaklaşık olarak 1 °C arttığı görülmektedir.



Şekil 1.1. Dünya’nın ve Türkiye’nin 1971-2018 yılları arasındaki sıcaklık ortalaması. (Dünya geneli veriler için: ABD Ticaret Bakanlığı Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi [NOAA, 2019], Türkiye verileri için: Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü [MGM, 2019].)

Deniz yüzeyinde oluşan ipliksi ağ yapıları zamanla yaşlanarak denizin dibine doğru çökmeye başlar ve deniz dibinde yaşayan canlıların üzerini kaplayabilen kalın tabakalanmalar oluşturan bu oluşumlara “müsilaj” adı verilmektedir (Danovaro vd., 2009).

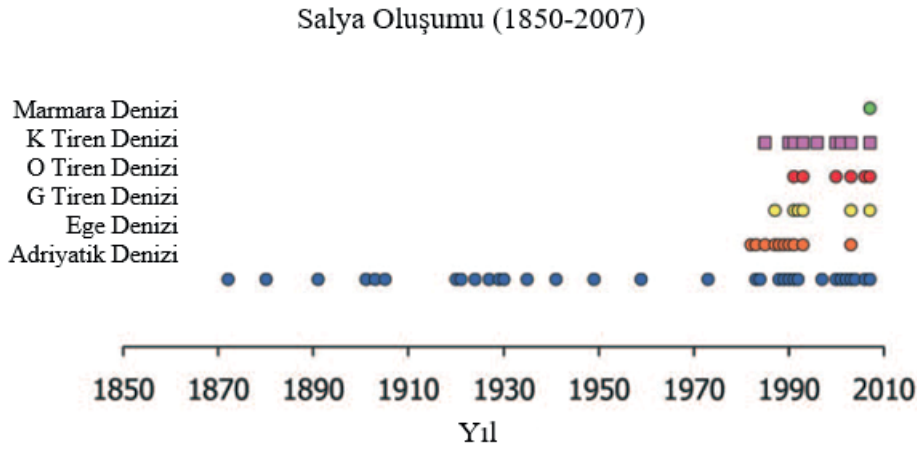
Canlı organizmalar, ölü hücre atıkları, organik olmayan maddeler gibi unsurları içerisinde barındıran organik maddece zengin olan müsilaj (deniz salyası) açık denizlerde ve okyanuslarda yaygın bir şekilde görülmesinin yanısıra büyük su kütlelerindeki karbon taşınımının ve döngüsünün çok önemli bir parçasını oluşturmaktadır (Alldredge ve Silver, 1988). Bunun yanında deniz yüzeyi su sıcaklığının artması, su kolonundaki tabakalaş-

ma, rüzgârın hızının düşük olması gibi çeşitli etkenlerle mikropların üremesi için elverişli bir ortam meydana gelmektedir. Bununla birlikte ölü atıklarla da bir araya gelerek deniz salyasının boyutları ve yayılım alanları yüzlerce kilometreye ulaşabilir.

Dünya’da müsilaj ilk olarak 1729 yılında Kuzey Adriyatik Denizinde görülmüştür (Fonda-Umani vd., 1989). Sıcaklıkların ve deniz suyu sıcaklıklarının artmasına bağlı olarak kirlilikle birlikte ortaya çıkan müsilaj, deniz biyolojisi ve yaşamı için büyük sorun teşkil etmektedir. Özellikle son 30 yıl içerisinde müsilaj görülme sıklığında artış gözlemlendiğinden dolayı daha çok gündeme gelmektedir.

Okyanus ya da deniz yüzeyinde oluşan yoğun müsilaj tabakası, su yüzeyinin albedosunu artırdığı için deniz içerisindeki bitkiler güneş ışığını yetersiz aldıklarından ya da alamadıklarından dolayı fotosentez yapamamaktadırlar (Kam ve Yümün, 2021). Ayrıca müsilajın içerisinde bulunan sayıca fazla olan virüs ve bakteri sayısı canlılar üzerinde büyük bir etkiye sahip olmaktadır (Negro vd., 2005).

