



Denizlerde Müsilaj Olayının Tespitine Yönelik Optik Tanımlayıcı Motifin Belirlenmesi

Identification of Optical Signiture for determination of Mucilage Events in Marine Waters

Atilla Hüsnü Eronat *^{ID}

Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, İzmir, TÜRKİYE
Sorumlu Yazar / Corresponding Author *: husun.eronat@deu.edu.tr

Geliş Tarihi / Received: 11.03.2022

Kabul Tarihi / Accepted: 05.04.2022

Atıf şekli / How to cite: ERONAT,A.H.(2022). Denizlerde Müsilaj Olayının Tespitine Yönelik Optik Tanımlayıcı Motifin Belirlenmesi. DEÜ FMD 24(72), 953-958.

Araştırma Makalesi/Research Article

DOI:10.21205/deufmd.2022247223

Öz

Musilaj olayı denizlerin ekosisteminde önemli değişiklikler oluşturmakta ve özellikle canlılık için önemli tehditler oluşturmaktadır. Oluşturduğu bu önemli etkiler göz önünde bulundurulduğunda musilaj olayının mekansal ve zamansal oluşumunu hızlı şekilde tespit ve takip etmek önem kazanmaktadır. Bu çalışmada, musilaj olayının gerçekleştiği deniz alanlarının hızlı tespitine yönelik olarak atmosfer üstü sudan çıkan radyans reflektans değerleri üzerinde oluşturduğu optik olarak tanımlayıcı motif tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bulgular, musilaj olayının gözlemlendiği deniz alanlarının diğer alanlara göre on ila yedi kat arasında daha yüksek atmosfer üstü sudan çıkan radyans reflektans değerlerine ulaştığı tespit edilmiştir. İstatistiki olarak anlamlı bu farkın optik tanımlayıcı motifi olarak tanımlanması mümkün olmuştur. Ortaya koyulan bu motifin gerek musilaj olayının erken tespiti, gerekse ulusal izleme sistemi oluşturmak konusunda önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir

Anahtar Kelimeler: Musilaj, optik olarak tanımlayıcı motif, Marmara Denizi, izleme sistemi

Abstract

When mucilage, which is a thick gluey substance secreted by plants, is found in an extensive amount it can be defined as a threat for living organisms, as well as, having a serious impact on marine ecosystem. In respect to these serious impacts, the determination and monitoring of spatio-temporal mechanisms of mucilage creates an important responsibility. In this study, it is aimed to determine an optical signature of water leaving radiance in the top atmosphere of water for mucilage in order to provide a tool for rapid determination of its spatial distribution. Findings showed that values in water leaving radiance in the uppermost atmosphere are ten to seven times higher in mucilage areas than in non-mucilage areas. This difference is statistically significant, therefore, it was possible to determine an optical signature for the mucilage occurrence. As a result, this study identified an optical signature for the mucilage accumulation that will contribute to rapid determination, as well as, constructing a national monitoring system for of mucilage events.

Keywords: Mucilage, optical signiture, the Marmara Sea, monitoring system

1. Giriş

Son 70 yılda uzaktan algılama sistemleri denizel çevrenin karakterizasyonundaki potansiyelini ve etkinliğini kanıtlamış olup [1-2] son yıllardaki ücretsiz görüntü sağlama servisleri de (ESA Sciencehub) akademisyenlerin ve ilgili grupların çevresel anomalileri izlemelerine veya tanımlamalarını sağlamıştır [3]. Kıyısız alanlardaki yoğun endüstriyel, tarımsal ve/veya kentsel faaliyetler sonucu ve ayrıca iklim değişikliğinin etkileride tehlikeli alg patlamaları gibi çevresel anomalilerin gözlem sıklığını arttırmıştır. Bu sebeplerden kaynaklı su kalitesindeki anomalilikleri ve alg patlamalarını tespit etmek için uzaktan algılama yöntemleri in situ örnekleme ile, etkin, hesaplı ve güvenilir bir araçtır [4].

İklim değişikliği ve antropolojik baskılardan ötürü dünyada planktonik ve bentik alg patlama olaylarının gün geçtikçe sıklığı ve şiddeti artmıştır [5 ve referansları, 3]. Yaygın olarak mülaj olarak bilinen bu olay, artan planktonik faaliyetlerin çıktısı olan biyolojik salgıların birikiminin su katmanında yaygın tek parça katmalar oluşturmasıdır [6, 3]. Su içindeki küçük makropartüküllerin (0,5-5 cm) birleşimi sonucu su kolonunda çökmesi olayı yıl boyunca yaygın ve değişken miktarlarda görülebilirken büyük parçaların oluştuğunun görülmesi sadece mülaj olayında görülür [4]. Mülaj olayı, etkili olduğu alanda oksijensiz bir ortam oluşturarak fiziksel ve kimyasal parametreleri değiştirir tür ve habitatlara zarar vererek popülasyon kaybına, sonucu olarak balıkçılar açısından ekonomik kayıplara ve turizmi baltalama gibi uzun ve geniş etkilere sahiptir [7-8].

