

Sayı : E-70786921-105.99-211186
Marmara Denizi Eylem Planı Bilim
Konu : ve Teknik Kurulu İhtiyaçlar ve
Çözüm Önerileri Raporu

MARMARA BELEDİYELER BİRLİĞİNE

Marmara Belediyeler Birliği Marmara Denizi Eylem Planı Bilim ve Teknik Kurulu tarafından hazırlanan "Marmara Denizi Eylem Planı Bilim ve Teknik Kurulu İhtiyaçlar ve Çözüm Önerileri Raporu" ve Rapor'da "Ön Plana Çıkan Hususlar"a ilişkin çalışmalar Ek'te sunulmaktadır.

Bilgilerinizi saygılarımla rica ederim.

Prof. Dr. Hasan MANDAL
Başkan

Ek:

- 1- Marmara Denizi Eylem Planı Bilim ve Teknik Kurulu İhtiyaçlar ve Çözüm Önerileri Raporu
- 2- Marmara Denizi Eylem Planı Bilim ve Teknik Kurulu İhtiyaçlar ve Çözüm Önerileri Raporu Ön Plana Çıkan Hususlar

Bu belge elektronik olarak imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu :BSUL0KMTFT

Belge Takip Adresi :
<https://turkiye.gov.tr/ebd?eK=5445&eD=BSUL0KMTFT&eS=211186>

Adres:Atatürk Bulvarı No:221 06100 Kavaklıdere Ankara
Telefon:(0 312) 468 53 00 Faks:(0 312) 427 74 89
e-Posta:tubimer@tubitak.gov.tr Web:www.tubitak.gov.tr
Kep Adresi:tubitak.baskanlik@tubitak.hs03.kep.tr

Bilgi için: Sümeyra Kara
Unvanı: Bilimsel Programlar Başuzmanı
Tel No: 3122981075



Marmara Belediyeler Birliği
Marmara Denizi Eylem Planı
Bilim ve Teknik Kurulu

İhtiyaçlar ve Çözüm Önerileri Raporu

Aralık 2021

Hizmete Özel

Özet

İklim değişikliğinin gelecekteki olası endişe verici yansımalarının Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli tarafından vurgulanmasıyla, dünya genelinde çevresel riskler geçmiş dönemlere göre daha fazla görünür hale gelmiştir.¹ Dünya Ekonomik Forumu'nun 2021 yılı Küresel Risk Raporu'nda küresel risklere ilişkin gerçekleştirilen analiz kapsamındaki etki ve olasılık matrisinde, en yüksek etkiye sahip ve en yüksek olasılıklı olduğu değerlendirilen risklerin çoğunluğunun çevresel riskler olduğu görülmektedir.²

Su kaynaklarının iklim düzenleme döngüsünde temel bir rol oynaması nedeniyle, denizlerdeki gelişmeler ve su ekosistemlerinin korunması çevreyi korumanın temel taşlarından biridir. Ülkemizde son dönemde Marmara Denizi'nde iklim değişikliği etkisiyle birlikte artan sıcaklık, deniz suyundaki durağanlık ve azot-fosfor artışına bağlı olarak ortaya çıkan ve doğal yaşamı etkileyen bir müsilaj sorunu görülmeye başlanmıştır. Marmara Bölgesi'nde yaşayan 26 milyon insanın hayatını doğrudan etkileyen müsilaj sorunu, sebep olduğu olumsuz etkileri nedeniyle ülkemizin ihtiyaç duyduğu öncelikli konulardan biri olarak ele alınan önemli bir çevre sorunudur.

Deniz ekosistemi içerisinde yer alan doğal dengeleri olumsuz etkileyen çeşitli unsurlar bulunmakta olup, bunların sinerjistik etkileri müsilaj sorununun ortaya çıkmasına ve sıklığının giderek artmasına neden olmaktadır.³ Müsilaj sorununun çözümünde Marmara Denizi'nde ekosistemin sürdürülebilirliğinin sağlanması önem arz etmektedir. Bu nedenle bu sorunun çözümü uzun vadeli bir bakış açısı gerektirmektedir. Sorunun çevresel boyutunun yanı sıra ticaret, halk sağlığı, balıkçılık, deniz taşımacılığı ve turizm dahil olmak üzere farklı alanları etkileyen boyutları da bulunmaktadır.

Deniz kirliliğinin giderilmesi amacıyla T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı koordinasyonunda Marmara Denizi Havzası'nda yer alan valilikler, yerel yönetimler, ilgili kurum ve kuruluşlar, sivil toplum kuruluşları ve akademisyenlerin katılımıyla 6 Haziran 2021 tarihinde yirmi iki maddeden oluşan Marmara Denizi Eylem Planı oluşturulmuş ve kamuoyu ile paylaşılmıştır. Söz konusu eylem planınının 1. maddesi gereğince Marmara Bölgesi'nde kirliliğin azaltılması ve izleme çalışmalarının yürütülmesi amacıyla; T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, ilgili kurum ve kuruluşlar, üniversiteler, sanayi odaları ve STK'lardan müteşekkil Koordinasyon Kurulu; **Marmara Belediyeler Birliği (MBB) bünyesinde ise Bilim ve Teknik Kurulu oluşturulması kararlaştırılmıştır.** Bu madde uyarınca 13 Haziran 2021 tarihli Cumhurbaşkanlığı Genelgesi ile Marmara Denizi Eylem Planı Koordinasyon Kurulu⁴; MBB Encümeni'nin 23 Haziran 2021 tarihinde aldığı karar ile de Marmara Denizi Eylem Planı Bilim ve Teknik Kurulu kurulmuştur.

¹ Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli IPCC (2018), Special Report on Global Warming of 1.5°C (SR15) <<https://www.ipcc.ch/sr15/>>

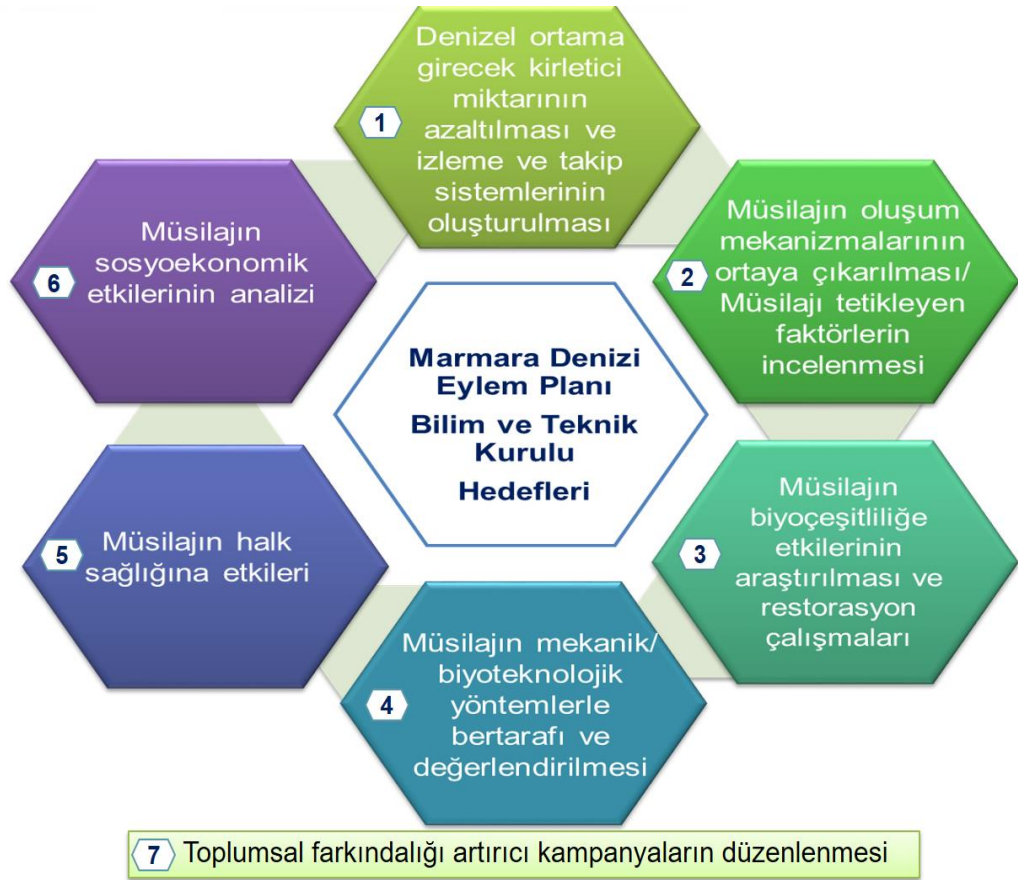
² World Economic Forum (2021). The Global Risks Report 2021, http://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2021.pdf

³ TÜBA (2021). Marmara Denizi'nin Ekolojisi: Deniz Salyası Oluşumu, Etkileşimleri ve Çözüm Önerileri: <http://www.tuba.gov.tr/files/yayinlar/bilim-ve-dusun/T%C3%9CBA-978-605-2249-73-4.pdf>

⁴ <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/06/20210613-19.pdf>

Marmara Denizi Eylem Planı Bilim ve Teknik Kurulu'nun amacı Marmara Denizi Eylem Planı Koordinasyon Kurulu çalışmalarına bilimsel tavsiyelerde bulunmak ve Marmara Denizi ile ilgili bilimsel çalışmalar yapmaktır. Bilim ve Teknik Kurulu, müsilaj kirliliğiyle mücadeleye yönelik çalışmalarında problemi müsilajın ötesinde bir boyutta ele alarak Marmara Denizi'nde ekosistemin sürdürülebilirliğinin sağlanması için kritik girdiler oluşturmaya yönelik çalışmaktadır.

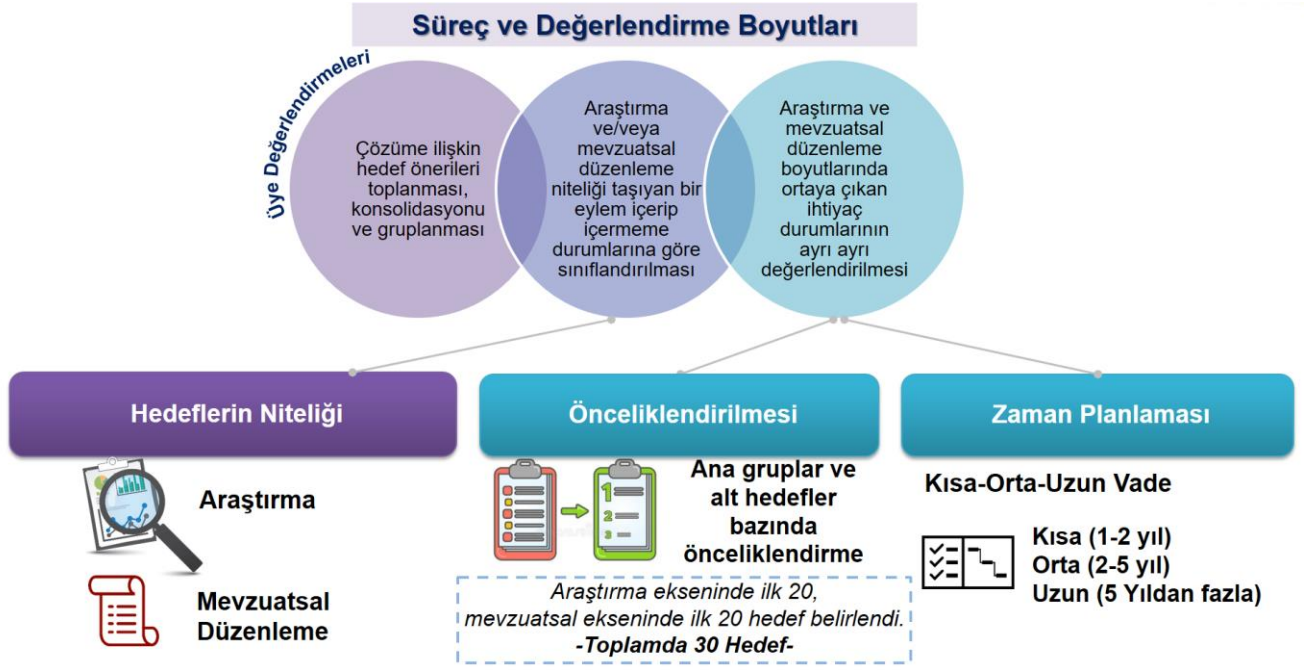
Bu kapsamda Bilim ve Teknik Kurulu bünyesinde, yarattığı olumsuz ekolojik, ekonomik, sosyal ve halk sağlığına etkileri sebebi ile müsilajın oluşum mekanizması, izlenmesi, oluşumunun önlenmesi ve müdahale yöntemleri konularına odaklanılarak, olası çözüm başlıkları üzerinde bilimsel tavsiye vermek üzere hedeflerini Şekil 1'de sunulan 7 ana başlıkta belirlemiştir.



Şekil 1. Bilim ve Teknik Kurulu Hedefleri:7 Ana Başlık

Bilim ve Teknik Kurulu bünyesinde yapılan çalışmalarda bu başlıkların her birinin altında alt hedefler belirlenerek önceliklendirme çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda toplam 30 hedef belirlenerek; hedefler araştırma ve/veya mevzuatsal düzenleme niteliği taşıyan bir eylem içerip içermeme durumlarına göre sınıflandırılmıştır.

Ayrıca her bir hedef için, araştırma ve mevzuatsal düzenleme boyutlarında ortaya çıkan ihtiyaç durumları ayrı ayrı değerlendirilerek; kısa-orta-uzun vade olacak şekilde zamana ilişkin planlama belirlenmiştir. Bilim ve Teknik Kurulu'nun hedeflerini belirlemesine ilişkin sistematik Şekil 2'de yer almaktadır.



Şekil 2. Bilim ve Teknik Kurulu Hedef Belirleme Sistematığı

Tanımlanan hedefler doğrultusunda mevcut durumun detaylı analizi ve çözüm önerilerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaların yürütülmesi amacıyla Kurul bünyesinde 4 ayrı çalışma grubu oluşturulmuştur. Çalışma grubu bazında Bilim ve Teknik Kurulu'nun belirlediği ihtiyaç başlıklarına ilişkin detaylı bilgiler Tablo 1'de sunulmaktadır.

Bu çalışmalar Marmara Denizi Eylem Planı Koordinasyon Kurulu ve TBMM bünyesinde oluşturulan "Başta Marmara Denizi Olmak Üzere Denizlerimizdeki Müsilaj Sorununun Sebeplerinin Araştırılarak Alınması Gereken Önlemlerin Belirlenmesi Amacıyla Kurulan Meclis Araştırması Komisyonu"na da aktarılmıştır.

İhtiyaç başlıklarına ilişkin bulgular, müsilaj problemine yönelik ivedilikle ihtiyaç duyulan araştırma ve geliştirme çalışmalarının başlatılabilmesi amacıyla, TÜBİTAK tarafından açılan araştırma projeleri destekleme çağrısı metnine de taban oluşturmuştur. Bahse konu çağrı kapsamında desteklenen 37 projede 31 farklı kurum/kuruluştan 153 araştırmacı yerli ve milli çözümler oluşturmak üzere bir araya gelmiştir.