Şekil 1.2’de çeşitli denizlerde oluşan müsilajın yayılma alanı ve denizde ne kadar süre kaldığı hakkında bilgiler yer almaktadır. 157 yıllık verilere göre; Adriyatik Denizi üzerinde müsilaj çok uzun zamandır bulunmaktadır. Bununla birlikte Tiren ve Ege denizlerinde ise 1980-2007 yılları arasında salya oluşumunun fazla olduğunu görülmektedir. Marmara Denizi’nde ilk müsilaj oluşumu 2007 yılının Ekim ayında başlamıştır.



Şekil 1.2. Salya oluşumunun yer ve zamana göre gözlemleri (Danovaro vd., 2009).

Müsilajın oluşumunda en büyük etkenlerin başında deniz suyu sıcaklığı gelmektedir (Kam ve Yümün, 2021). İklim değişikliğiyle ve küresel ısınmayla birlikte, dünyanın ortalama sıcaklığının artmasıyla ortalama deniz suyu sıcaklıkları da mevsim normallerinin üstüne çıkmıştır. (Edwards, 2016). Bu çalışmada; Marmara Denizi’nin uzun yıllar gözlemlenmiş ortalama deniz suyu sıcaklığı, sıcaklık, rüzgâr verilerinden yararlanarak Mayıs ayında gözlemlenmiş olan değişkenlerin, müsilajı ne denli etkilediği açıklanmaya çalışılmaktadır.

2. Çalışma Alanı, Veri ve Yöntem

2.1 Marmara Denizi

Marmara Denizi; Karadeniz ve Ege Denizi arasında kalan yer alan, yüzölçümü yaklaşık 11500 km² ve maksimum derinliği yaklaşık 1300 metre olan bir iç denizdir. İstanbul Boğazı, Marmara Denizi ve Çanakkale Boğazı Türk Boğazlar Sistemi (TBS) olarak adlandırılmaktadır. Karadeniz’den gelen daha az tuzlu olan üst tabaka suları ile daha tuzlu

olan Ege Denizi’nden gelen alt tabaka suları Marmara Denizi’ne ulaşarak iki tabaka meydana getirirler. İki tabaka arasında, derinliği mevsimlere göre değişen bir geçiş tabakası bulunur (Öztürk ve Şeker, 2021). Marmara Denizi’nin de içinde bulunduğu Marmara Havzası’nın alanı 23.385,25 km²’dir. Havza içerisinde; İstanbul, Kocaeli, Bursa, Yalova, Edirne, Kırklareli, Tekirdağ ve Balıkesir şehirleri yer almaktadır. Marmara havzasının içerisinde çok fazla organize sanayi bölgeleri, sanayi kuruluşları ve fabrikalar bulunmaktadır. Marmara Havzası içerisindeki yerleşim bölgelerinin katı atıkları da Marmara Denizi’ne atılmaktadır. İçişleri Bakanlığı 2019 verilerine göre Marmara Bölgesi’nin toplam nüfusu 25 milyon kişidir (Kam ve Yümün, 2021).

Marmara Denizi’ne atılan toplam kirlilik yükü Çizelge 2.1’de görülmektedir. Özellikle evsel atıklar ve derelerin oluşturduğu atıklar Marmara Denizi’ni kirleten baş faktörler olarak değerlendirilebilir. Marmara Denizi’ne

deşarj edilenlerin yanı sıra, Tuna Nehri'nin Karadeniz'e taşıdığı kirliliklerin yaklaşık %50'lik kısmı, boğaz üst akıntılarıyla Marmara Denizi'ne taşınmaktadır (OSB, 2013).

Marmara Denizi'nde oluşan bu deniz kirliliği ile birlikte deniz salyası oluşumları gözlemlenmektedir.

Çizelge 2.1. Marmara Denizi'ne atılan toplam kirlilik yükü (OSB, 2013).