2021 yılının bahar başında Marmara Denizi'nde başlayan ve etrafındaki denizleride etkilemiş olan mülaj olayı denizel alanda mülajın ne kadar hızlı ve uzun etkili olabileceğini göstermiştir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda mülaj olayı sırasındaki plankton kompozisyonu, ekolojik ve ekonomik anlamdaki etkileri, çözüm önerileri ve tespit etme yöntemlerine odaklanılmıştır [3-4, 8-10].

2. Materyal ve Metot

Çalışmada kullanılan Sentinel-2 uydu görüntüleri <https://scihub.copernicus.eu/dhus/> sitesinden ücretsiz olarak indirilmiştir ve görüntülerle ilgili bilgi Avrupa Uzay Ajansı

internet sitesinden (<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/mission/s/sentinel-2>) ulaşılabilmektedir. Ayrıca, sensöre ait band özellikleri Tablo 1'de sunulmuştur. Sensörün görüntü özellikleri kullanılarak Marmara Denizindeki mülajın optik tanımlayıcı motifi en az masraflı ve en kolay uygulamalarla tanımlanmıştır. Kullanılan görüntüler 5 Mayıs- 26 Haziran 2021 zaman aralığını ve Marmara Denizi nin Doğusunu (Yalova açıkları ve Gemlik Körfezi (Şekil 1)) kapsar. Bu zaman aralığındaki görüntüler içinden bulutluluk oranı en düşük ve mülaj dağılımının en belirgin olanları seçilmiştir.

Görüntüler önce Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından ücretsiz olarak dağıtılan (<https://step.esa.int/main/download/snap-download/>) SNAP 8.0 yazılımına import edilmiş, yeniden örneklenerek 10 m çözümlenmeye çevrilmiş ve daha sonraki uygulamalarda zaman faktörü düşünülerek alt çalışma alanları kesilmiştir.

Bu alt alanların herbirine SNAP programının atmosferik düzeltme de yapan C2RCC (The Case 2 Regional CoastColour) algoritmaları uygulanmıştır. C2RCC kullanılarak; doğal optik özellikler (kalıtsal optik özellikler olarak da adlandırılır), farklı bileşenlerin absorpsiyonu ve saçılması; optik olarak, ilgili üç ana konsantrasyon, yani fitoplankton pigmentleri, toplam asılı madde ve sarı madde; ve bunlarla ilgili belirsizlikler gibi ürünler üretilebilir.

Elde edilen algoritma ürünleri teker teker incelenmiş, mülaj olayında başarılı sonuç verdiği tespit edilen atmosfer üstü sudan çıkan radyans reflektansının spektral değişkenleri mülaj olayına karşılık gelen bölgelerde ve mülaj gözlemlenmeyen bölgelerde (referans bölge) olmak üzere gruplanarak incelenmiştir. Her bir spektral banda ait piksel değerleri ayrı veri girişi olarak kabul edilmiş ve ilgili spektral banda ait reflektans değeri dağılımları ortaya koyulmuştur. Elde edilen iki bölgeye ait veri setlerinde optik tanımlayıcı motifi ortaya koyulması için sırasıyla ortalama, standart sapma, en büyük ve en küçük değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca iki bölge arasındaki motiflerin anlamlı farklılığa sahip olup olmadığını test etmek amacıyla Welch's iki yönlü bağımsız örnekleme t-testi uygulanmıştır.

Tablo 1. Sentinel-2 uydusuna ait sensörün band spektral özellikleri

Band	Çözünürlük	Bantd orta noktası	Tanım
B1	60 m	443 nm	Aşırı mavi
B2	10 m	490 nm	Mavi
B3	10 m	560 nm	Yeşil
B4	10 m	665 nm	Kırmızı
B5	20 m	705 nm	Görünür ve yakın infrared
B6	20 m	740 nm	Görünür ve yakın infrared
B7	20 m	783 nm	Görünür ve yakın infrared
B8	10 m	842 nm	Görünür ve yakın infrared
B8a	20 m	865 nm	Görünür ve yakın infrared
B9	60 m	940 nm	Kısa dalga boyu infrared
B10	60 m	1375 nm	Short Wave Infrared (SWIR)
B11	20 m	1610 nm	Short Wave Infrared (SWIR)
B12	20 m	2190 nm	Short Wave Infrared (SWIR)

**Şekil 1.** Gemlik Körfezi Müsilaj Dağılımı

3. Bulgular

Çalışmada yedi farklı güne ait elde edilen uydu görüntüsünden türetilmek üzere spektrumun 443 nm bölgesinden 864 nm bölgesine kadar dağılım gösteren dokuz band bölgesinin her birine ait toplamda 203077 piksel karşılaştırma ve optik tanımlayıcı motif ortaya koymak amacıyla incelenmiştir.