Tablo 1. Çalışma Grubu Bazında İhtiyaç Başlıklarına İlişkin Değerlendirmeler

Ana Başlık	Hedeflenen İhtiyaç Başlıkları	Araştırma	Mevzuatsal Düzenleme	Araştırma Odaklı Önceliklendirme	Mevzuatsal Odaklı Önceliklendirme	Toplam Önceliklendirme Puanı
Çalışma Grubu 1						
Denizel Ortama Girecek Kirlenici Miktarının Azaltılması ve İzleme ve Takip Sistemlerinin Oluşturulması	Marmara Denizine yayıllı kaynaklardan gelen yüklerin (azot ve fosfor yükleri başta olmak üzere) azaltılmasına yönelik yenilikçi ve hızlı çözüm önerileri geliştirilmesi (iyi yönetim uygulamaları, dere ıslahı ve yeşil kuşak uygulamaları, nitrate hassas bölgelerde dijital/hassas tarım teknolojilerinin kullanımının teşviki, kentsel alanlarda yüzeysel drenaj suları kaynaklı besin maddesi azaltımı ile ilgili sürdürülebilir çözümler vb.)	X	X	69	51	60
	Noktasal (evsel/kentsel ve endüstriyel) ve yayıllı kirlilik yüklerinin belirlenmesi (gerçek ölçümler ile desteklenerek)	X	X	49	67	58
	Marmara havzalarında yoğun olarak faaliyet gösteren tekstil, deri, gıda gibi aşırı besin (nutrient) maddesi deşarjına neden olabilecek sektörlerde temiz üretim teknolojileri, geri kazanım ve ileri arıtma uygulamalarının geliştirilmesi	X	X	29	60	44,5
	Evsel/kentsel ve endüstriyel kirlilik yükleri ile mücadeleyle yönelik kurulan arıtma tesislerinde mevcut durum değerlendirmeleri ve yenilikçi çözümlerle sürdürülebilir teknolojik dönüşümlerinin geliştirilmesi	X	X	28	36	32
	Marmara Denizi'nde kirlenici konsantrasyonlarının tahmin edilebilmesi, ekosistemin davranışının anlaşılabilmesi , alınacak tedbirler sonucunda su kalitesinin ne kadar iyileşebileceğinin öngörülmesi açısından modelleme çalışmaları	X		22	0	11

Ana Başlık	Hedeflenen İhtiyaç Başlıkları	Araştırma	Mevzuatsal Düzenleme	Araştırma Odaklı Önceliklendirme	Mevzuatsal Odaklı Önceliklendirme	Toplam Önceliklendirme Puanı
	Marmara sahillerindeki kıyı yapılarının biyoçeşitliliğin kaybı üzerindeki etkilerinin ve müsülaj oluşumunu arttırma riskinin incelenmesi, yenilikçi deniz yapıları tasarım çalışmaları ⁵	X		21	0	10,5
	<p>Gemilerden, denizcilik faaliyetlerinden ve kıyı yapılarından kaynaklı kirlilikle mücadeleyle yönelik araştırma ve mevzuat çalışmaları yapılması</p> <p>(Gemilerden kaynaklı petrol türevi kirleticilerin etkileri, bertarafı, önlenmelerine yönelik denetleme ve izleme mekanizmaları, kirlilik ve yayılmanın kaynağını tespit edecek erken uyarı sistemleri, gemi bacalarının deniz suyu ile yıkanması sonucu direk denize bırakılan NOx, SOx gibi bileşiklerin etkisi, Gemi/tersane/üretim tesisleri/santral vb hava kaynaklı emisyonların yarattığı hava kirliliğinin etkisi, gemi ve tersane faaliyetlerinde, özellikle Fe ve Mn içerikli bileşiklerin etkisi, gemi balast suları kaynaklı kirliliğin takibi vb.)</p> <p>(Mevzuatsal olarak: Marmara Denizine kıyısı olan tüm büyükşehir belediyelerine gemi kaynaklı deniz kirliliği denetim yetkisi verilerek kurumlarda gerekli yapılanmanın sağlanması, gerekli izinleri olmaksızın faaliyet gösteren balıkçı barınakları, kooperatifler vb. tekne bağlanma alanları, çekek yerleri gibi alanlar yeniden gözden geçirilerek belli bir standart sağlanması, Marmara Denizi'nde resmi/özel tüm deniz taşıtlarından (gemi, tekne vb.) atık biriktirme tankı olmayanların kullanımının engellenmesi hususunda gerekli tedbirlerin (denize elverişlilik belgesi, ruhsat vb belgelerin verilmemesi) alınması, vb.)</p>	X	X	19	20	19,5

⁵ Bu başlık hem Çalışma Grubu 1, hem de Çalışma Grubu 2'de yer almakta olup; başlığa ilişkin detaylı inceleme Çalışma Grubu 2 tarafından gerçekleştirilmiştir.

Ana Başlık	Hedeflenen İhtiyaç Başlıkları	Araştırma	Mevzuatsal Düzenleme	Araştırma Odaklı Önceliklendirme	Mevzuatsal Odaklı Önceliklendirme	Toplam Önceliklendirme Puanı
	Müsilaj oluşumunu tetikleyen süreçlerin ve şartların takibi için İHA, uydu, yapay zekâ gibi teknolojik çözümler ile yöntem ve sistemlerin geliştirilmesi	X	X	12	15	13,5
	Marmara Denizine deşarj limitlerinin durumun hassasiyeti göz önüne alınarak tekrar değerlendirilmesi ve Alıcı ortamlar için belirlenen alıcı ortam standardı ile deşarj standardı birlikte ele alınması ve özel sektör/kamu tüm arıtma tesislerinin kesintisiz denetimlerin yapılması	X	X	9	52	30,5
	Geri kazanılan su miktarının artırılması ve Marmara Denizine gelen kirletici yükünün minimum deşarj temin edilerek azaltılmasına yönelik araştırmalar	X	X	9	25	17
	Fosforsuz temizlik malzemelerine geçiş için teknik ve idari çalışmaların yapılması	X	X	7	24	15,5
	Deniz koruma alanı belirleme kriterlerinin Marmara Denizi için tanımlanması ve bu alanların korunmasına yönelik gerekli yasal araçların belirlenerek, ilgili mevzuatın gözden geçirilmesi/yenilenmesi		X	0	62	31
	Mevcut Derin Deniz Deşarjı Sistemlerinin etkinliğinin araştırılması (alt akıntıya verilip verilmediği) ve olası kaçakların belirlenmesi		X	0	26	13
	Atıksu arıtma tesislerinin tasarımı için yerel standartların oluşturulması	X	X	0	21	10,5

Ana Başlık	Hedeflenen İhtiyaç Başlıkları	Araştırma	Mevzuatsal Düzenleme	Araştırma Odaklı Önceliklendirme	Mevzuatsal Odaklı Önceliklendirme	Toplam Önceliklendirme Puanı
	Tarifelerini su ve atıksu yönetimi hizmeti gerçek maliyetinin altına düşüren SUKİ'lerin, kirleten öder prensibini tam maliyet esaslı ile hayata geçirecek, düzeltici idari kararların alınması		X	0	18	9
Çalışma Grubu 2						
Müsilajın Biyoçeşitliliğe Etkilerinin Araştırılması ve Restorasyon Çalışmaları	Müsilajın su kolonunda (fitoplankton, ihtiyoplankton, zooplankton, bakterioplankton, pelajik balık) ve deniz tabanındaki (bentik yaşam, mercan, balık, midye, deniz çayırları, makroalg fasiyesleri, vb.) biyoçeşitliliğe olan etkilerinin anlaşılması, hassas habitatların tanımlanması, restorasyon ve koruma önerileri geliştirilmesi	X	X	77	52	64,5
	Habitat kayıplarının restorasyon süresinin kılmasına katkı sağlayacak araştırmalar (sürdürülebilir balıkçılık, ekosistem temelli balıkçılık yönetimi, kıyı yapılarının biyoçeşitliliğin kaybı üzerindeki etkilerinin ve müsilaj oluşumunu artırma riskinin incelenmesi vb) yapılması	X	X	34	65	49,5
	Küçük pelajik balık avlanabilir stoklarının belirlenmesi ve sürdürülebilir yönetimi	X	X	25	37	31

Ana Başlık	Hedeflenen İhtiyaç Başlıkları	Araştırma	Mevzuatsal Düzenleme	Araştırma Odaklı Önceliklendirme	Mevzuatsal Odaklı Önceliklendirme	Toplam Önceliklendirme Puanı
Müsilajın Oluşum Mekanizmalarının Ortaya Çıkarılması/ Müsilajı Tetikleyen Faktörlerin Açığa Çıkarılması	Marmara Denizi besin ağı, biyoçeşitliliği ve ekosistem dayanıklılığının azalması, algler, bakteriler, yabancı ve fırsatçı türlerin yayılışı ile müsilaj oluşumu arasındaki ilişkilerin açığa çıkarılması	X		62	0	31
	Marmara Denizi noktasal ve yayılı kaynaklardan giren su ve besin maddesi (nutrient) bütçesinin müsilaj oluşumuna etkisinin ortaya konmasına yönelik araştırmalar	X		44	0	22
	Marmara Denizi oşinografisi, biyojeokimyasal yapısı ve müsilaj ilişkisinin çalışılması (Karadeniz ve Ege Denizi arasındaki çift yönlü su/madde değişimleri, atmosferik taşınım, sedimandan besin maddesi pompalanması da dikkate alınarak)	X		44	0	22
	İklim değişiminin (deniz suyu ısınması vb.) Marmara Denizi'nde müsilaj oluşum süreçleri üzerindeki olası etkilerinin araştırılması	X	X	27	9	18
	Marmara sahillerindeki kıyı yapılarının biyoçeşitliliğin kaybı üzerindeki etkilerinin ve müsilaj oluşumunu artırma riskinin incelenmesi, yenilikçi deniz yapıları tasarım çalışmaları	X	X	21	17	19
	Müsilajın oluşum mekanizmasının model mikroorganizmalarla ve deneysel ortamlardaki çalışmalar aracılığıyla ortaya konması (laboratuvar çalışmaları, mezokozm, vb)	X		19	0	9,5
	Marmara Bölgesi için deniz ekosistemi düşünülerek sürdürülebilir yerleşim ve gelişim planlamalarının araştırılması ve uygulanması	X	X	17	18	17,5

Ana Başlık	Hedeflenen İhtiyaç Başlıkları	Araştırma	Mevzuatsal Düzenleme	Araştırma Odaklı Önceliklendirme	Mevzuatsal Odaklı Önceliklendirme	Toplam Önceliklendirme Puanı
Çalışma Grubu 3						
Müsilajın Halk Sağlığına Etkileri	Müsilaja yönelik toksikoloji çalışmaları , müsilajı oluşturan organizma gruplarının toksin üretme potansiyellerinin ve halk sağlığı açısından riskli olan türlerin belirlenmesi , toksinlerinin ortaya konması ve izlenmesi (alg toksinlerinin midye ve balıklarda birikimlerinin araştırılması dahil) ve müsilajın patojen içeriği ve patojen barındırma potansiyelinin araştırılması	X	X	28	13	20,5
Müsilajın Sosyoekonomik Etkilerinin Analizi	Balıkçılık, turizm ve deniz taşımacılığına yönelik risk yönetim planlarının hazırlanması ve araştırmaların yapılması	X	X	7	19	13
Toplumsal Farkındalığı Artırıcı Kampanyaların Düzenlenmesi	Toplumda bir bütün olarak ve ekosistemden özellikle fayda sağlayan hedef aktörler nezdinde farkındalık geliştirme çalışmalarının yürütülmesi Bu hedef kapsamındaki alt eylemlere örnekler aşağıda verilmektedir: 1. Oyunlaştırma 2. Animasyon geliştirme 3. Kısa film hazırlama 4. Online eğitim platformları geliştirme 5. Bu noktada STK'lar ve MEB gibi diğer ilgili Bakanlıklar ile koordinasyon					

Ana Başlık	Hedeflenen İhtiyaç Başlıkları	Araştırma	Mevzuatsal Düzenleme	Araştırma Odaklı Önceliklendirme	Mevzuatsal Odaklı Önceliklendirme	Toplam Önceliklendirme Puanı
Çalışma Grubu 4						
Müsilajın Mekanik/Biyoteknolojik Yöntemlerle Bertarafı ve Değerlendirilmesi	Müsilajın yerinde bertarafına yönelik teknolojik ve biyolojik yöntemlerin araştırılması ve yöntemlerin birlikte kullanım yollarının geliştirilmesi	X		23	0	11,5
	Yüzeydeki müsilaj tabakasının mekanik temizliği ve çıkarılan müsilajın çevre dostu yöntemlerle bertarafı	X	X	18	18	18

Tablo 2. Çalışma Grupları Görev Dağılımı

Ana Başlıklar	Hedefler	Grup Dağılımları	Toplam Hedef
Denizel Ortama Girecek Kirletici Miktarının Azaltılması ve İzleme ve Takip Sistemlerinin Oluşturulması	15	Grup 1	15
Müsilajın Biyoçeşitliliğe Etkilerinin Araştırılması ve Restorasyon Çalışmaları	3	Grup 2	10
Müsilajın Oluşum Mekanizmalarının Ortaya Çıkarılması/ Müsilajı Tetikleyen Faktörlerin Açığa Çıkarılması	7	Grup 2	
Müsilajın Halk Sağlığına Etkileri	1	Grup 3	3
Müsilajın Sosyoekonomik Etkilerinin Analizi	1	Grup 3	
Toplumsal Farkındalığı Artırıcı Kampanyaların Düzenlenmesi	1	Grup 3	
Müsilajın Mekanik/Biyoteknolojik Yöntemlerle Bertarafı ve Değerlendirilmesi	2	Grup 4	2

Çalışma gruplarının ana başlıklar ve hedefler bakımından görev dağılımı Tablo 2’de; çalışma gruplarında yer alan üyelere ilişkin bilgi ise Tablo 3’te sunulmaktadır.

Tablo 3. Çalışma Grupları ve Üyeleri

Çalışma Grubu 1	Çalışma Grubu 2	Çalışma Grubu 3	Çalışma Grubu 4
Prof. Dr. Ayşen Erdinçler	Doç. Dr. Ahsen Yüksek	Doç. Dr. Ahsen Yüksek	Prof. Dr. Bülent Keskinler
Prof. Dr. Barış Salihoğlu	Prof. Dr. Barış Salihoğlu	Prof. Dr. Funda Yercan	Prof. Dr. Gülşen Altuğ
Prof. Dr. Bülent Keskinler	Doç. Dr. Çolpan Polat Beken	Prof. Dr. Mustafa Sarı	Prof. Dr. Mete Yılmaz
Doç. Dr. Çolpan Polat Beken	Prof. Dr. Gülşen Altuğ	Prof. Dr. Nüket Sivri	Prof. Dr. Nuray Çağlar
Prof. Dr. Güçlü İnsel	Prof. Dr. İzzet Öztürk	Prof. Dr. Saadet Karakulak	Dr. Osman Okur
Prof. Dr. Güleda Engin	Prof. Dr. Melek İşinibilir Okyar		
Prof. Dr. İzzet Öztürk	Prof. Dr. Mete Yılmaz		
Prof. Dr. Melike Gürel	Prof. Dr. Mustafa Sarı		
Prof. Dr. Nuray Çağlar	Prof. Dr. Saadet Karakulak		
Doç. Dr. Selma Ayaz	Doç. Dr. Selma Ayaz		
Prof. Dr. Sevil Veli			

Bu rapordaki bilgilerin taslak hali gelinen aşama itibarıyla Ekim 2021'de Marmara Denizi Bütünleşik Stratejik Planı 2021-2024'e katkı doğrultusunda T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ile de paylaşılmıştır.