Kaynak	AKM (kg/ gün)	BOİ (kg/ gün)	KOİ (kg/ gün)	TN (kg/ gün)	TP (kg/ gün)
Evsel	1341334	1184041	2755797	213493	60226
Endüstriyel	33277	34055	68366	3244	365
Dereler	858971	140033	599248	116902	41382
Toplam	2233582	1358129	3423411	333639	101973

AKM: Askıda katı madde, BOİ: Biyokimyasal oksijen ihtiyacı, KOİ: Kimyasal oksijen ihtiyacı, TN: Toplam azot, TP: Toplam fosfor

2.2 Müsilaj

Müsilaj veya deniz salyası; denizdeki biyolojik üretimin ilk adımını oluşturan fitoplankton adı verilen mikroskobik alglerin aşırı büyümesinin sonucudur. Kalın, mukus benzeri sümüksü tabaka çeşitli mikroorganizmalar içerir. Müsilaj vakaları öncesinde, genel olarak fitoplankton sayılarında belirgin artışlar, buna mukabil tür çeşitliliğinde azalma, salya başlangıcında ve süresince de bazı diatom ve dinoflagellat türlerinin sayılarında belirgin artışlar kaydedilmiştir (Tüfekci vd., 2010). Müsilaj yüzyıllardan beri Adriyatik Denizi'nde görülmektedir. İklim değişikliği ile birlikte sıcaklıklardaki artış, deniz yüzey su sıcaklığında gözlemlenen artışlar, mevsimsel düzensizlikler, durgun hidrolik koşullar ve deniz suyundaki tabakalaşma müsilaj oluşumunun başlıca sebepleri arasındadır. Marmara Denizi'nde müsilaj, iklim değişikliğiyle birlikte gelen düzensiz nüfus artışı ve bunun sonucu olarak gözlemlenen su kirliliğindeki artış Marmara Denizi'nde müsilaj görünme sıklığını ve müsilajın daha büyük alanlarda oluşmasına sebep olmuştur. Özellikle 2021 yılında Marmara Denizi'nde görülen müsilaj denizin dibine kadar ulaşmış çok geniş bir alana yayılarak durumun ciddiyetini artırmıştır.

2.3 Müsilaj ve meteorolojik değişkenler

Adriyatik ve Tiren Denizleri için yapılan çalışmalarda müsilaj oluşumunun genellikle alg üretimini hızlandıracak şartlar altında

oluştüğünü (Buzzelli vd., 1997; Urbani vd., 2005), uzun yıllara ait meteorolojik verilerin analizi sıcaklık anomalileri ile müsilaj arasında belirgin bir korelasyon olduğunu göstermiştir (Yılmaz, 2015).

Müsilaj oluşumunun meteorolojik değişkenlerle ilişkisini ortaya koymak için, daha önce yapılan çalışmalarda incelenen değişkenler sıcaklık, deniz yüzey suyu sıcaklığı ve rüzgârdır (Russo vd. 2005; De Lazzari vd. 2008). Dolayısıyla bu çalışmada da belirtilen değişkenler kullanılmıştır.

Tüm bu meteorolojik değişkenlerini müsilaj ile etkisini kavrayabilmek için anomali hesabının yapılması gerekmektedir. Anomali, bir değişkenin ilgili bölgenin için uzun dönem ortalama değerinden sapması olarak tanımlanmaktadır. Anomali hesabı için gereken denklem "Denklem (1)" olarak verilmiştir.

$$A(x) = U(x) - \mu(x) \quad (1)$$

Bu denklemde;

A(x): İstenilen meteorolojik değişken için anomali değeri.

U(x): Belirli bir zaman aralığı (saatlik, günlük, aylık vb.) için ölçülmüş olan meteorolojik değişkenin değeri.

$\mu(x)$: Meteorolojik değişkenin, uzun dönem (yaklaşık 30-50 sene) ortalamasının istenilen zaman aralığı için değeri.