Bulgular görünür spektral bölgenin tamamında musilaj olayının gözlemlendiği ve gözlemlenmediği bölgeler arasında anlamlı farklılık olduğunu ortaya koymuştur ($p < 0.0001$).

Her bir band bölgesine ait Welch's iki yönlü bağımsız örneklem t-testi skorları ve p değeri anlamlılık seviyeleri Tablo 2'de sunulmuştur.

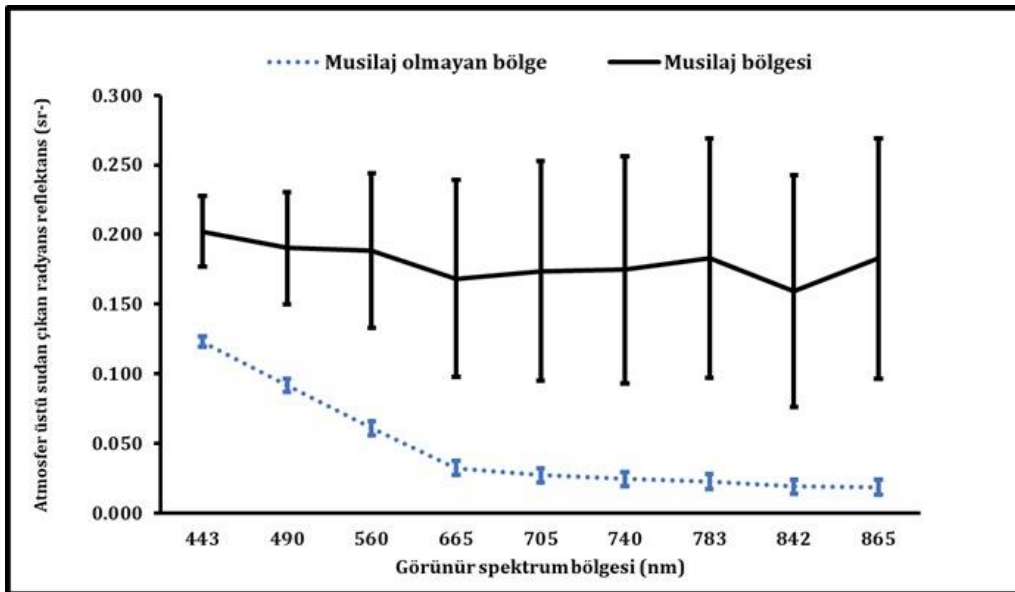
Tüm bölgeler göz önüne alındığında spektral band bölgeleri arasında en yüksek atmosfer üstü sudan çıkan radyans reflektans değeri 443 nm band bölgesinde tespit edilmiştir. En düşük değerler ise musilaj olan alanlarda 842 nm bölgesinde ve musilaj olmayan alanlarda 842 ve 865 nm bölgelerinde olmak üzere farklılık göstermiştir. Musilaj olayının belirleyicisi olan fitoplankton grupları için ön plana çıkan 440 nm ve 676 nm değişkenlerini temsilen yapılan

Tablo 2. Karşılaştırmada kullanılan her bir band bölgesine Welch's iki yönlü bağımsız örneklem t-testi skorları

	Görünür spektrumdaki band bölgeleri								
	443	490	560	665	705	740	783	842	865
t skoru	1447.09	1152.09	1083.31	910.18	878.69	874.68	882.43	799.55	898.81
p değeri	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Tablo 3. Karşılaştırmada kullanılan her bir band bölgesine ait ortalama, standart (std.) sapma, en yüksek ve en düşük değerleri