Ayrıca Bilim ve Teknik Kurulu ile TÜBİTAK'ın ortak girişimiyle 17 Kasım 2021 tarihinde Bilim ve Teknik Kurulu'nun faaliyetlerine ilişkin bilgilerin ve TÜBİTAK Müsilaj Araştırmaları Çağrısı kapsamında desteklenen projelerin kamuoyu ile paylaşılması amacıyla "TÜBİTAK Müsilaj Araştırmaları Çağrısı Projeleri Sanal Konferansı" düzenlenmiştir. Youtube üzerinden canlı olarak yayınlanarak geniş kitlelere ulaşan Sanal Konferans bu çalışmaların şeffaf ve paylaşımcı bir şekilde yürütülmesi sürecine katkı olarak değerlendirilmiştir. Konferansın sabah oturumunda Bilim ve Teknik Kurulu çalışmaları kamuoyu ile paylaşılırken; etkinliğin öğleden sonraki kısmında ise Bilim ve Teknik Kurulu üyelerinin moderatörlüğünde 5 eşzamanlı oturumda TÜBİTAK Müsilaj Araştırmaları Çağrısı kapsamında desteklenen projelere ilişkin kamuoyunda bilim temelli farkındalık oluşturmak amacıyla proje sunumları gerçekleştirilmiştir.

Marmara Denizi Eylem Planı Bilim ve Teknik Kurulu İhtiyaçlar ve Çözüm Önerileri Raporu Aralık 2021 tarihinde tamamlanmış olup; iş bu raporda sayfa 14-92 arasında Çalışma Grubu 1'in, sayfa 93-177 arasında Çalışma Grubu 2'nin, sayfa 178-218 arasında Çalışma Grubu 3'ün ve sayfa 219-234 arasında Çalışma Grubu 4'ün çıktılarını yer almaktadır.

Raporun hazırlanmasında emeği geçen tüm kurul üyelerimize değerli katkıları için teşekkürlerimizi sunar, çalışmanın ülkemiz adına hayırlı olmasını temenni ederiz.

ÇALIŞMA GRUBU 1

Denizel Ortama Girecek Kirletici Miktarının Azaltılması ve İzleme ve Takip Sistemlerinin Oluşturulması

Çalışma Grubu 1 Üyeleri

Doç. Dr. Selma Ayaz (Grup Başkanı)

Prof. Dr. Ayşen Erdinçler

Prof. Dr. Barış Salihoğlu

Prof. Dr. Bülent Keskinler

Doç. Dr. Çolpan Polat Beken

Prof. Dr. Güçlü İnel

Prof. Dr. Güleda Engin

Prof. Dr. İzzet Öztürk

Prof. Dr. Melike Gürel

Prof. Dr. Nuray Çağlar

Prof. Dr. Sevil Veli

Katkı Sağlayan Diğer Araştırmacılar/ Akademisyenler

Dr. Burcu Kıran

Yük. Müh. Elif Aytış

Dr. Mehmet Dilaver

Dr. Cihangir Aydöner

Hakan Atabay (MSc)

Dr. İbrahim Tan

Yük. Müh. Ersan Kuzyaka

Yük. Müh. Sabri Mutlu

Dr. Öğr. Üyesi Devrim Tezcan

Dr. Evrim Kalkan Tezcan

Doç. Dr. Mustafa Yücel

Prof. Dr. Füsün Balık Şanlı

DENİZEL ORTAMA GİRECEK KİRLİTİCİ MİKTARININ AZALTILMASI VE İZLEME VE TAKİP SİSTEMLERİNİN OLUŞTURULMASI

1. NOKTASAL VE YAYILI KİRLİLİK MEVCUT DURUMUN BELİRLENMESİ

Hedef Başlığı

- ***Noktasal (evsel/kentsel ve endüstriyel) ve Yayılı Kirlilik Mevcut Durumun Belirlenmesi (gerçek ölçümler ile desteklenerek)***

Mevcut Durum Tanımlaması:

Marmara Denizi Havzası; Marmara Denizi'ne topoğrafik açıdan suyun aktığı alanları içeren Boğazlar, Marmara Havzası'nın bir kısmı ve Susurluk Havzası'nın tamamından oluşan bölümü kapsamaktadır (TÜBİTAK-MAM, 2021-c).

Marmara Denizi Havzası, yerleşim açısından Türkiye'nin en yoğun (toplam nüfusun yaklaşık %25'ini kapsar) ve sanayi açısından da en hareketli (toplam sanayinin yaklaşık %50'sini kapsar) bölgesini oluşturmaktadır. Bu sebeple havzadaki kirlenici kaynaklar; endüstriyel, evsel, tarımsal ve deniz taşımacılığı kaynaklı kirleniciler olmak üzere geniş bir yelpaze oluşturmaktadır. Söz konusu faaliyetlerden kaynaklanan kirlenicilerin hiç ve/veya yeteri kadar arıtılmadan doğrudan veya dolaylı olarak Marmara Denizi'ne verilmesinin etkisiyle, özellikle 1990'lı yıllarda, olumsuz çevresel şartlar (örn. kızıl gelgit) gözlenmeye başlanmıştır (Öztürk, 2021).

Marmara Denizi'nin kapalı bir iç deniz olması, evsel ve endüstriyel atıksuların arıtma seviyelerinin yetersiz kalması ve kontrolsüz deşarjlar sonucu meydana gelen aşırı besi maddesi birikimi, deniz ortamındaki ortalama sıcaklık artışı ve alg artışı için diğer koşulların uygun oluşu etkisiyle alg artışını hızlandırmaktadır.

Marmara Denizi'nin oşinografik özellikleri ve çevresel durumu son yıllarda yapılan çalışmalar sonucunda değerlendirildiğinde, Marmara Denizi ara ve alt tabaka sularında oksijen eksikliği bulunduğu ve yüzey sularından önemli miktarda partiküler organik maddenin çökme yolu ile bu iki tabakada birikerek oksijen fakirliğine sebep olduğu görülmektedir.

Mevcut durumda Marmara Denizi'ne deşarj edilen toplam debi 5.853.000 m³/gün'dür (MAR-AAT, 2021). Bu debinin %86'sı kentsel atıksu niteliğinde olup endüstriyel kısmi katılım bulunmaktadır. Atıksuların %50'sine mekanik arıtma sonrası derin deniz deşarjı uygulanmaktadır. Debinin ancak %46'sı ileri biyolojik atıksu arıtma tesisinde arıtılmaktadır (MAR-AAT, 2021). Deşarj kriterlerinin sağlanması açısından toplam atıksu debisine göre bu tesislerin yalnızca %23'ünün herhangi bir yatırıma ihtiyacı olmadığı saptanmıştır. Mekanik ön arıtmalı derin deşarj tesislerinin tamamına yakını İstanbul'da bulunmaktadır. Bu tesislerden Marmara/Boğaz alt akımına ~8 milyonluk nüfusun atıksuyu (400 t AKM/gün, 800 t KOİ/gün, 80 t N/gün, 16 t P/gün) boşaltılmaktadır.

Son 10 yılda İstanbul, Kocaeli ve Bursa Büyükşehir Belediyeleri Su ve Kanalizasyon İdareleri ile önemli kirlenici konumundaki endüstrilere ait atıksu arıtma tesislerinin kademeli olarak devreye girmeleriyle, Marmara Denizi ekosistemi üzerindeki noktasal kirlilik yükü baskısı büyük oranda azaltılmıştır. İstanbul'da İSKİ tarafından inşa edilen atıksu ön arıtma ve derin deniz deşarjları, İstanbul Boğazı ile İstanbul'un Marmara ve Adalar sahillerindeki plajlarda su kalitesinin yürürlükte olan Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği'nde (76/160/AB) yer alan kriterlere

ulaşmasını sağlamıştır. Ancak, alt tabakada çözünmüş oksijen azalmasının durdurulması ve ötrofikasyon riskinin azaltımı açılarından yeterli başarı sağlanamamıştır (Öztürk, 2021).

Marmara Denizi, çevresindeki yerleşim yerlerinin yanı sıra; sanayilerin evsel ve endüstriyel atıksularının deşarj edildiği bir alıcı ortamdır. Marmara Denizi'ne deşarjı bulunan Marmara ve Susurluk Havzaları sanayinin yoğun olduğu en önemli iki havzadır. Alıcı ortama deşarjı olan endüstrilerin deşarj standartları Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi gazete) ilgili tablolarında tanımlanmıştır. Ancak çoğu sektör tablosunda azot ve fosfor için kısıtlayıcı değerler bulunmamaktadır. Olanlarda ise değerler teknoloji bazlı olarak verilmekte ve alıcı ortam su kalitesini dikkate almamaktadır.

Mülga T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı adına yapılan "Ülkemiz Kıyı ve Geçiş Sularında Tehlikeli Maddelerin Tespiti ve Ekolojik Kıyı Dinamiği (KIYITEMA, 2012-2014) Projesi" (TÜBİTAK-MAM, 2014) kapsamında Marmara Denizi'ne deşarjı olan kirlenici vasfı yüksek tesislerde atıksu karakterizasyon çalışmaları yürütülmüştür.

Özellikle tekstil, gıda ve deri sektörü çok fazla metal tuzları ve su kullanılan sektörlerdir. Bu tip sektörlerin atıkları boya dışında inorganik unsurlar açısından zengin sulardır. Bazı endüstrilerde ve OSB'lerde membran teknolojileri kullanılarak atıksular geri kazanılmaktadır. Kocaeli Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSU) (url-1) bünyesinde Körfez, Kullar, Plajyolu ve Gebze Atıksu Arıtma Tesislerinde arıtılmış kentsel atıksular sanayiye kullanım suyu olarak verilmektedir.

Marmara ve Susurluk Havzaları'nın mevcut durumu en kapsamlı olarak ilk defa Mülga T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı adına yapılmış olan 11 Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi (TÜBİTAK MAM, 2010a; TÜBİTAK MAM, 2010b) kapsamında detaylı olarak ortaya konmuştur. Noktasal ve yayılı kaynak değerlendirildiğinde yayılı kaynaklar (tarım, hayvancılık, arazi kullanımı, düzensiz depolama alanları, foseptik, atmosferden taşınım) içerisinde özellikle tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin kirlilik yüküne önemli katkısı bulunmaktadır. Marmara ve Susurluk Havza Koruma Eylem Planları (2010) kapsamında, Havza Koruma Eylem Planı Stratejisinin Oluşturulması, Kurum ve Kuruluşların Koordinasyonunun Sağlanması, Atıksu Yönetimi, Katı ve Tehlikeli Atık Yönetimi, Yayılı Kaynak Kirliliği Yönetimi ve Kontrolü, Ağaçlandırma, Erozyon Kontrolü ve Mera Islahı Çalışmaları, Su Kaynakları Yönetimi, Sıcak Noktalar ve Havza Çevresel Bilgi Sisteminin Kurulması başlıkları altında eylem takvimleri hazırlanmıştır. Bakanlık tarafından onaylanmış olan eylem takvimlerine göre, adı geçen başlıklar kapsamında havzalarda yer alan her bir yerleşim için planlamalar kısa (2011-2015), orta (2016-2020) ve uzun (2021-2040) vade olacak şekilde takvimlendirilmiş ve sorumlu kurumlar belirtilmiştir.

Mülga T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı adına yapılmış olan, Türkiye'de Havza Bazında Hassas Alanların ve Su Kalitesi Hedeflerinin Belirlenmesi Projesi (TÜBİTAK MAM, 2016) kapsamında tüm havzalar fiziko-kimyasal ve biyolojik kalite elementleri açısından izlenmiştir. 25 nehir havzasında belirlenmiş olan hassas alanlar içerisinde ötrofikasyona ve/veya kirlenmeye neden olan ana baskı unsurlarına göre kentsele hassas alanlar ve nitrata hassas alanlar olarak belirlenmiştir. Buna göre, Marmara Havzasında 6 göl/baraj/gölet ve 29 nehir hassas alan; 7 göl/baraj/gölet ve 30 nehir kentsele hassas; 10 göl/baraj/gölet ve 33 nehir nitrata hassas alan olarak tanımlanmıştır. Susurluk Havzası'nda 10 göl/baraj/gölet ve 38 nehir hassas alan; 10 göl/baraj/gölet ve 40 nehir kentsele hassas; 9 göl/baraj/gölet ve 34 nehir nitrata hassas alan olarak tanımlanmıştır. Bu alanlar T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından 2016 yılında yayınlanan Hassas Su Kütleleri İle Bu Kütleleri Etkileyen Alanların Belirlenmesi ve Su

Kalitesinin iyileştirilmesi Hakkında Yönetmelik (29927 sayılı ve 23.12.2016 tarihli Resmi Gazete) içerisinde ilan edilmiştir.

Düzensiz katı atık depolama sahaları ile ilgili yapılan en güncel çalışma 2017 yılında T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı adına yapılmış olan "Katı Atık Ana Planı ve İl Atık Yönetim Planlarının Hazırlanması (TÜBİTAK MAM, 2017a) ve Katı Atık Toplama ve Bertaraf Maliyetlerinin Bölgesel Bazda Belirlenmesi" projeleridir (TÜBİTAK MAM, 2017b).

Marmara Havzası'nda yapılan en güncel su kalitesi izleme çalışması TOB, DSİ Genel Müdürlüğü adına yapılan Marmara Havzası'nda Su Kalitesi İzleme Projesi'dir (TÜBİTAK MAM, 2021a). Bu proje kapsamında 2020-2021 yılları arasında 1 yıl süre ile 49 gözetimsel, 39 operasyonel ve 107 korunulan alan izleme noktasında çalışılmıştır. Göl istasyonlarında derinliğe bağlı numuneler alınmıştır. Her bir istasyondan alınan su numunelerinde klasik kirlilik parametreleri ve mikro kirlilik parametreleri analizleri, biyolojik kalite unsurları ve hidromorfolojik izlemeler yapılmıştır.

Su kaynaklarındaki kalitenin iyileştirilmesi ve korunması için noktasal kirleticilerin yanı sıra, su ve havza kirlenmesi üzerinde büyük etkisi olan yayılı kirleticilerin belirlenmesi ve kontrolü de son derece önemlidir. Ülkemizde tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin yaygın olması bu kirleticilerin dikkate alınmasının gerekliliğini bir kat daha arttırmaktadır. Yayılı kirlilik, genellikle arazi akışı, yağış, atmosferik birikim, drenaj, sızıntı veya hidrolojik modifikasyondan kaynaklanmakta olup, noktasal kaynaklı olan evsel/kentsel ve endüstriyel atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan deşarjların aksine, birçok yayılı kaynaktan gelmektedir.

Ülkemizde, 23 Temmuz 2016 tarih ve 29779 No'lu Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe giren "Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği" kapsamında T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB) tarafından nitrat açısından kirlenmiş ve/veya yakın gelecekte kirlenmesi muhtemel alanlar olarak tanımlanan Nitrata Hassas Bölgeler (NHB) belirlenmektedir. Belirlenecek olan bu bölgelerde, 11 Şubat 2017 tarih ve 29976 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan "Sularda Tarımsal Faaliyetlerden Kaynaklanan Nitrat Kirliliğinin Önlenmesine Yönelik İyi Tarım Uygulamaları Kodu Tebliği (Tebliğ No: 2016/46)'ne uygun olarak tebliğ ekinde verilen "İyi Tarım Uygulama Kodu" belgesinde verilen bölgeye özel seçilmiş tedbirlerin uygulanması gerekmektedir. Bu kapsamda TOB adına gerçekleştirilmekte olan "Nitrata Hassas Bölgelerin Belirlenmesi ve Eylem Planlarının Hazırlanması" projesi 2018 yılında başlatılmış olup halen devam etmektedir (TÜBİTAK MAM, 2021b).