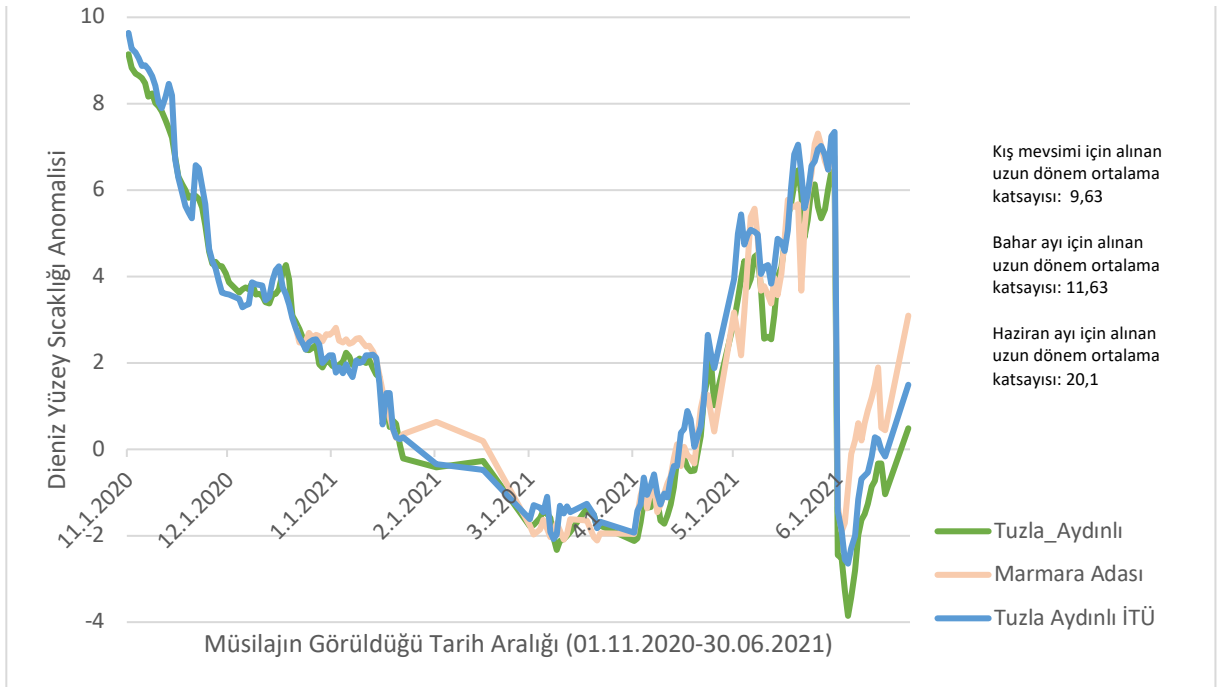
Sıcaklık anomalisinin “negatif(-)” bir değer çıkması, o zaman dilimindeki sıcaklığın, uzun dönem ortalama sıcaklık verisinden daha soğuk geçtiğini ifade etmekteyken, “pozitif(+)” bir değer çıkması halinde ise sıcaklığın ilgilenilen bölgeye ait uzun dönem sıcaklık ortalamasından daha sıcak geçtiğini ifade etmektedir.

Bu çalışmada 2021 yılında Marmara Denizi’nde görülen müsilaj olayı için analizler 01.11.2020- 22.06.2021 tarih aralığını kapsayacak şekilde yapılmıştır. Müsilaj olduğu dönemdeki meteorolojik olayların değişimini görmek için anomali değerleri incelenmiştir. Anomali hesabında; deniz suyu sıcaklığı veri setinin uzun dönem ortalaması MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü) sitesinden (URL-3) alınmıştır, günlük ortalama hava sıcaklığı için veriler 01.01.1991- 01.12.2021 dönemini; günlük ortalama rüzgâr şiddeti verileri ise 01.01.2005- 11.01.2021 dönemini kapsamaktadır. Müsilajın en yoğun olarak bulunduğu zaman dilimi 14.05.2021, 19.05.2021 ve 24.05.2021 olarak belirlenmiş olup bu dönemler meteorolojik olarak daha detaylı analiz edilmiştir.