		Görünür spektrumdaki band bölgeleri								
		443	490	560	665	705	740	783	842	865
Musilaj olmayan bölge	ortalama	0.123	0.092	0.061	0.032	0.028	0.025	0.023	0.019	0.019
	std. sapma	0.004	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.006	0.005	0.006
	en yüksek	0.141	0.119	0.090	0.064	0.060	0.060	0.057	0.052	0.059
	en düşük	0.112	0.080	0.051	0.024	0.019	0.017	0.014	0.011	0.011
Musilaj bölgesi	ortalama	0.202	0.190	0.189	0.168	0.174	0.175	0.183	0.160	0.183
	std. sapma	0.026	0.040	0.056	0.071	0.079	0.081	0.086	0.083	0.086
	en yüksek	0.358	0.505	0.527	0.585	0.539	0.553	0.624	0.661	0.638
	en düşük	0.131	0.092	0.070	0.037	0.045	0.042	0.044	0.025	0.039

**Şekil 2.** Karşılaştırma bölgelerine ait görünür spektrumda ortalama değer ve standart sapma dağılımları

spektral kıyaslamalarda musilaj olmayan şekilde düşük atmosfer üstü sudan çıkan radyans reflektans değerlerine sahip olduğu bölgelerin musilaj olan bölgelere kıyasla anlamlı radyans reflektans değerlerine sahip olduğu

tespit edilmiştir. Yapılan kıyaslama musilaj olmayan bölgede 443 nm bölgesinin ortalama atmosfer üstü sudan çıkan radyans reflektans değerlerinin 0.123 sr olduğunu ortaya koyarken, musilaj bölgesinde bu değer 0.202 sr değerlerine çıktığını göstermiştir. Benzer şekilde, 665 nm spektral band bölgesinde musilaj olmayan bölge ilgili değişken için 0.032 sr değeri tespit edilmişken, bu değer musilaj olan bölge için 0.168 sr olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, biyojenik partiküller için reflektansın en yoğun olduğu 560 nm band bölgesinde bile iki bölge arası farkın yaklaşık 3 kat olduğu belirlenmiştir ($p < 0.0001$). Musilaj olmayan bölgelerin ortalama değeri 0.061 sr olarak tespit edilmişken, bu değer musilaj olan bölgelerde 0.189 ortalama değerine yükseldiği belirlenmiştir. Musilaj olan ve olmayan bölgelerin optik tanımlayıcı motiflerini belirleme amacıyla görünür spektruma ait dokuz banda ait ortalama, standart sapma, en yüksek ve en düşük değer dağılımları Tablo 3'te karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Ayrıca, bölgelere ait ortalama değerlerin spektral bölge motifleri karşılaştırmalı olarak Şekil 2'de sunulmuştur.

4. Tartışma ve Sonuç

Musilaj olayı, Marmara Denizi'nde bilinen bir hadise olmasıyla birlikte, dünyanın farklı denizlerinde gerçekleştiği bildirilmiştir [11]. Akdenizde musilaj olayının varlığı ise 18. yüzyıldan bu yana rapor edilmektedir [12]. Bunun yanında son yıllarda musilaj olayının oldukça sık rapor edilir bir dinamik kazandığı da bilinmektedir [6]. Musilaj olayının gerçekleşmesi sonrasında meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişimler, deniz suyunun yapısını değiştirmenin yanında habitat değişikliği, biotanın ciddi etkilenmesi gibi etkilere de sahiptir. Artan musilaj olayları ve denizel ekosisteme etkisi bir arada değerlendirildiğinde, musilaj olayının hızlı tespiti ve takibin yapılmasını mümkün kılacak pratik ve verimli bir izleme sisteminin tasarlanması önem taşımaktadır. Musilaj olayının optik olarak anlaşılması ve uydu teknolojisiyle birlikte kullanımı bu konuda önemli açılımlarda biri olacaktır. Bu çalışma kapsamında sunulan

optik tanımlayıcı motif bu açıdan önemli bir boşluk doldurmaktadır.