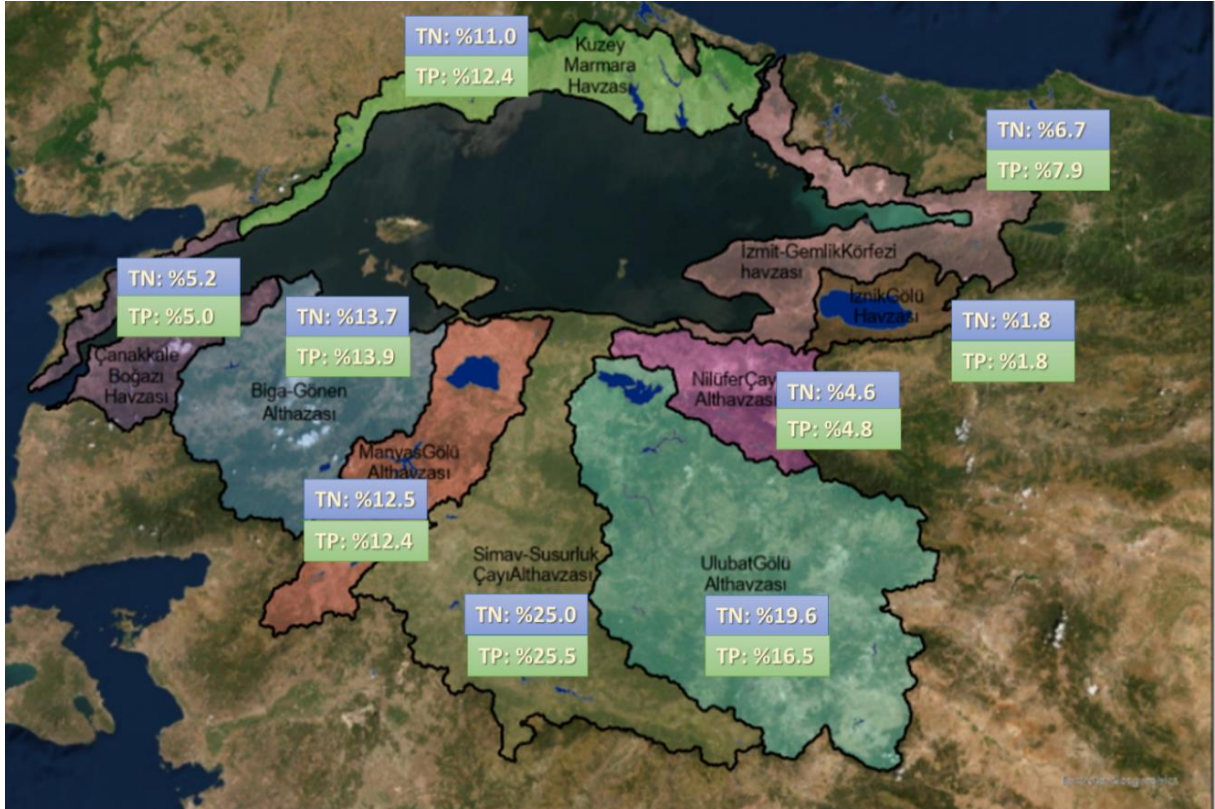
Marmara Denizi'ne karasal kaynaklı yayılı kirlilik yükleri ve alınacak tedbir/önlemler üzerine yapılan en güncel çalışma, Marmara Denizi Eylem Planı uyarınca Yayılı Kaynaklı Kirliliğin Tespiti Alt Çalışma Grubu tarafından 14 Temmuz 2021 tarihinde tamamlanmıştır (TÜBİTAK MAM, 2021c). Yapılan bu çalışmanın kapsamı aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Marmara ve Susurluk Havzaları için detaylı havza analizleri yapılarak sırasıyla mikro havzalar, alt havzalar ve Marmara Denizi drenaj alanı hassas bir şekilde oluşturulmuştur. Marmara Denizi'nin toplam drenaj alanı 39.587 km² olarak tespit edilmiştir. 2.269 adet mikro havza ve 9 adet alt havzaya ayrılarak çalışılmıştır. Çalışılan alt havzalar Şekil 3'te verilen haritada gösterilmektedir.
- Oluşturulan her bir mikro havza için yayılı kirlilik unsurları arasında yer alan bitkisel üretim faaliyetleri, hayvancılık faaliyetleri ve tarım dışı arazi örtüsünden kaynaklı karada oluşan azot ve fosfor yükleri hesaplanmıştır. Hesaplanan TN yükleri kendi içerisinde 1'den 5' e kadar indekslenmiştir.

- Havzada oluşan yüklerin alıcı ortama hızlı veya yavaş ulaştığının bir göstergesi olan mikro havzanın hidrolojik hassasiyet indeksi hesaplanmıştır.
- Bitkisel üretim, hayvancılık ve tarım hariç arazi örtüsü için oluşturulan üç farklı kirlilik TN yük indeksi ile hidrolojik hassasiyet indeksi birleştirilerek üç farklı kirlilik kaynağı için riskli alanlar mikro havza bazında tespit edilmiştir.

Bu kapsamda yapılan çalışmanın sonuçları aşağıda verilmiştir.

Marmara Denizi drenaj alanında bulunan toplam 9 adet alt havzanın Toplam Azot (TN) ve Toplam Fosfor (TP) olarak yayılı kaynaklı kirlilik yükleri hesaplanmıştır. Alt havzaların toplam yük içerisindeki payları TN ve TP olarak Şekil 3'te verilen haritada gösterilmektedir.



Şekil 3. Marmara Denizi'ne akışı olan alt havzalar bazındaki TN ve TP dağılımları

Alt havzaların yayılı Toplam Azot (TN) ve Toplam Fosfor (TP) kirlilik yükü miktarları incelendiğinde TN açısından oluşan toplam 329.387 ton/yıl kirliliğin %35'i Uluabat, Manyas ve İzmit Gölü alt havzalarında oluşmaktadır. TP açısından ise oluşan 78.257 ton/yıl kirliliğin %32'si Uluabat, Manyas ve İzmit Gölü alt havzalarında oluşmaktadır.

Manyas Gölü alt-havzası, Uluabat Gölü alt-havzası ve İzmit Gölü alt-havzalarında oluşan kirlilik yükleri nehirler aracılığı ile öncelikle Manyas, Uluabat ve İzmit Gölleri'ni etkilemekte, göllerin kendi iç dinamik döngülerine maruz kaldıktan sonra göllerin çıkış noktalarından derelere ve akabinde bu dereler/nehirler vasıtasıyla Marmara Denizi'ne ulaşmaktadır.

Alt havzalar bazında bitkisel üretim, arazi örtüsü ve hayvancılık faaliyetleri sonucu oluşan yayılı TN yükleri incelendiğinde Marmara Denizi'ne doğrudan akışı olan havzalar arasında **en büyük pay %25 ile Simav-Susurluk Çayı Alt Havzası'ndan gelmektedir. Bu alt havzayı %14'lük pay ile Biga-Gönen Alt Havzası** ve %11'lik pay ile Kuzey Marmara Havzası takip etmektedir. **TN yükünün %47'sini bitkisel üretim, %28'ini hayvancılık faaliyetleri ve %25'ini arazi örtüsü oluşturmaktadır.** Buradan yola çıkarak bu alanlar için yayılı TN yüklerinin %75

oranında tarımsal faaliyetlerden %25 oranında tarım dışı faaliyetlerden kaynaklandığı söylenebilir.

Alt Havzalar bazında bitkisel üretim, arazi örtüsü ve hayvancılık faaliyetleri sonucu oluşan yayılı TP yükleri incelendiğinde Marmara Denizi'ne doğrudan akışı olan havzalar arasında **TP açısından en büyük pay %26 ile Simav-Susurluk Çayı Alt Havzası'ndan gelmektedir. Bu alt havzayı %14'lük pay ile Biga-Gönen Alt Havzası** ve %12'lik pay ile Kuzey Marmara Havzası takip etmektedir. **TP kirlilik yükünün %45'ini bitkisel üretim, %40'ını hayvancılık faaliyetleri ve %16'sını arazi örtüsü oluşturmaktadır.** Buradan yola çıkarak yayılı TP yüklerinin %84 oranında tarımsal faaliyetlerden %16 oranında tarım dışı faaliyetlerden kaynaklandığı söylenebilir.

Marmara Denizi'nin mevcut durum fotoğrafının ortaya konması, modelleme çalışması ile kirlilik yüklerinin azaltılması, noktasal kirlilik kaynaklarının belirlenmesi, ekosistem temelli yaklaşım esas alınarak Marmara Denizi'nin korunmasına yönelik eylemlerin oluşturulması kapsamında T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından ilki 2017 yılında, ikincisi ise 2021 yılında imzalanan protokollerle Marmara Bütünleşik Modelleme Sistemi (MARMOD) - Faz I ve Faz II projeleri kapsamında halen devam eden çalışmalar başlatılmıştır.

MARMOD Faz I kapsamında Karadeniz'den giren ve Marmara havzasından Marmara Denizi'ne ulaşan yıllık yüklerin tahmini hesaplamaları yapılmıştır. Polat ve Tuğrul (1995)'un ölçüm sonuçlarına dayalı hesaplamalarına göre; Marmara Denizi'nin çok belirgin şekilde kirlendiği ve ötrofikleşme sürecinin belirginleşmeye başladığı 1985-1995 arası dönemde Marmara Bölgesi karasal kaynaklı kirlenmelerin yıllık toplam azot (TN: 40.000 ton/y), toplam fosfor (TP:7700 ton/yıl; kaynak: Polat, 1995) yüklerinin Karadeniz'den ulaşan yüklerle (reaktif TN:38.000 ton/yıl ve TP: 9800 ton/yıl) çok yakın olduğu öngörülmüştür (Polat, 1995). Diğer yandan, Marmara Boğazlar Sistemi'nin bu proje kapsamında yenilenen su bütçesi hesaplamalarına göre; 1990'lı dönemin su bütçesinin, Karadeniz'e ulaşan yıllık tatlı su miktarı toplamının son 20 yıllık gözlemlere kıyasla yaklaşık %20 yüksek hesaplandığı ve bunun da 1990'lı dönemde yapılan Marmara su bütçesi hesaplarına (Polat ve Tuğrul, 1995; Polat ve Tuğrul, 1996) benzer oranda yansıdığı öngörülmektedir.

MARMOD ilk faz sonuçlarından **öne çıkan bulgular değerlendirildiğinde; karasal besi maddesi yükleri %40 oranında azaltıldığı takdirde Marmara Denizi alt sularındaki çözünmüş oksijenin 6 yıl gibi bir sürede hipoksi eşiğinin üzerine çıkabileceğini göstermektedir.** Marmara'yı **en fazla etkileyen girdilerin karasal kaynaklı olduğu görülmekte,** bunu sırasıyla **Karadeniz'den gelen yükler ve boğaz alt suyuna yapılan deşarjlar takip etmektedir.**

Ergene Nehri Havzası Çevre Koruma ve Havzalar Arası Atıksu Transferi. Marmara Denizi Havzası'nda yer almadığı halde Ergene Nehri Havzası'dan OSB AAT çıkış sularının Marmara Denizi'ne transferi ile Marmara Denizi'ne ulaşan bir kirlilik yükü de mevcuttur. Mülga T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı öncülüğünde Mayıs 2011'de uygulaması başlatılan Ergene Havzası Koruma Eylem Planı ile havza bütününde gerekli kirlilik kontrol tedbirleri alınarak, Ergene Nehri su kalitesinin ilk etapta Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği (20.03.2010 tarih ve 27527 sayılı) "Sulama suyunun kimyasal kalitesinin değerlendirilmesi" tablosuna göre III. sınıf sulama suyu kalitesine yükseltilmesi hedeflenmiştir. Bu eylem planı kapsamında 2011-2020 döneminde başlıca aşağıdaki projelerin gerçekleştirilmesi öngörülmüştür:

- Havzadaki 3 ildeki 13 belediyede, kentsel atıksuları arıtacak ileri biyolojik atıksu arıtma tesisleri (AAT) kurulması

- Tekirdağ'ın Çerkezköy-Muratlı ilçeleri arasında dağınık vaziyetteki tekil endüstri tesislerinin, yeni kurulacak 8 adet Organize Sanayi Bölgesi (OSB) bünyesinde kümelenmesi ve proses atıksularını arıtacak büyük kapasiteli ortak AAT'leri kurulması
- Büyük kapasiteli OSB AAT çıkış sularının bir toplama sistemi (boru hatları ve tüneller) ile birleştirilerek ortak bir ana iletim ve derin deşarj boru hattı ile komşu Marmara Denizi Havzası'na aktarılması
- Yeni oluşturulan 8 OSB'de, gerekli dâhili atıksu, yağmur suyu ve içme/kullanma suyu şebeke sistemlerinin kurulması
- Aşırı su çekimi dolayısıyla tuzlanma riski taşıyan Çorlu deresi alt havzasındaki Çorlu akiferinin restorasyonu

Toplam 4 x 10⁹ TL (1,1 Milyar \$ (2017)) bütçe öngörülen söz konusu Master Plan ve Havza Koruma Planları İTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü'nün de katkılarıyla hazırlanmıştır.

Ergene Havzası'nda özellikle Çerkezköy – Muratlı arasında E5 (İstanbul – Tekirdağ – Edirne) karayolu çevresinde dağınık şekilde yerleşen sanayi tesislerini belli sayıda tesisten oluşan kümeler halinde bir araya getirebilmek için OSB Kanunu'nda 2010 yılında yapılan bir değişiklikle gerekli yasal altlık hazırlanmıştır (STB, 2010). Dağınık halde bulunan sanayiler 2012 yılında düzenli bölgelere toplanmıştır. Bu kapsamda, Velimeşe, Ergene 1, Ergene 2, Muratlı, Çorlu 1, Veliköy, Kapaklı ve Yalıboyu olmak üzere toplam 8 adet Organize Sanayi Bölgesi (OSB) oluşturulmuştur. Bu İslah OSB'ler 1 yıl içerisinde OSB Kanunu'nda öngörülen kriterleri yerine getirerek (OSB'ler için gerekli şartların sağlanması) 2013 yılında OSB statüsüne kavuşturulmuşlardır (Tablo 4).

Tablo 4. Bölgedeki OSBler

OSB		Kuruluş Yılı	Tesis Sayısı	Doluluk Oranı (%)	Toplam Alan (ha)
Ortak Arıtmaları Mevcut alanlar	Çerkezköy OSB	1976	251	%76	1.234
	Çorlu Deri OSB	1997	95	%75	120
	ASB*	1996	50	%80	190
Ortak Arıtma Tesisleri Kurulanlar	Ergene 1 OSB	2012	61	%47	408
	Ergene 2 OSB	2012	131	%33	718
	Velimeşe OSB	2012	178	%34	988
	Veliköy OSB	2012	80	%43	400
	Çorlu 1 OSB	2012	53	%35	341
	Kapaklı Avrupa OSB	2012	35	%33	187
	Yalıboyu IOSB	2013	19	%33	38
Ergene Havzası Toplam			953	%49	4.624

*ASB: Atatürk Serbest Bölgesi

Bu şekilde OSB'ler halinde kümelenen ~950 adet tekil sanayi tesisindeki 350'nin üzerindeki tekil endüstriyel AAT'nin de belli bir süreçte kapatılarak inşa edilecek müşterek AAT'ler ile 4 büyük tesiste toplanması ve çıkış sularının komşu Marmara Denizi havzasına aktarılması

öngörülmüştür. OSB AAT çıkış sularının Ergene'den (Çorlu Deresi Alt Havzası) Marmara'ya transferinde başlıca aşağıdaki etkenler dikkate alınmıştır (Odakent-İTÜ, 2012):

- OSB proses atıksularındaki “çok yüksek renk ve tuzluluk/iletkenlik” parametrelerinin bilinen İleri Biyolojik Arıtma Prosesleri (A²O Prosesi) ile giderilemeyeceği,
- İleri Biyolojik Arıtma sonrası renk ve iletkenlik giderimi maksatlı ilave membran arıtma (mikrofiltrasyon (MF) + ultrafiltrasyon (UF) + nanofiltrasyon (NF) ± ters ozmos (TO) sistemi) uygulanması halinde birim maliyetin ~ 0,7 \$/m³ gibi çok yüksek değerlere ulaşması ve ayrıca giriş debisinin ~%50'sine varan TO konsantrasyonunun Ergene'ye deşarjının mümkün olmayışı,
- İleri Biyolojik Arıtma sonrası ozonla oksidasyon teknolojisi uygulanması halinde (~0,13 \$/m³ maliyetli) de, renk gidilmekle birlikte tuzluluk/iletkenliğin giderilemeyeceği ve bu sebeple ozonlama sonrası çıkış suyunun yine Ergene'ye verilemeyecek olması;
- Ergene Havzası'ndaki OSB'lerin İleri Biyolojik AAT çıkışlarının Marmara'ya aktarılması (Derin Deniz Deşarjı) projesi sayesinde, sorun teşkil eden renk ve tuzluluk/iletkenlik parametrelerinin ~ 0,12 \$/m³ birim maliyetle (ve Marmara Denizi'nin su kalitesi ve sucul ekosistemine asgari etki ile) gideriminin mümkün oluşu.