3. Bulgular

3.1 Deniz suyu sıcaklığı

Müsilajın oluşumunda meteorolojik olarak en büyük etken deniz suyu sıcaklığıdır. Bu çalışmada, deniz suyu sıcaklık verileri için; Tuzla Aydınli Deniz Feneri, İTÜ Güney Mendirek Feneri ve Marmara Adası Barınak Ana Mendirek Feneri verilerinden yararlanılmıştır. Müsilaj olduğu dönemdeki deniz suyu sıcaklığı anomalisi Şekil 3.1’de gösterilmektedir. Marmara Denizi üzerinde müsilajın görüldüğü tarihlerdeki sıcaklık anomalisi değerlerine baktığımızda genel olarak pozitif anomali olduğu görülmektedir. Müsilajın yoğun olarak gözüktüğü zaman diliminde (Mayıs ayı) deniz yüzeyi sıcaklığının, uzun dönem ortalamasından çok daha sıcak geçtiği görülmektedir. Şekil 3’te 19 Mayıs, 27 Mayıs ve 30 Mayıs tarihleri sıcaklık anomalisinin en yüksek olduğu dönemler olarak tespit edilmiştir. Mayıs ayında deniz suyu sıcaklığının mevsim normallerinden yüksek olması ve geçmiş 2007-2008 yıllarında Marmara Denizi’nde yapılmış olan analizlerle birlikte incelendiğinde müsilajın deniz yüzeyi sıcaklığı ile doğrudan bir ilişkisi olduğu söylenebilir.

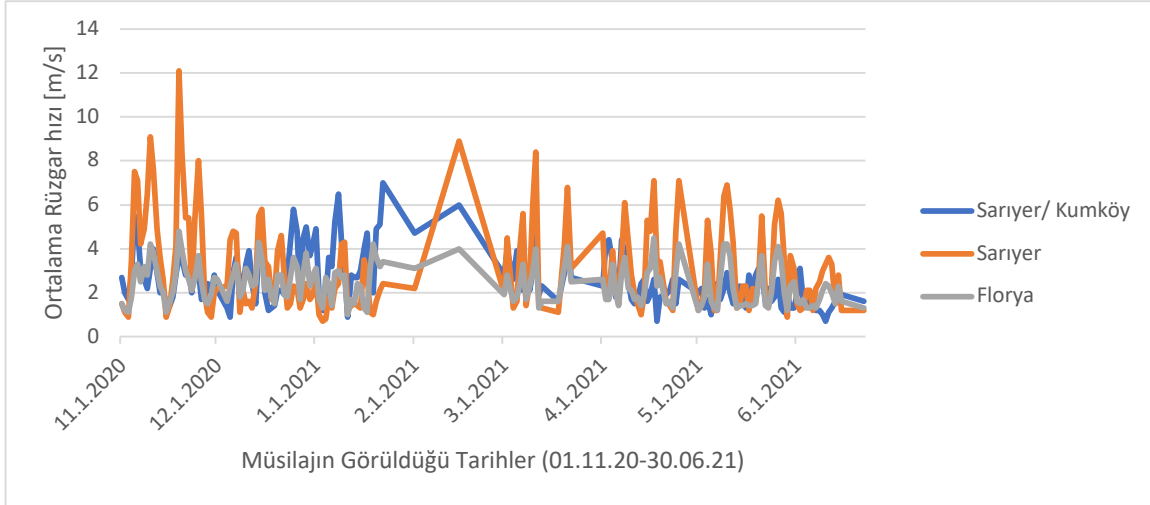


Şekil 3.1. Müsilaj döneminde Marmara Denizi’ndeki üç istasyonun mevsimsel ortalama kullanılarak hesaplanmış anomali grafiği.