Denizel ekosistemde ciddi değişikliklere sebep olan musilaj olayının meydana getirdiği farklı disiplinlerdeki etkiler detaylı şekilde çalışılmıştır [7 ve içerisindeki kaynaklar]. Bu duruma ek olarak, Marmara Denizi'nde optik açıdan musilaj hadisesini değerlendirilen çalışmalar da mevcuttur [3]. Bununla birlikte, bu çalışmalar musilajın hızlı tespitine ve izlenmesine imkan kılacak bir sistem üzerine odaklanmamıştır. Bu çalışma, musilaj olayının optik tanımlayıcı motifini ortaya koymakla birlikte, halihazırda halk kullanımına açık görüntülerin işlenmesi ile elde edilecek pratik bir yaklaşım geliştirmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan Sentinel-2 sensörüne ait görüntüler, gerek atmosferi düzeltme, gerekse su yüzeyinde geçerli güvenilirlik ve doğruluk özelliklerine sahip algoritmalarla sahiptir (detaylı bilgi için <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi/products-algorithms>). Bu algoritmalar performanslı çalışmanın yanında zaman serisi analiz ve hızlı tespit sistemi gibi çoklu kullanıma uygun maliyet yapısına sahiptirler. Bu açıdan değerlendirildiğinde bu çalışmanın sonuçları müdahale için zaman ve mekana bağlı değişikliklerin izlenmesi konusunda ulusal izleme sistemi geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak, atmosfer üstü sudan çıkan radyans reflektansın görünür band üzerinde incelenmesi ve mekansal değişiminin musilaj hadisesine bağlı karşılaştırılması sonucunda, musilaj olayının atmosfer üstü sudan çıkan radyans reflektans değerlerini normal durumdaki deniz suyuna göre istatistiksel olarak anlamlı olacak şekilde on ile yedi kat arasında arttırdığı tespit edilmiş, musilaj durumunu tanımlayan spektral değer dağılımları musilajın optik tanımlayıcı motifleri olarak tanımlanmış ve ortaya koyulmuştur. Ortaya koyulan bu motifin gerek musilaj hadisesinin erken tespiti, gerekse ulusal izleme sistemi oluşturmak konusunda önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

Kaynakça

- [1] Brewington, L., Frizzelle, B. G., Walsh, S. J., Mena, C. F., Sampedro, C. 2014. Remote Sensing Of The Marine Environment: Challenges And Opportunities In The

Galapagos Islands Of Ecuador. In J. Denking, L. Vinuesa (Eds.), The Galapagos Marine Reserve. Social And Ecological Interactions In The Galapagos Islands. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-02769-2_6

- [2] Cracknell, A. P., Newcombe, S. K., Black, A. F., Kirby, N. E. 2001. The ABDMAP (Algal Bloom Detection, Monitoring And Prediction) Concerted Action. *International Journal Of Remote Sensing*, 22(2-3), 205-247. <https://doi.org/10.1080/014311601449916>
- [3] Kavzoğlu, T., Çölkesen, İ., Sefercik, U. G., Öztürk, M. Y. 2021. Marmara Denizi'ndeki Müsilaj Oluşumlarının Çok Zamanlı Optik Ve Termal Uydu Görüntülerinden Makine Öğrenme Algoritması İle Tespiti Ve Analizi. *Harita Dergisi*, 166, 1-9.
- [4] Yagci, A. L., Colkesen, I., Kavzoglu, T., Sefercik, U. G. 2022. Daily Monitoring Of Marine Mucilage Using The MODIS Products: A Case Study Of 2021 Mucilage Bloom In The Sea Of Marmara, Turkey. *Environmental Monitoring And Assessment*, 194(3), 1-20.
- [5] Aktan, Y., Topaloğlu, B. 2011. First Record Of *Chrysophaeum Taylorii* Lewis Bryan And Their Benthic Mucilaginous Aggregates In The Aegean Sea (Eastern Mediterranean). *J. Black Sea/Medit. Environ*, 17(2), 159-170.
- [6] Precali, R., Giani, M., Marini, M., Grilli, F., Ferrari, C. R., Pečar, O., Paschini, E. (2005). Mucilaginous Aggregates In The Northern Adriatic In The Period 1999-2002: Typology And Distribution. *Science Of The Total Environment*, 353(1-3), 10-23. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.09.066>
- [7] Ergul, H. A., Balkis-Ozdelice, N., Koral, M., Aksan, S., Durmus, T., Kaya, M., ... Canli, O. (2021). The Early Stage Of Mucilage Formation In The Marmara Sea During Spring 2021. *Journal Of The Black Sea/Mediterranean Environment*, 27(2).
- [8] Kalkavan, C. (2021). The Current Impact Of Mucilage On Tourism And Underwater Cultural Heritage In The Marmara Region. *Journal Of The Black Sea/Mediterranean Environment*, 27(2), 258-269.
- [9] Şeker, M., Öztürk, İ (2021): Deniz Salyası Oluşumu, Etkileşimleri Ve Çözüm Önerileri, Tüba Basın Yayın, Ankara, Pp.163-183, 2021
- [10] Eren, Z., (2021). The Relationship Of Harmful Algae Bloom And Mucilage Outbreak In The Sea Of Marmara, *Journal Of Environmental And Natural Studies*, Volume, 3, Issue 2, Pages:182-192. DOI: 10.53472/jenas.985310
- [11] 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 Ambiente (Ed.). Pp 178.
- [12] 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. doi:10.1371/journal.pone.0007006