Endüstriyel Atıksu Yönetimi Master Planı (İÖ Çevre, 2010) ve Meriç-Ergene Havzası Müşterek OSB AAT Çıkış Sularının Marmara'ya Derin Deşarj Sistemi Fizibilite Raporu (Odakent AŞ - İTÜ, 2012) doğrultusunda, tiplendirilmiş A²O ve kimyasal son çöktürme prosesi olarak tasarlanan Müşterek AAT'ler ile Ergene Havzası dışına aktarılarak -47,5 m derinlikten Marmara Denizi alt tabakasına deşarjı öngörülen atıksu miktarı ilk aşamada ~5 m³/s'dir (Tablo 5). OSB Müşterek AAT'leri proses tasarım kriterleri için aynı bölgede 1976 yılından beri faal durumdaki tekstil ağırlıklı tipik sektörel profile sahip Çerkezköy OSB AAT'de (Q = 50.000 m³/gün) tecrübe edilen ham atıksu değerleri (KOİ=1500 mg/l, AKM=350 mg/l, TKN=75 mg/l, TP=5 mg/l, Renk= 1500-2000 Pt-Co) esas alınmıştır.

Tablo 5. Ergene (Çorlu Deresi Alt Havzası) Havzasındaki Endüstriyel AAT Çıkış Debi Miktarları

OSB'ler	1.Kademe, Q _{AAT} (m ³ /gün)	2. Kademe, Q ₂₀₃₀ (m ³ /gün)
Ergene 1 OSB AAT	60.000	90.000
Ergene 2 OSB AAT	60.000	90.000
Velimeşe	150.000	200.000
Çorlu 1 OSB AAT	15.000	30.000
Çorlu Deri İhtisas ve Karma OSB AAT	36.000	48.000
Çerkezköy OSB AAT	80.000	120.000
TOPLAM	401.000	578.000

Ergene'den (Çorlu Deresi Alt Havzası'ndan) Marmara'ya aktarılacak OSB AAT çıkış suları için Tablo 6'daki deşarj limitleri esas alınmıştır. Seçilen arıtma prosesi (A²O + FeCl₃ ile Kimyasal Çöktürme) ile giderilemeyen renk parametresinin derin deniz deşarjı ile -47,5 m'den Marmara Denizi'ne deşarj sonrası seyrelme yoluyla (asgari 45 misli seyrelme) gözle fark edilmeyecek seviyeye getirileceği öngörülmüştür (Odakent AŞ – İTÜ, 2012).

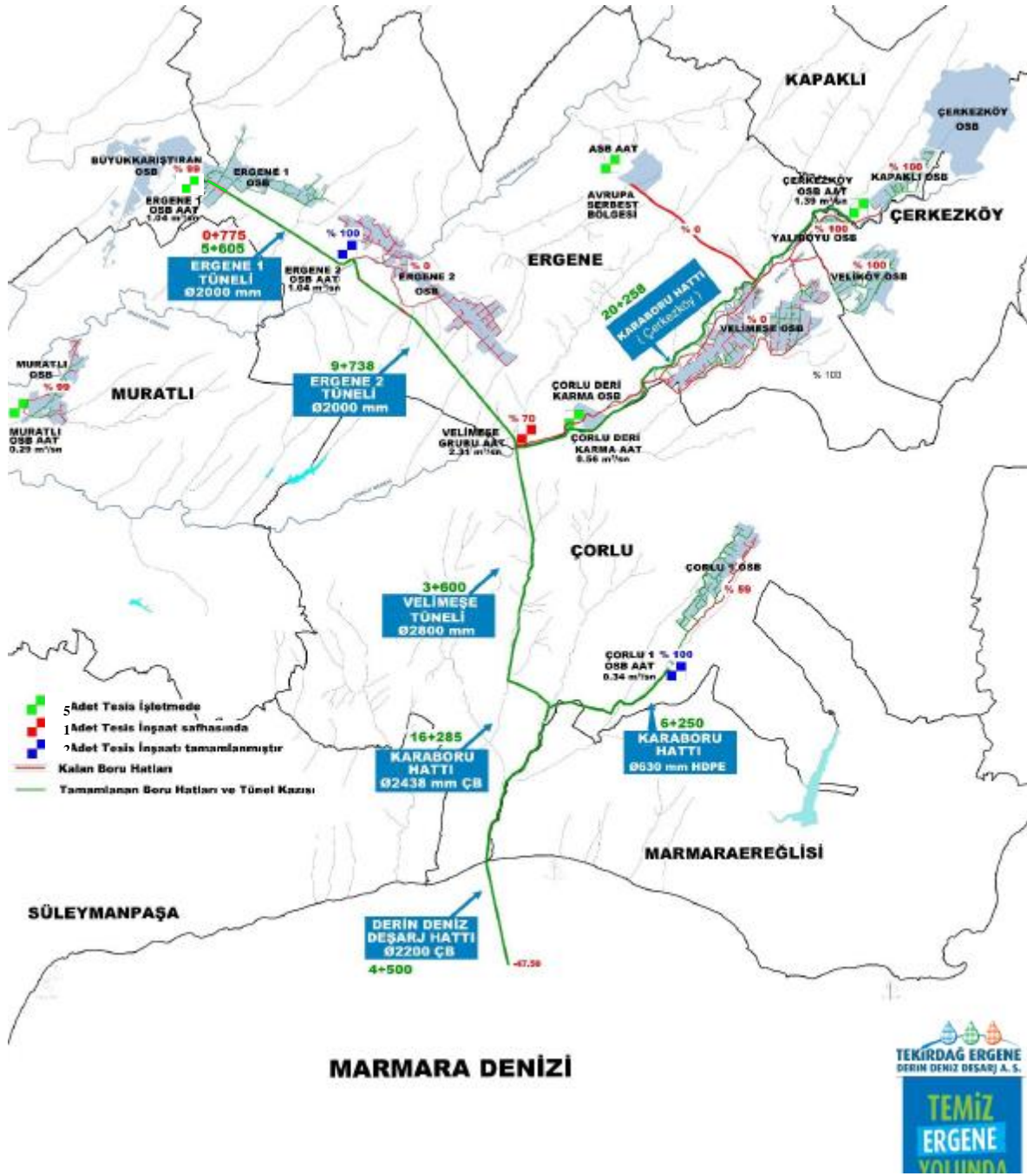
Tablo 6. Baz Alınan Deşarj Standartları (Odakent AŞ – İTÜ, 2012)

Parametre	Birim	Ergene Nehrinde Deşarj Standartlarına Kısıtlama Genelgesi (2019)	SKKY (2004)	Tasarıma Esas Kriterler
			Kompozit Numune 2 saatlik	
AKM	mg/L	-	200	100
KOİ	mg O ₂ /L	200	400	150
TN	mg N/L	-	20	15
TP	mg P/L	-	2	2
Renk	Pt-Co	-	280	280

Kavramsal tasarım ve ihale dokümanları İTÜ tarafından hazırlanan OSB AAT'leri (5 tesis), arıtılmış atıksu ana toplama ve derin deniz deşarj sistemi ve OSB'lerin atıksu/yağmursuyu şebekeleri 2014-2015 döneminde ayrı paketler halinde ihale edilmiştir. Bu yatırımlarla ilgili faaliyetleri yürütmek üzere ilgili OSB yönetimlerinin ortaklığı ile kurulan Tekirdağ Ergene Derin Deniz Deşarj A.Ş., inşaat işlerinin kontrol ve denetimini sağlamıştır. Söz konusu ihale işlerinin mali portresi Tablo 7'de topluca verilmiştir.

Tablo 7. Ergene (Çorlu Alt Havzası) Havzası OSB Ortak AAT ve Marmara'ya Derin Deniz Deşarj Sisteminin Mali Portresi

	Milyon Dolar (2018 Yılı)
OSB Ortak AAT'leri (4 Tesis)	97,6
Atıksu Kanalizasyon Şebekeleri	38,6
Arıtılmış Atıksu Toplama ve Derin Deniz Deşarj Sistemi	117,0
Kalan Eksik İşler (~%20)	47,0
Toplam	~300,2



Şekil 4. Ergene Derin Deniz Deşarj Sistemi

Ergene (Çorlu Alt Havzası) Bölgesi OSB AAT çıkış suların Marmara'ya aktaran basınçlı kara boru hattında, derin deniz deşarj hattı yüklemesi öncesi ~43 m'lik bir hidrolik yük bulunmaktadır. Bu yükü değerlendirmek üzere, derin deniz deşarj hattı yüklemesi girişinden önce ~2,4 MW kurulu güçte bir HES kurulabileceği öngörülmüştür. İlk yatırım maliyeti 2,6 milyon \$ olarak hesaplanan bu HES tesisinden (i = 0,08, n=20 yıl ve elektrik satış fiyatı ~0,1 \$/kWh) elde edilebilecek net gelirin ~0,015 \$/m³ olacağı tahmin edilmektedir (Odakent AŞ-İTÜ, 2012).

Ergene Havzası'ndaki OSB AAT çıkış sularının Marmara Havzası'na aktarılmasını sağlayacak olan projenin (Şekil 4) Ergene 1 (Ø2000 mm, L=6.380m), Ergene 2 (Ø2000 mm, L=9.740 m) ve Velimeşe (Ø2800 mm, L=3.600 m) tünelleri ile Çerkezköy (YYPE, DN1200 mm, L= 17.750

m), ortak hat çelik boru (ST44, Ø2438 mm, L=16.300 m) ve muhtelif çap ve malzemeden (L=12.200 m) betonarme boru hatlarının ayrıca deniz hattının (BA kaplı ST52, Ø2200 mm L=4.500 m) yapımı tamamlanmıştır. Çerkezköy ve Çorlu Deri İhtisas OSB arıtılmış atıksularını toplayan Doğu hattı, 13 Kasım 2020'de Çorlu Deri İhtisas ve Karma OSB arıtılmış atıksuları ile (10.000 m³/gün debi) devreye alınmıştır. Çerkezköy OSB deşarjının sisteme bağlantı çalışmaları halen devam etmektedir. Ergene 1 ve Ergene1-2 tünelleri ile Çorlu 1, Ergene 2 ve Velimeşe OSB AAT'lerinin de 2021 yılı sonuna kadar tamamlanarak Ergene'den Marmara'ya arıtılmış endüstriyel atıksu aktarma sisteminin tamamının 2022 yılı itibarı ile işletmeye alınması öngörülmektedir (Öztürk vd., 2021).

Kaynaklar

İÖ Çevre Çözümleri AŞ. (2010). Meriç-Ergene Havzası Endüstriyel Atıksu Yönetimi Ana Plan Çalışması Final Raporu, Kasım 2010, OSİB Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.

MAR-AAT (2021). Marmara Denizi Havzası Noktasal Kirlilik Yükü Tespiti Projesi, T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Temmuz 2021, Ankara

Odakent AŞ - İTÜ (2012). Meriç-Ergene Havzası OSB Müşterek Atıksu Arıtma Tesislerinde, İleri Biyolojik Arıtma Uygulanmış Atıksuların Renk Giderimi Sonrası Ergene'ye veya Renk Giderimsiz Havza Dışına (Marmara) Deşarjını Sağlayacak İlave Toplama Arıtma ve Derin Deşarj Sistemi, T.C. OSİB Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.

Öztürk, İ. (2021). Bilimsel Veriler Işığında Marmara Denizi ve Türk Boğazlar Sistemi, Güncel 3D Hidrodinamik Modelleme, Su Bütçesi ve Kalitesi, İklim Değişikliği ve Kanal İstanbul Etkileri. Türkiye Bilimler Akademisi, Ankara.

Öztürk, İ., Karpuzcu, M.E., Ceyhan, M., Aktaş, M., Aydın, A.F., Karaaslan, Y. (2021). Türkiye'nin En Kapsamlı Çevresel Restorasyon ve Endüstriyel Kümeleme Uygulaması: Ergene Nehri Havzası Çevre Koruma ve Havzalar Arası Atıksu Transferi Projesi, Yayınlanmamış Teknik Rapor.

Polat S.Ç., Tugrul S. (1995). Nutrient and organic carbon exchanges between the Black and Marmara Seas through the Bosphorus Strait, Continental Shelf Research 15 (9), 1115-1132.

Polat, Ç. (1995). Nutrient And Organic Carbon Budgets In The Sea Of Marmara A Progressive Effort On The Biogeochemical Cycles Of Carbon Nitrogen And Phosphorus. Ph.D. Thesis, Institute of Marine Sciences, Middle East Technical University, Mersin, Turkey, 215 pp.

Polat, Ç. ve S. Tuğrul (1996). Chemical exchange between the Mediterranean and Black Sea via the Turkish straits. CIESM Science Series No.2, Bull. de l'Institut Océanog, Cilt:17, Sayfa: 167-186.

Resmi Gazete (RG), Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği (20.03.2010 tarih ve 27527 sayılı)

Resmi Gazete (RG), Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı)

Resmi Gazete (RG), Hassas Su Kütleleri ile Bu Kütleleri Etkileyen Alanların Belirlenmesi ve Su Kalitesinin İyileştirilmesi Hakkında Yönetmelik (23.12.2016 tarih ve 29927 sayılı).

Resmi Gazete (RG), Sularda Tarımsal Faaliyetlerden Kaynaklanan Nitrat Kirliliğinin Önlenmesine Yönelik İyi Tarım Uygulamaları Kodu Tebliği (Tebliğ No: 2016/46), (11 Şubat 2017 tarih ve 29976 sayılı), T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı.

Resmi Gazete (RG), Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği (23 Temmuz 2016 tarih ve 29779 sayılı), T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı.

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (STB) (2010). Organize Sanayi Bölgeleri Kanununda Değişiklik Yapan Kanun Tasarısı Taslağı, 31.08.2010, Ankara.

T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü, (2017). Marmara Bütünleşik Modelleme Sistemi (MARMOD) - Faz I.

T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü, (2021). Marmara Bütünleşik Modelleme Sistemi (MARMOD) - Faz II (devam ediyor).

TÜBİTAK-MAM (2010a). Marmara Havzası Koruma Eylem Planı (Destekleyen: T.C Çevre ve Orman Bakanlığı), Gebze, Kocaeli.

TÜBİTAK-MAM (2010b). Susurluk Havzası Koruma Eylem Planı (Destekleyen: T.C Çevre ve Orman Bakanlığı), Gebze, Kocaeli.

TÜBİTAK-MAM (2014). Ülkemiz Kıyı ve Geçiş Sularında Tehlikeli Maddelerin Tespiti ve Ekolojik Kıyı Dinamiği Projesi, (Destekleyen: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı), Gebze, Kocaeli.