3.2 Rüzgâr şiddeti

Müsilaj, meteorolojik olarak incelendiğinde yalnızca deniz yüzey su sıcaklığına bakmak yetersizdir. Bundan dolayı Sarıyer/ Kumköy, Sarıyer ve Florya istasyonlarına ait günlük ortalama rüzgâr hızları analiz edilmiştir. Mayıs ayında deniz suyu sıcaklıklarında süreklilik gösteren bir artış ve pozitif sıcaklık anomalisinin yanında ortalama rüzgâr hızında

da düşüş gözlemlenmiştir (Şekil 3.2). Şekil 3.2’de görüleceği üzere 5-8 Mayıs, 13-19 Mayıs, 22-24 Mayıs ve 28-31 Mayıs tarihlerinde ortalama rüzgâr hızı 1,0 - 2,5 m/s aralığında değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Bu aralıkta rüzgâr şiddeti değerleri sakin ve esinti olarak ele alınmaktadır. Rüzgâr hızının düşük olması müsilajın belirli bir alanda birikimini kolaylaştıracaktır.

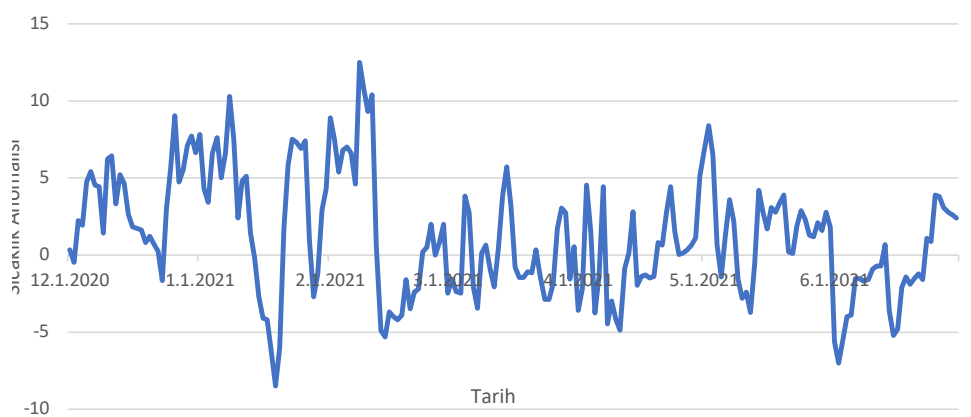


Şekil 3.2. Müsilaj dönemi boyunca günlük ortalama rüzgâr şiddeti değerleri

3.3 Hava sıcaklığı

Bu çalışmada; müsilaj görülen tarihleri (01.11.2020- 30.06.2021) kapsayacak şekilde ortalama hava sıcaklığı verisinin anomalisi aylık olarak Sarıyer/Kumköy istasyonu için hesaplanmış ve grafik olarak gösterilmiştir (Şekil 3.3). Genel olarak grafiğe bakıldığında, 2020 Aralık ve 2021 Ocak aylarındaki sıcaklıkların genelde ortalamadan oldukça yüksek olduğu söylenebilir. Şubat, Mart ve Nisan 2021 döneminde hem pozitif hem de negatif

sıcaklık anomalisi gözlemlenmiştir. Müsilajın en şiddetli gözlemlendiği Mayıs ayı incelendiğinde, 5 Mayıs ve 9-13 Mayıs tarihleri harici diğer müsilajın şiddetli olarak görüldüğü tüm tarihlerde günlük ortalama sıcaklık mevsim normallerin üstünde gözükmemektedir (pozitif sıcaklık anomalisi). En yüksek sıcaklık anomalisi 2 Mayıs tarihinde kaydedilmiş olup mevsim normallerinden yaklaşık 8,2 °C üstünde seyretmiştir.



Şekil 3.3. Müsilaj dönemi için sıcaklık anomalisi.