TÜBİTAK-MAM (2016). Türkiye’de Havza Bazında Hassas Alanların ve Su Kalitesi Hedeflerinin Belirlenmesi Projesi (Destekleyen: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı), Gebze, Kocaeli.

TÜBİTAK-MAM (2017a). Katı Atık Ana Planı ve İl Atık Yönetim Planlarının Hazırlanması Projesi (Destekleyen: T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı), Gebze, Kocaeli.

TÜBİTAK-MAM (2017b). Katı Atık Toplama ve Bertaraf Maliyetlerinin Bölgesel Bazda Belirlenmesi Projesi (Destekleyen: T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı), Gebze, Kocaeli.

TÜBİTAK-MAM (2021-a). Marmara Havzası'nda Su Kalitesi İzleme Projesi (Destekleyen: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı), Gebze, Kocaeli.

TÜBİTAK-MAM (2021-b). Nitrata Hassas Bölgelerin Belirlenmesi ve Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi (Destekleyen: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı) (devam ediyor).

TÜBİTAK-MAM (2021-c). Marmara Denizi Eylem Planı Yayılı Kaynaklı Kirliliğin Tespiti Alt Çalışma Grubu Marmara Denizi Havzası Yayılı Kaynaklı Kirlilik Yükleri Ve Alınacak Tedbirler Özet Raporu, Gebze, Kocaeli

url-1: <https://www.isu.gov.tr/>

Çözüm Önerileri Tablosu

Çözüm Önerileri	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)	Kısa Gerekçe
SAİS tebliğinin Marmara Denizi Havzası'nda bulunan tüm tesisler için debi sınırı olmaksızın uygulanması	Kısa/Orta	Kirletici yüklerinin belirlenmesinde atıksu debisinin bilinmesi önemlidir. Gerçek zamanlı takip yapılarak problemler karşısında hızlı aksiyon alınması gerekmektedir. Bu konu ile ilgili Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Marmara Denizi Eylem Planı Koordinasyon Kurulunda karar almıştır. Burada önemli olan sadece doğrudan denize deşarjı olanlar değil alıcı ortama deşarjı olan tüm faaliyetlerin izlenmesidir.

Marmara Denizi su kalitesinin iyileşmesini teminen ilgili yönetmeliklerde belirlenen sınırlar üzerinde olan kaçak deşarjların etkin bir şekilde izlenmesi	Kısa/Orta	Denizlere deşarj yapan sanayi kuruluşları ve atıksu arıtma tesislerinin çıkış suyu kalitesinin etkin bir şekilde izlenmesi önem arz etmektedir.
Endüstriyel ve katı atık depolama sahalarından kaynaklanan atıksularda organik madde, toplam azot, fosfor, iletkenlik, renk parametrelerinin izlenmesi ve yük bazında etkilerinin ortaya konması	Kısa	Marmara Denizi'ne yapılan endüstriyel deşarjların tüm kirletici parametreler ve arıtma teknolojisi uygulanabilirlik seviyesi açısından değerlendirilmesi gereklidir.

2. NOKTASAL VE YAYILI KİRLİLİĞİN AZALTILMASI

2.1. NOKTASAL KİRLİLİĞİN AZALTILMASI

Hedef Başlığı

- ***Marmara Denizine deşarj limitlerinin durumun hassasiyeti göz önüne alınarak tekrar değerlendirilmesi ve alıcı ortamlar için belirlenen alıcı ortam standardı ile deşarj standardı birlikte ele alınması ve özel sektör/kamu tüm arıtma tesislerinin kesintisiz denetimlerin yapılması***

Mevcut Durum Tanımlaması:

Ülkemizde, su kaynaklarının korunmasında uygulanan en önemli yönetmelik olan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) (31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı) ile deşarj standartları teknoloji bazlı verilmekte ve her alıcı ortamın aynı nitelikte olduğu kabul edilerek aynı sektörel deşarj standartları geçerli sayılmaktadır. Çoğu sektör tablosunda azot ve fosfor için değerler bulunmamaktadır. Eysel atıksu arıtma tesisleri için Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği'nde (08.01.2006 tarih ve 26047 sayılı) verilen azot ve fosfor için deşarj standartları olmasına rağmen bütün alıcı ortamlar için aynı standart değerler geçerli olmaktadır. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY) (10.08.2016 tarih ve 29797 sayılı) ise sürdürülebilir kalkınma hedefleri ile uyumlu bir şekilde koruma kullanma dengesi gözetilerek yüzeysel su kaynaklarının korunmasını ve iyi su durumuna ulaşılması için alınacak tedbirlere yönelik esasları ortaya koymaktadır. Bununla birlikte ülkemiz koşullarında eksik olan, Su Çerçeve Direktifinde (SÇD) de belirtildiği üzere su kaynaklarının korunmasında alıcı ortam su kalitesi göz önüne alınarak belirlenen alıcı ortam bazlı deşarj standartlarının uygulanmasıdır.

Alıcı ortam bazlı deşarj limiti belirlenmesi kapsamında ülkemizde iki büyük proje yürütülmüştür. Gediz Havzası (TÜBİTAK-MAM, 2017) ve Küçük Menderes Havzası'nda (TÜBİTAK-MAM, 2021) gerçekleşen çalışmalarda, alıcı su ortamının iyi su kalitesine ulaşması hedefi esas alınarak noktasal kaynaklara deşarj limitleri verilmiştir.

Marmara Denizi'ne deşarjı bulunan Marmara ve Susurluk Havzaları sanayinin yoğun olduğu en önemli iki havzadır. Benzer çalışmalar, Marmara ve Susurluk Havzalarında ivedilikle başlatılmalıdır.

Marmara Denizi Eylem Planı uyarınca T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 2021/13 sayılı genelge ile Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) değerlerinde kısıtlamaya gitmiştir ancak müsilaaj oluşumunda etkisi olan azot ve fosfor parametreleri için de benzer kısıtlar mutlaka getirilmelidir.

Kaynaklar

TÜBİTAK-MAM (2017), Günlük Maksimum Toplam Yük Yaklaşımının Gediz Havzasında Uygulanması Projesi (Destekleyen: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı).

TÜBİTAK MAM (2021), Alıcı Ortam Bazlı Deşarj Limiti Belirlenmesi - Küçük Menderes Havzası Örneği, 116Y413 No'lu TÜBİTAK 1003 Projesi.

Resmi Gazete, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı)

Resmi Gazete, Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği (08.01.2006 tarih ve 26047 sayılı)

Resmi Gazete, Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (10.08.2016 tarih ve 29797 sayılı)

Çözüm Önerileri Tablosu

Çözüm Önerileri	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)	Kısa Gerekçe
Alıcı ortam bazlı deşarj limiti belirlenmesi çalışmalarının, Marmara ve Susurluk Havzaları'nda ivedilikle başlatılması	Kısa	Marmara Denizi'nde ve Marmara Denizi'ne dökülen nehirlerde su kalitesinin hedeflenen iyi su kalitesine ulaşabilmesi için alıcı ortam su kalitesini dikkate alan deşarj limitleri ivedilikle belirlenmelidir.
Akarsulara yapılacak deşarjlarda debiye oranla deşarj edilecek atık su debisi/yükünün sınırlandırılması	Kısa/Orta	Nilüfer Çayı gibi akarsularda mevcut debinin en az 10 katı kadar atıksu deşarjının yapılması, akarsuyun tamamen doğal niteliğini kaybetmesine ve bir atık kanalına dönüşmesine neden olmaktadır. Akarsuyun mevcut debisine göre deşarj edilebilecek maksimum atıksu debisi için sınırlamalar getirilmesi aciliyet arz etmektedir.
Atıksu arıtma ve suyun geri kazanımı için denetimlerin yanı sıra teşvik edici uygulamaların hayata geçirilmesi, ÇŞİDB'nin verdiği elektrik teşvikine ek olarak T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Kalkınma Ajansları, Odalar Birliği vb. kurumların su geri kazanımı yapan tesislere yatırım ve işletme teşvikleri geliştirmesi	Kısa	Marmara Denizi'nde ve Marmara Denizi'ne dökülen nehirlerde su kalitesinin hedeflenen iyi su kalitesine ulaşabilmesi için su geri kazanımı ve temiz üretim uygulamalarının yapılması zaruridir.
Noktasal kaynaklardan gelen güncel kirlilik yükleri ile deniz izleme çalışma sonuçları beraber değerlendirilerek Marmara Denizi'ne ulaşan her bir noktasal kaynağa KOİ, TN ve TP deşarj limitleri verilmesi	Kısa	Genellikle fosfor ve bazı durumlarda azot kısıtlayıcı iki parametre olduğu için müsilaj, alg patlaması vb. süreçlerin ortaya çıkmasının en önemli sebeplerin başında gelmektedir.
SAİS tebliğinin, debi kısıtı olmadan, alıcı ortama deşarjı bulunan havzadaki tüm tesisleri kapsaması	Kısa	Kirletici yüklerinin belirlenmesinde atıksu debisinin bilinmesi önemlidir.
Noktasal kaynakların neden olduğu kimyasal biyolojik ve toksikolojik ölçümlerin ve değerlendirilmelerin yapılması	Uzun	Sadece aşırı alg artışı değil biyolojik ve toksikolojik unsurların da sürece etkisinin belirlenmesi en önemli sebeplerin başında gelmektedir.

Hedef Başlığı

- ***Evsel ve Endüstriyel AAT' lerde mevcut durum, suyun geri kazanımı ile sürdürülebilir yenilikçi teknolojiler⁶***

Mevcut Durum Tanımlaması:

Alıcı ortama deşarjı olan evsel ve endüstriyel tesislerin deşarj standartları Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete) ilgili tablolarında tanımlanmıştır. Ancak çoğu sektör tablosunda azot ve fosfor için değerler bulunmamaktadır. Olanlarda ise değerler teknoloji bazlı olarak verilmekte ve alıcı ortam su kalitesini dikkate almamaktadır. Alıcı Ortam Standardı ve Deşarj Standartlarında azot ve fosfor konsantrasyonlarının düşürülmesine ve kirlilik kontrolünün birlikte ele alınmasına ihtiyaç vardır.

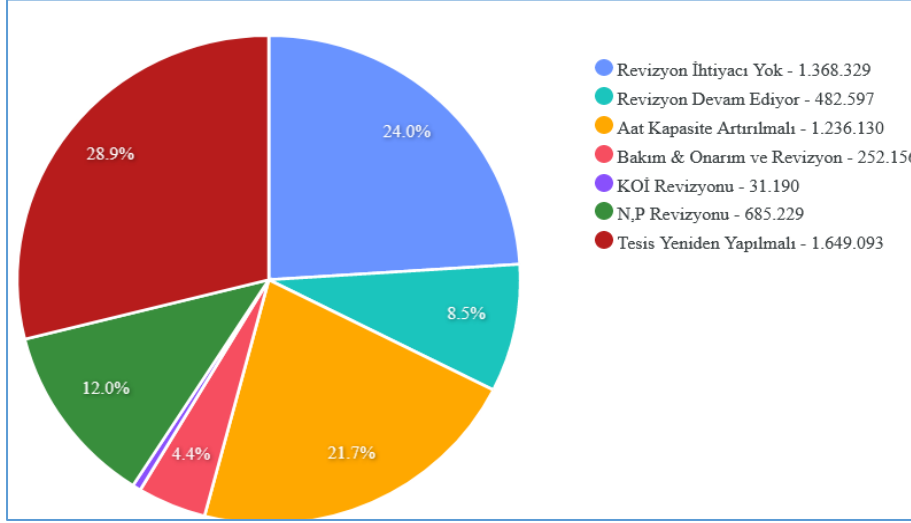
Ülkemizde çoğunlukla veri eksikliği ve mevcut verilerin değerlendirilmeden, fizibilite çalışmaları yapılmadan tesis tasarımları gerçekleştirilmekte, bu durum atıksu arıtma tesislerinin hatalı planlamasına neden olmaktadır. Mevcut durumda AAT'lerinin teknoloji seçimleri, tasarım kriterleri, deşarj kriterlerinin sağlanması ile ilgili bir veri tabanı bulunmamaktadır. Bu verilerin kullanıcılara açılması önemlidir. Atıksu arıtma tesislerinin deşarj kriterlerinin sağlanmasında Marmara Denizi'ne verdiği katkı teşvik kapsamında değerlendirilmelidir. Öngörülen deşarj yükünün çok altında yapılan deşarj uygulamaları ödüllendirilmelidir. Ayrıca, geri kazanım ve enerji verimlilikleri de bu kapsam içine dâhil edilmelidir. Kentsel atıksu arıtma tesislerinin amacına uygun tasarlanmış ve Marmara Denizi için belirlenen deşarj kriterlerine uyum sağlayacak şekilde işletilmesi önemlidir.

Hedefine uygun planlanmamış ve işletmesi verimsiz tesislerden deşarj edilen atıksular alıcı su ortamlarına zarar vermektedir. Öte yandan ihale yönteminde yapım ve işletmenin birlikte değerlendirilmesi, işletme için ise en az 5-6 yıllık sürenin mecbur kılınması gereklidir. İhale usulü ile işletilen tesislerde işletme süresinin 5 yıldan az olması, firmanın ticari kaygı duyması nedeni ile bakım-onarım ve iyileştirme çalışmalarından imtina etmesine neden olabilmektedir. Diğer bir husus ise tesislerde yetkin personelin çalıştırılmamasıdır. Arıtma tesisi çıkışlarında yürürlükteki Kentsel Atıksuların Arıtılması Yönetmeliği'nden (08.01.2006 tarih ve 26047 sayılı) daha yüksek arıtma verimleri gerekebilir. Dünyanın çeşitli yerlerinde buna benzer uygulamalara rastlanmaktadır. Marmara Denizi'ne ait özel deşarj kriterleri; havzadan/diğer havzalardan gelen noktasal ve yayılı yükler ve endüstriyel katkılar da dikkate alınarak modellenmesi esasına dayalı olarak belirlenmelidir. Bu durumda mevcut arıtma teknolojileri yetersiz/atıl kalacağı için en uygun teknolojinin belirlenmesi, arıtma tesislerinin revizyon gereksinimlerinin saptanması yerinde olacaktır. İlk aşamada, organik madde giderimi sağlanmalı ancak gelecek planlamasında ileri biyolojik atıksu arıtma tesisi/geri kazanım tesisine dönüştürmesine imkan vermelidir.

⁶ Aşağıdaki hedef başlıklarını kapsamaktadır.

- Evsel/kentsel ve endüstriyel kirlilik yükleri ile mücadeleye yönelik kurulan arıtma tesislerinde mevcut durum değerlendirmeleri ve yenilikçi çözümlerle sürdürülebilir teknolojik dönüşümlerinin geliştirilmesi
- Marmara havzalarında yoğun olarak faaliyet gösteren tekstil, deri, gıda gibi aşırı besin (nutrient) maddesi deşarjına neden olabilecek sektörlerde temiz üretim teknolojileri, geri kazanım ve ileri arıtma uygulamalarının geliştirilmesi
- Geri kazanılan su miktarının artırılması ve Marmara Denizine gelen kirletici yükünün minimum deşarj temin edilerek azaltılmasına yönelik araştırmalar

MAR-AAT (2021) projesi kapsamında Marmara Denizi Havzası'nda yer alan atıksu arıtma tesisleri yerinde incelenmiş olup, tesislerin revizyon ihtiyaçları belirlenmiş ve yaklaşık maliyetleri hesaplanmıştır. Bu çalışmaya göre tespit edilen durum Şekil 5'te tesis debilerine göre % dağılımları şeklinde verilmektedir.



Kaynak: MAR.AAT Projesi Veri Tabanı (2021)

Şekil 5. Atıksu arıtma tesisleri revizyon durumları (debi bazında m³/gün)

Marmara Denizi Havzası'nda endüstriyel faaliyetlerin geri kazanım suyu/hammadde ihtiyaçlarına göre atıksu yönetimi ile entegre bir planlama yapılması gereklidir. Bu plan dahilinde gerekli su kalitesi, tesis içi planlanacak su geri kazanımı ve konsantre yönetiminin de dikkate alınması önemlidir. Endüstriyel faaliyetler genellikle düşük iletkenliğe sahip su talebinde bulunmaktadır. Ancak, atıksu arıtma tesislerinde kanalizasyona endüstriyel deşarjlar ve sahil kuşaklamalarından ileri gelen deniz suyu girişi nedeniyle yüksek iletkenliğe sahip olmaktadır. Atıksu arıtma tesislerinin planlanmasının kanalizasyon sistemleri ile birlikte düşünülmesi gerektiği aşıkardır. Bazı endüstrilerde ve OSB'lerde membran, geri kazanım teknolojileri kullanılarak sifıra yakın sıvı deşarjı uygulanmaktadır. Kocaeli Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSU) bünyesinde (url-1) Körfez, Kullar, Plajyolu ve Gebze Atıksu Arıtma Tesislerinde arıtılmış kentsel atıksular sanayiye kullanım suyu olarak verilmektedir. Bu uygulamalar başta Marmara Denizi Havzası'nda olmak üzere ülkemizde yaygınlaştırılmalıdır.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı adına 2017 yılında "Atıksu geri kazanımında membran uygulamaları için konsantre akım yönetim modeli ve mevzuat uygulama metodolojisi geliştirilmesi projesi (MEMKON Projesi)", Gebze Teknik Üniversitesi, İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Süleyman Demirel Üniversitesi tarafından oluşturulan bir ekip tarafından tamamlanmıştır. Endüstriyel atıksuların arıtılarak proses suyu olarak yeniden kullanımı yüksek maliyetli yatırım ihtiyacı gerektirebilmektedir. Yüksek kalitede yeniden kullanım suyu üretimi için membran teknolojileri konvansiyonel atıksu arıtma prosesleri sonrasında sıkça kullanılmaktadır. Ülkemizde de membran teknolojileri uygulamalarındaki artışa rağmen konsantre akımların yönetimi konusunda önemli bir boşluk bulunmaktadır. Bu bağlamda, yüksek maliyetli bu yatırımlara karar verilirken kullanım suyu kalite ihtiyacına bağlı olarak membran seçimi ve konsantre yönetimi açısından bir karar destek mekanizması oluşturulması, teknik ve ekonomik analizlerin yanı sıra hem atıksu geri kazanımının

desteklenmesi hem de yapılacak yatırımların mevzuatla uyumlu olmasının sağlanması amacıyla bu proje gerçekleştirilmiştir. Proje sonucunda atıksu geri kazanımında yaygın olarak kullanılmaya başlanan membran teknolojilerinden kaynaklanan konsantre akımlarının ekonomik bir biçimde bertarafı/arıtımı ve yönetimine ilişkin ülkemize özgü uygulanabilir bir konsantre akım yönetim modeli ve mevzuat uygulama metodolojisinin oluşturulması ile kurumsal kapasitenin bu doğrultuda geliştirilmesi hedeflenmiştir. Proje çıktısı olarak ulusal mevzuatımız ile uyumlu net bir yönetim modelinin ortaya konulması, etkin ve ekonomik olarak konsantre arıtımı/bertarafı, yönetimine ilişkin alternatif ve önerilerin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca proje kapsamında yapılan tüm çalışmalarının özetini içeren bir El Kitabı hazırlanmıştır (MEMKON, 2017).

Deniz ortamına en önemli azot ve fosfor girdisi, atıksu arıtma tesislerinin arıtılmış atıksularının deşarj edildiği dereler kanalı ile olmaktadır. Bu açıdan derelerin kirlilik durumunun izlenmesi deniz ekosisteminin trofik seviyesinin belirlenmesinde önemli veri sağlayacaktır. Dolayısıyla, yerel standartlar oluşturulurken, bütüncül bir anlayış izlenerek havza bazında Marmara Denizi'ne dökülen tüm akarsular için kapsamlı düşünülmalıdır. Şu an kapsamlı şekilde takibi yapılmayan ve standartları belirlenmemiş olan mikrokirletici, vb. grupları için de alıcı ortam deşarj standartları oluşturulmalıdır. Mülga T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı adına yapılan "Ülkemiz Kıyı ve Geçiş Sularında Tehlikeli Maddelerin Tespiti ve Ekolojik Kıyı Dinamiği (KIYITEMA, 2012-2014) Projesinden elde edilen sonuçların da geri kazanım ve ileri arıtma uygulaması yapması gereken kirletici sektör ve endüstrilerin belirlenmesinde ön tespit amacıyla kullanılması faydalı olabilecektir.

Tesis tasarımlarında su geri kazanımına imkân veren, kirletici yükünü azaltan teknolojik tesis tasarımının yanında alanları efektif kullanan modüler sistemlerin planlanması gerekecektir. Öte yandan atıksuların tarımsal, endüstriyel ve ikincil kullanım amaçlarına göre değerlendirilmesi gerekeceğinden su depolama ve taşınmasına yönelik ihtiyaçlar havza bazında su yönetimi planı dâhilinde yapılmalıdır. Böylece atıksuların Marmara Denizi'ne olumsuz etkileri de minimize edilmiş olacaktır.

On Birinci Kalkınma Planına göre arıtılmış atıksuların yeniden kullanım oranı hedefi 2018 yılında %1,2, 2023 yılı hedefi ise %10 olarak belirtilmiştir.

Atıksuyun yeniden kullanımı ile Marmara Denizi'ne deşarj edilen atıksu miktarının mümkün olduğunca azaltılması kuşkusuz en etkin yöntemdir. Evsel nitelikli atıksu deşarjlarının azaltılmasında iki temel yaklaşım, su tüketiminin azaltılması veya kullanılmış atıksuyun arıtılarak alternatif su kaynağı olarak kullanılmasının sağlanmasıdır. Kullanılan su kalitesinin içme suyu standartlarında olmasının gerekli olmadığı durumlarda ayrı toplanan gri suyun arıtıldıktan sonra tekrar kullanılması, nihai alıcı ortama yapılan atıksu debisi deşarjlarını ortalama % 40 oranında azaltacaktır.

Kullanım suyu ihtiyacının karşılanması için içme suyunun kullanılması hem sınırlı su kaynaklarımızın hızla azalmasına neden olmakta, hem de fazla atıksu oluşmasına sebep olmaktadır. Marmara Denizi çevresinde yaklaşık 25 milyon kişinin yaşadığı düşünüldüğünde ortaya çıkan atıksu deşarjı boyutu da büyük seviyelere ulaşmaktadır. Bu durum hem su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını engellemekte hem de istenilen seviyede arıtılmadan deşarj edilen atıksular sebebiyle Marmara Denizi'nin ekosistemini tehlikeye düşürmektedir. Banyo, mutfak lavabolarından kaynaklanan ve gri su olarak tanımlanan atıksular organik içeriği yüksek olan siyah sudan (tuvaletlerden kaynaklanan) ayrı toplanması ve farklı amaçlar için kullanılmasının teşvik edilmesi gerekmektedir. Gri sular, arıtma ve geri kazanımı yapılabilecek kalitede olması sebebiyle, direkt insanla temas etmeyen alanlarda bahçe sulama, yangın

kontrolü, sifon suyu gibi ikincil kullanım için potansiyel bir kaynak olarak görülmektedir. Gri suların geri kazanımı sürdürülebilir su kalite yönetimi ve yerleşim alanlarının alıcı ortam kirliliğine olan olumsuz etkilerinin minimize edilmesi bakımlarından önem kazanmaktadır. Gri atık su grubu içerisinde yer alan çamaşırhane atık suları içerdikleri deterjanların özelliklerine göre azot, fosfor gibi organik kökenli kirleticiler, askıda katı madde (AKM), yağ-gres, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), ağır metaller ve çeşitli çözücüleri içermektedir. Bu kirleticileri içeren çamaşır atık suyu, uygun arıtım yapılmadan boşaltıldığında alıcı su ortamını potansiyel olarak kirlenmektedir. Bu nedenle endüstriyel çamaşırhane atıksuları, çeşitli arıtım metotları vasıtası ile ısı, deterjan, zaman ve temiz su geri kazanımı sağlanabilme potansiyelini de barındırmaktadır. Böylece endüstrinin neden olduğu çevresel etkileri önlemek için atık sular arıtıldıktan sonra alıcı ortamlara verilmelidir.

Burada göz önünde bulundurulması gereken en önemli hususlar öncelikle toplumun onayı ve desteğinin alınması ve gerekli mali kaynakların temin edilmesidir. Atıksuların geri kazanılması projelerinin öncelikle halk sağlığı dikkate alınarak hazırlanmalıdır. Ayrıca alt yapıya ait planları, arıtmanın güvenilirliğini ve ekonomik analizini içermelidir.

Diğer önemli bir konu endüstrilerde ve termik santrallerde kullanılmış olan soğutma sularının denize deşarjı ve deniz üzerindeki etkileridir. Elçi vd.(2011) tarafından yapılan bir çalışmada Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali soğutma kulelerinden deşarj edilecek soğutma sularının, deşarj edilecek ortam olan dereye termal etkilerinin sayısal modelleme ile araştırma sonuçları verilmiştir. Sıcaklık bakımından en elverişsiz koşulların yılın kurak aylarında oluşabileceği göz önünde bulundurularak, kurak ve yağışlı dönem için ayrı ayrı modelleme yapılmıştır. Sıcaklık modellemesinden çıkan en önemli sonuç, soğutma suyu deşarjının dere su sıcaklığına etkisinin dereye akış olan kesimlerde ihmal edilebilir düzeyde olmasıdır. Deşarj noktasından itibaren ilk 200 m' deki akışın özellikle kurak aylarda olmaması nedeniyle bu kesimlerde santralden yapılacak soğutma suyu deşarjının sınırlı bir şekilde etkili olacağı söylenmiştir. Ancak model sonuçlarına göre bu durumda bile su sıcaklığının 22 °C'yi geçmeyeceği tahmin edilmiştir.

Şubat 2019 yılında MKS Marmara Entegre Kimya Sanayi A.Ş. Su Alma ve Derin Deniz Deşarjı Projesi kapsamında yapılan çalışmada Marmara Denizi'ne yapılan deşarjlarla ilgili, sıcaklık farkı açısından kritik olabilecek yaz aylarında dahi olabildiğince soğuk su alınması için su alma yapısı -26 metre su derinliği civarına yerleştirilerek Marmara Denizi'nde bulunan tabakalaşma sebebi ile yaklaşık -20 ~ -25 metre'den daha derinde yılın tümünde 16 ila 17 °C sıcaklığa sahip deniz suyunun bulunduğu belirtilmiştir. Sıcaklık açısından kritik olan yaz aylarında deşarj edilecek ısınmış suyun sıcaklığı üst tabakadaki deniz suyu sıcaklığına yakın bir sıcaklıkta olacağı belirtilmiştir (su alt tabakadaki nispeten soğuk bölgeden alınacağı için, ısındığında deşarj edileceği üst tabakadaki alıcı ortam sıcaklığına yakın bir değere sahip olacaktır).

Kaynaklar

Elçi A, Elçi Ş ve Boyacıoğlu H. Aksa Enerji Üretim Aş Manisa Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali Soğutma Suyu Deşarjı Termal Etkilerinin Sayısal Modelleme ile Araştırılması, Sonuç Raporu (2011).

MAR-AAT (2021). Marmara Denizi Havzası Noktasal Kirlilik Yükü Tespiti Projesi, T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Temmuz 2021, Ankara.

MEMKON (2017). Atıksu geri kazanımında membran uygulamaları için konsantre akım yönetim modeli ve mevzuat uygulama metodolojisi geliştirilmesi projesi, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2017, Ankara.

MKS Marmara Entegre Kimya Sanayi A.Ş. Su Alma ve Derin Deniz Deşarjı Projesi, Yönetici Özeti, Şubat 2019.

Öztürk, İ. (2021). Bilimsel Veriler Işığında Marmara Denizi ve Türk Boğazlar Sistemi, Güncel 3D Hidrodinamik Modelleme, Su Bütçesi ve Kalitesi, İklim Değişikliği ve Kanal İstanbul Etkileri. Türkiye Bilimler Akademisi, Ankara.

Resmi Gazete (RG), Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği (08.01.2006 tarih ve 26047 sayılı)

Resmi Gazete (RG), Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı)

TÜBİTAK-MAM (2014). Ülkemiz Kıyı ve Geçiş Sularında Tehlikeli Maddelerin Tespiti ve Ekolojik Kıyı Dinamiği Projesi, (Destekleyen: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı), Gebze, Kocaeli.

Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı, Strateji ve Bütçe Başkanlığı, On Birinci Kalkınma Planı, 2019-2023.

url-1: <https://www.isu.gov.tr/>

Çözüm Önerileri Tablosu

Çözüm Önerileri	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)	Kısa Gerekeçe
Marmara Denizi Havzası için Su Yönetim Planı hazırlanması	Kısa/Orta	Havza içindeki su ihtiyacına göre atıksu arıtma tesislerinin planlanması yapılması ve teknolojik gerekliliklerin belirlenmesi gereklidir.
Marmara Denizi için özel deşarj kriterlerinin belirlenmesi	Kısa	Marmara Denizi'nin özümleme kapasitesi bilinmemektedir. Yük bazında deşarj kriterleri belirlenmeli deşarj koşulları modelleme çalışması ile saptanmalıdır.
Su yönetimi için denetim sisteminin kurulması	Orta	Çevre kalitesinin ve su ihtiyacının sürdürülebilirliği ve dinamik yapısı itibarı ile güçlü bir denetim mekanizması belirlenmelidir.
Marmara Denizi Havzası Su Yönetim Planı kapsamında endüstriyel faaliyetler adına su talebinin karşılanması için planlama yapılması	Orta	Havza bazında su yönetiminin, fiyatlandırma ve teknolojik planlama açısından endüstriyel su kullanımına ait planlamanın yapılması gereklidir.

Tesislerin optimum koşullarında işletilmesi	Uzun	Evsel/kentsel atıksu arıtma tesislerinde atıksuda azot ve fosfor giderimine yönelik üniteler bulunmaktadır. Ancak arıtma tesisleri optimum koşullarda işletilmediği için ilave kimyasal arıtım uygulanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durumda daha fazla arıtma çamurlarının oluşmasına ve daha fazla kimyasal madde tüketimine sebep olmuştur.
Mevcut kentsel/evsel ve endüstriyel atıksu arıtma tesislerinin tasarım kriterleri ve deşarj kriterlerine uyumunun incelenmesi	Kısa	Tesisler ile ilgili veriler veri tabanı oluşturmak için çok önemlidir. Birçok tesiste günlük giriş ve çıkış verileri ölçülmektedir.
Marmara Denizi'ne kıyısı olan şehirlerdeki arıtma tesislerinden çıkan suyun takibi ve karakterizasyonu	Kısa	Arıtma tesislerinin çalışma performansları ortaya konarak gerekli yeniliklerin ve yatırımların belirlenmesi önem arz etmektedir.
Arıtma tesislerinin yağışlı günlerde daha sık denetlenmesi	Uzun	Ayrıca kirlilik yükü açısından, tesislere gelen endüstriyel atıksuların kanala deşarj kriterlerine uygunluğunun daha sıkı denetlenmesi ve kanalizasyon sistemine kaçak deşarjların önlenmesi gerekmektedir.
Arıtma tesislerinde taşkın (by-pass) hatlarının denetiminin yapılması	Uzun	Tesis bakımlarının debinin düşük olduğu yaz aylarında planlanması ve ön arıtma sonrası taşkın (by-pass) kullanımının yapılması önerilmektedir.
Atıksu arıtma tesislerinin vidanjör ile atıksu alma kabullerinin sağlıklı olmadığı, arıtma tesisi tarafından atıksu kabulü, arıtımı ve deşarjını içeren tüm adımların T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'na bağlı birimlerce denetlenmesi	Uzun	Marmara Denizi'ne deşarj edilen arıtma tesislerinin T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından su kaynaklarının korunması amacı ile standartlarda daha ileri kısıtlamaya gidilmesi halinde arıtma tesislerinin iyileştirilmesi gerekmektedir.
Marmara Denizi Havzası için atıksu arıtma ve alt yapı tesislerinin planlamasının yapılması, teknolojik gerekliliklerin saptanması	Kısa/Orta	Tesis için atıksu arıtma ihtiyaçları farklı olabilir. Dolayısıyla farklı teknolojik uygulamalar ile Marmara Denizi'ne girecek yükleri minimize edecek ve su kullanımını mümkün kılacak su yönetimi gereklidir.