4. Sonuç ve Öneriler

Müsilaj; biyolojik ve kimyasal koşulların bir araya gelmesiyle oluşan, fitoplankton adlı canlının aşırı çoğalmasıyla birlikte deniz sıcaklığının yükselmesi ve buna bağlı olarak bakteriyel faaliyetlerin artışıyla oluşan sümüksü yapıya verilen addır (Kam, ve Yümün, 2021). Bu madde deniz yüzeyini kaplayarak yüzeyin ışınım geçirgenliğini (albedo) etkiler. Güneşten gelen kısa dalga boylu ışınımın büyük bir kısmı deniz yüzeyinde oluşan bu madde yüzünden absorblanır, saçılır ve küçük bir kısmı denizin alt tabakalarına ulaşarak deniz dibinde yaşayan canlılara ulaşabilir.

Marmara Denizi'nde ve diğer denizlerde bazı dönemlerde deniz salyası (müsilaj) ortaya çıkmaktadır. 2021 yılının ilkbahar ve yaz mevsimlerinde, Marmara Denizi'nde en büyük ve en yoğun müsilaj olayı gerçekleşmiştir (Kam ve Yümün 2021).

Bu çalışmada, belirtilen dönemde özellikle müsilajın en yoğun olduğu Mayıs 2021 döneminde meteorolojik şartların ve deniz suyu sıcaklığının durumu incelenmiştir.

Müsilajın yoğun olarak gözlemlendiği zaman diliminde (Mayıs ayı) deniz yüzeyi sıcaklığının, uzun dönem ortalamasından çok daha sıcak geçtiği tespit edilmiştir. 19 Mayıs, 27 Mayıs ve 30 Mayıs tarihlerinde sıcaklık anomalisinin en yüksek olduğu zaman olarak gözükmektedir. Mayıs ayında deniz suyu

sıcaklığının mevsim normallerinden yüksek olması ve geçmiş 2007-2008 yıllarında Marmara Denizi'nde yapılmış olan analizlerle birlikte incelendiğinde müsilajın deniz yüzeyi sıcaklığı ile doğrudan bir ilişkisi olduğu söylenebilir.

Mayıs ayında deniz suyu sıcaklıklarında süreklilik gösteren bir artış ve pozitif sıcaklık anomalisinin yanında ortalama rüzgâr hızında da düşüş gözlemlenmiştir. 5-8 Mayıs, 13-19 Mayıs, 22-24 Mayıs ve 28-31 Mayıs tarihlerinde ortalama rüzgâr hızı 1,0-2,5 m/s aralığında değişkenlik gösterdiği gözükmektedir. Bu aralıkta rüzgâr şiddeti değerleri sakin ve esinti olarak ele alınmaktadır. Rüzgâr hızının düşük olması deniz salyasının belirli bir alanda birikimini kolaylaştıracaktır.

Günlük ortalama sıcaklık değerleri incelendiğinde, 5 Mayıs ve 9-13 Mayıs tarihleri harici diğer müsilajın şiddetli olarak görüldüğü tüm tarihlerde günlük ortalama sıcaklık mevsim normallerin üstünde gözükmektedir (pozitif anomali). En yüksek anomali 2 Mayıs tarihinde kaydedilmiş olup mevsim normallerinden yaklaşık 8,2 °C üstünde seyretmiştir.

Bu çalışma meteorolojik değişkenlerin Marmara Denizi'nde müsilaj oluşumuna ait ilk çalışmadır. Veri süresinin artırılması ve deniz kirliliği ve tuzluluk verilerinin de temini ile daha detaylı yapılacak çalışmalar karar vericilere yol gösterecektir.

Kaynakça

- Allredge AL., Silver MW. (1988). Characteristics, Dynamics and significance of marine snow, *Progress in Oceanography*, 20, 41-82. doi:10.1016/S0278-4343(97)00009-5.
- Altıok H., Dökümcü K., Mutlu S., Öztürk İD., Ediger D., Yüksek A. (2021). İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi'nde İklim Değişikliği Göstergeleri, Eds. Salihoğlu, B., Öztürk, B. (Ed.) 2021. İklim Değişikliği ve Türkiye Denizleri Üzerine Etkileri, *Türk Deniz Araştırmaları Vakfı (TÜDAV) Yayın no: 60, s48-62. İstanbul, Türkiye.*
- Buzzelli E., Gianna R., Marchori E., Bruno M. (1997). Influence of nutrient factors on production of mucilage by *Amphora coffeaeformis* var. *Perpusilla*, *Continental Shelf Research*. 17, 1171-1180. doi:10.1016/S0278-4343(97)00009-5.
- Danovaro R., Umani SF., Pusceddu A. (2009). Climate change and the potential spreading of marine mucilage and microbial pathogens in the mediterranean sea, *PLoS ONE*, 4(9). doi: 10.1371/journal.pone.0007006
- De Lazzari, A., Berto, D., Cassin, D., Boldrin, A., Gianni, M. (2008). Influence of winds and oceanographic conditions on the mucilage aggregation in the Northern Adriatic Sea in 2003-2006, *Marine Ecology*, 29(4), 469-482.
- Edwards E. (2016). Impacts and effects of ocean warming on plankton. Explaining ocean warming: Causes, scale, effects and consequences (ss. 75-86). Ed. Laffoley, D., Baxter, J.M. Gland, Switzerland: IUCN.
- Fonda Umani S., Ghirardelli E., Specchi M. (1989). Gli episodi di "mare sporco" nell'Adriatico dal 1729 ai giorni nostri. Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia. *Direzione Regionale dell'Ambiente*, 178s.

- Kam E., Yümün ZÜ. (2021). Marmara Denizi'nde Müsilaj Sorunu ve Çözüm Yöntemleri, *Turkish Academy of Sciences*
- MGM (2019). www.mgm.gov.tr. Alındığı tarih: 01.06.2022
- Negro PD., Crevatin E., Larato C., Ferrari C., Totti C., Pompei M., Giani M., Berto D., Umani, SF. (2005). Mucilage microcosms, *Science of the Total Environment*, 353; 258-269.
- NOAA (2019). <https://www.ncei.noaa.gov/>. Alındığı tarih: 01.06.2022
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı (OSB), (2013). Su Yönetimi Daire Başkanlığı, Marmara Denizi kirlilik raporu.
- Öztürk İ., Şeker M. (2021). Marmara Deniz Ekolojisi; Deniz Salyasının Oluşumu, Etkileşimleri ve Çözüm Önerileri, *Turkish Academy of Sciences*.
- Russo A., Maccaferri S., Djakovac T., Precali R., Degobbi D., Deserti M., Paschini E., Lyons, D. M. (2005). Meteorological and oceanographic conditions in the northern Adriatic Sea during the period June 1999–July 2002: Influence on the mucilage phenomenon, *Science of The Total Environment*, 353(1-3), 24-38. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.09.058>
- Tüfekci V., Balkis N., Polat Beken Ç., Ediger D., Mantikci, M. (2010). Phytoplankton composition and environmental conditions of a mucilage event in the Sea of Marmara, *Turkish Journal of Biology*, 34, 199-210.
- Urbani R., Magaletti E., Sist P., Cicero, AM. (2005). Extracellular carbohydrates released by the marine diatoms *Cylindrotheca closterium*, *Thalassiosira pseudonana* and *Skeletonema costatum*: effect of P-depletion and growth status, *Science of the Total Environment*. 353, 300–306. doi:10.1016/j.scitotenv.2005.09.026
- Yılmaz İN. (2015). Collapse of zooplankton stocks during *Liriope tetraphylla* (Hydromedusa) blooms and dense mucilaginous aggregations in a thermohaline stratified basin, *Marine Ecology*, 36, 595-610. doi:10.1111/maec.12166
- URL-1, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=K>, (Erişim tarihi: 11.11.2021).