Gerı kazanım tesisine dönüştürülmesi planlanan kentsel atıksu arıtma tesislerinin kanalizasyon altyapı tesisleri ile birlikte planlanması	Orta/Uzun	Marmara Denizi'nin korunması ve endüstriyel faaliyetlere su temini için mevcut kanal alt yapısının planlanması gereklidir.
SKKY tablolarına azot ve fosfor parametreleri için deşarj standartları getirilmesi, deşarj standartları belirlenirken alıcı su ortamının debisi ve kalitesi dikkate alınması. Geri kazanım için teşviklerin düzenlenmesi, geri kazanımın sadece endüstri değil evsel atıksu arıtma tesislerinde de teşvik edilmesi	Kısa/Orta	Marmara Denizi'nde ve Marmara Denizi'ne dökülen nehirlerde su kalitesinin hedeflenen iyi su kalitesine ulaşabilmesi için bahsedilen uygulamaların ivedilikle hayata geçmesi önemlidir.
Tesislerde, deşarj standartlarında patojen mikroorganizmaların göstergesi olarak mikrobiyolojik parametrelerin yer alması	Uzun	Kıyılara deşarj durumlarında dezenfeksiyon işleminin yapılması faydalıdır. Alıcı ortamda halk sağlığı açısından risk yaratabilecek bu durum, mikrobiyolojik analizler ile izlenmesi gerekmektedir.
Mevcut durumda biyolojik arıtma yapan tesislerin azot ve fosfor gideren ileri biyolojik arıtma tesislerine revize edilmesi	Uzun	Bu, mevcut deşarj standartlarının düşürülmesi, arıtma tesislerinin etkin biçimde işletilmesi, arıtılmış suyun geri kazanımı/alternatif kullanım alanlarının geliştirilmesi ve arıtılmış suyun deşarjının yapılabileceği alternatif alıcı ortamlarının (yer altı suyunu beslemesinde, sulama barajlarının oluşturulmasında, yer altı barajlarının oluşturulmasında kullanımı gibi) geliştirilmesi ile sağlanabilecektir.
Su geri kazanım yaklaşımlarının benimsenmesi, bu konuda stratejiler geliştirilmesi	Uzun	Tesislerde arıtılmış atık suyun geri kazanım üniteleri bulunmakla birlikte, su geri kazanımı tüm tesislerde etkin biçimde yapılmadığından, bu ünitelerin etkin biçimde kullanılması su kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından son derece önemlidir.

Yeni yapılan çok konutlu sitelerde ve kamu kurumlarında gri suların ayrı toplanmasının zorunlu hale getirilmesi	Orta	Çalışmalar evsel nitelikli atıksuların yaklaşık %60-70'inin gri sulardan oluştuğunu ortaya koymaktadır. Deşarj edilen suların miktarlarının azaltılmasında gri suların artırılarak tekrar kullanılması büyük önem taşımaktadır.
Marmara Denizi'nde ve Marmara Denizi'ne dökülen nehirlerde su kalitesinin iyileştirilmesini teminen ilgili sektörlerde temiz üretim uygulamalarına yönelik ihtiyaç duyulan teknolojilerin geliştirilmesi ve uygulamaların yaygınlaştırılması	Kısa/Orta	Teknolojik çözümler ile istenilen geri kazanım suyu kalitesine ulaşmak maliyetli olmakla beraber her zaman mümkün olmamaktadır. Bu durumlarda sanayi sektörlerinde Mevcut En İyi Tekniklerin (MET-BAT, BREF) uygulanmasıyla su ve hammadde kullanımının azaltılması sayesinde kirletici yükü de azaltılabilmektedir. Bu amaçla tesisler özelinde yapılacak detaylı temiz üretim etütleri ile atıksu kaynakları, kirlilik profili gibi önemli veriler elde edildikten sonra uygun tekniklerin uygulanması mümkündür.
Ayırma prosesi olan membran teknolojilerinde oluşan konsantre akım için yönetmelik düzenlenmesi	Kısa/Orta	Marmara Denizi'nde ve Marmara Denizi'ne dökülen nehirlerde su kalitesinin hedeflenen iyi su kalitesine ulaşabilmesi için bahsedilen uygulamaların ivedilikle hayata geçmesi önemlidir.
Dağınık şekilde çalışan sanayi kollarının belirlenmesi ve toplulaştırmanın yapılması	Kısa	Arıtımın sürdürülebilirliği, performansı ve maliyeti açısından benzer atık çıkaran endüstriyel faaliyetlerin belirlenmesi önemlidir.
OSB atıksu arıtma tesislerinde azot ve fosfor giderimine ilaveten, OSB içinde yer alan endüstriye özgü spesifik mikrokirleticilerin (mikro/nanoplastik, endokrin bozucular, poliklorlu hidrokarbonlar gibi) giderimine yönelik ileri arıtım birimlerinin oluşturulması	Uzun	Deşarj standartlarında mikrokirleticiler için sınır değer bulunmadığından bir zorunluluk olmamakla birlikte alıcı su ortamlarının korunması açısından, bu konuda ivedilikle gerekli yasal düzenlemelerin yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır.
Kirlilik yükleri fazla olan OSB'lerin, kanala kabul kriterlerinin gözden geçirilerek atıksu alımlarını daha kontrollü yapması, endüstriyel tesislerin ön arıtmalarının iyileştirilmesi	Uzun	OSB atıksu arıtma tesisinin güncel kirlilik yüklerinin tekrar hesaplanarak yeniden atıksu arıtma tesisinin revize edilmesi gerekmektedir.

<p>Ergene'den (Çorlu Deresi Alt Havzası'ndan) Marmara'ya aktarılacak OSB AAT çıkış sularının membran sistemleri uygulanarak tuz ve renk giderimi yapılarak geri kazanılması ve sadece konsantrenin derin deniz deşarj hattından verilmesi</p>	<p>Orta</p>	<p>Geri kazanılan suyun tekstil sektöründe ve sulamada yeniden kullanımı ile seviyesi oldukça düşmüş yeraltı sularının çekimi azalacak ve su rezervleri korunacaktır. Ayrıca yeraltı suyu çekimine harcanacak enerji yerine tuzun ve rengin giderimine yönelik yapılacak arıtmadaki enerji, benzer düzeyde olduğundan su geri kazanımı daha avantajlı olacaktır. Diğer bir avantajı da ülkemizdeki su geri kazanımına yönelik sürdürülebilir yenilikçi teknolojilere örnek olacaktır.</p> <p>Ayrıca, konsantreden tuzlu çözeltinin geri kazanılması ve boyamada kullanılması teknolojik olarak mümkün olup, özellikle tatlı su kaynağına deşarj eden işletmeler tarafından uygulanması, toprağın tuzlanmasının önüne geçilmesi açısından da önemlidir.</p>
<p>Sanayilerde üretim proseslerinin yeniden optimizasyonu ve fazla kullanılan kimyasalların ve suyun kullanımının azaltılması</p>	<p>Orta</p>	<p>Sürdürülebilir üretim ve arıtımın gerçekleştirilmesi gereklidir.</p>
<p>Tekstil, gıda ve deri sektörüne ileri oksidasyon yöntemlerinin (Fenton, Ozon, H₂O₂ vb. Prosesleri) uygulandığı arıtım tesisi kurma teşvikleri verilmesi</p>	<p>Kısa</p>	<p>Bu tip tesislerin atık sularının arıtımı tüm sistemin sürdürülebilir olarak çalışması için önem arz ettiğinden bu sanayi kollarının atık sularının arıtımı sucul ortam için önemlidir</p>
<p>Tekstil, gıda ve deri sektörlerinde kirliliğe neden olan kimyasalların yerine biyo bazlı kimyasalların kullanımını önceleyen projelerin geliştirilmesi ve teşvik edilmesi</p>	<p>Orta/Uzun</p>	<p>Sürdürülebilir bir arıtım ve çevre yaklaşımının için tüm sektörlerde olduğu gibi biyo bazlı veya çevre dostu malzemelerin kullanımı önemlidir.</p>
<p>Membran teknolojileri ve temiz üretim tekniklerinin yaygınlaştırılması maksadı ile teşviklerin devreye alınması</p>	<p>Kısa</p>	<p>Marmara Denizi'nde ve Marmara Denizi'ne dökülen nehirlerde su kalitesinin hedeflenen iyi su kalitesine ulaşabilmesi için temiz üretim teknikleri ve membran uygulamalarının yaygınlaştırılması önemlidir.</p>

Marmara Denizi Eylem Planı'nda yapılan tespitler uyarınca atıksu arıtma tesislerine sürdürülebilir teknolojik dönüşümler yapılması	Kısa/Orta	Marmara Denizi'nde ve Marmara Denizi'ne dökülen nehirlerde su kalitesinin hedeflenen iyi su kalitesine ulaşabilmesi ve ötrofikasyonun önlenmesi için önemlidir.
Dönüşümlerin etkinliğinin takibi için SAİS sistemlerinin alıcı ortama verilen yüke göre debi sınırı olmadan uygulanması	Kısa	Debi izlenmesi kirlilik yükü takibi için önemlidir.
Topluma çevre bilinci kazandırarak arıtma tesislerinin çalışmasını engelleyecek atık yağ gibi ürünlerin kanalizasyona dökülmesinin engellenmesi	Orta/Uzun	Sürdürülebilir bir arıtmanın devamı için tüm paydaşların bilinçlendirilmesi fayda sağlayacaktır.
İyi uygulama örneklerinin tanıtımı ve eğitim amaçlı olarak geliştirilecek örnek uygulama ve pilot sistemler atıksu geri kazanımı konusunda bilincin artmasına ve uygulamaların yaygınlaşmasına katkı sağlanması	Kısa	Uygulamalı çalışmalar bu tür yeni yaklaşımların yaygınlaştırılmasında son derece önemlidir.
Marmara Denizi kenarında kurulu soğutma suyu kullanan ve suyu tekrar denize deşarj eden güç santrali ve sanayi tesislerinde soğutma üniteleri ile deşarj suyu deniz suyu sıcaklık farkının minimize edilmesi	Kısa	Proseslerinde deniz suyu kullanan sanayi tesisleri ve güç santrallerinde, proses çıkışı sıcak deniz suyu denize deşarj edilmekte ve deniz suyunun ısınmasına sebebiyet vermektedir.

Hedef Başlığı

- **Atıksu Arıtma Tesislerinin Tasarımı İçin Yerel Standartların Oluşturulması**

Mevcut Durum Tanımlaması:

Noktasal kirletici kaynaklar açısından, Marmara Denizi müsilaaj probleminin önlenmesi için, atıksulardan azot ve fosforun ileri biyolojik arıtma tesisleri kullanılarak yüksek verim ile giderilmesi gerekmektedir. Ülkemizde yüksek maliyetli yatırıma sahip çoğu tesis, yurtdışı kaynaklı (Almanya, ABD, Hollanda vb.) tasarım standardı kullanılarak boyutlandırılmakta, işletme aşamasında beklenen çıkış performansı ve enerji kriterlerinin sağlanmasında sorunlar yaşanabilmektedir. Özellikle yaşam standartları, kanalizasyon sistemi yapısı, endüstriyel atıksuların kanalizasyona deşarj edilmesi, iklim vb. koşullar ileri biyolojik atıksu arıtma tesislerinin kritik tasarım parametrelerinde büyük farklılık yaratmaktadır. Yurt dışı kaynaklı tasarım kriterlerine göre azot giderimi için kısıtlayıcı faktör olan nitrifikasyon hızının çok düşük olduğu deneysel olarak belirlenmiştir (İnsel vd., 2020a; İnsel, 2014). Ayrıca organik madde ayrışma hızlarının çok daha düşük olması sebebi ile arıtma tesislerinde üretilen çamurların biyogaz üretiminin de düşük olduğu deneysel ve büyük ölçekli tesis simülasyonu ile belirlenmiştir (İnsel vd., 2020a; İnsel vd., 2021). Giriş atıksuyunda gün içinde saatlik debi ve karakterizasyon değişiminin yüksek olduğu, seçilen arıtma konfigürasyonlarının proses kontrol stratejilerinin uygulanabilirliği açısından elverişli olmadığı rapor edilmiştir (İnsel vd., 2020b). Gerçekteki koşulların projelendirme kriterlerinden farklı olması büyük yatırım gerektiren tesisleri atıl hale çevirmektedir. Örnek olarak deşarj kriterlerinin sağlanamaması, gerektiğinden fazla enerji tüketimi, alanlarının efektif kullanılamaması gibi önemli sonuçlar doğurmaktadır. Marmara Denizi'ne deşarj gerçekleştiren tüm atıksu arıtma tesislerinin projelendirme kriterleri, zamana bağlı performansı ve deşarj standartlarına uygunluğu incelenmelidir. Sonuç olarak bilimsel verilerle desteklenen yerel şartlarda uyumlu, tasarım ve revizyonların yapılması önerilmektedir.

Kaynaklar

İnsel G., Ozyıldız G., Okutman-Tas D., Guven D., Zengin GE., Pala Ozkok I., Sagir Kurt E., Atli E., Artan N, Takács I., Cokgor E. (2021). A Comprehensive Evaluation of Process Kinetics: A Plant-Wide Approach for Nitrogen Removal and Biogas Production, Science of Total Environment (gönderildi).

İnsel G., Artan N., Çokgör E., Akça Güven D., Okutman Taş D., Zengin Balcı GE., Özyıldız G., Pala I. (2020a). Atıksu Yönetimi Standardizasyon Projesi No-1: İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesislerinin Biyolojik Karakterizasyonu ve Dinamik Modellenmesi, Final Raporu, İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi, Strateji Geliştirme Başkanlığı, Kağıthane, İstanbul.

İnsel G., Artan N., Çokgör E., Akça Güven D., Okutman Taş D., Zengin Balcı GE., Özyıldız G., Pala I. (2020b). Kentsel Atıksu Arıtma Tesisleri Proses Seçimi, Tasarımı ve Modellenmesi, Tasarım El Kitabı, İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi, Strateji Geliştirme Başkanlığı, Kağıthane, İstanbul.

İnsel G. (2014). İSKİ Ataköy İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi Azot Giderimi Performansının Değerlendirme Raporu, Teknik Rapor, İTÜ İnşaat Fakültesi, No. 4083, Ekim 2014, İstanbul.

Çözüm Önerileri Tablosu

Çözüm Önerileri	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)	Kısa Gerekçe
İklim koşulları, atıksu karakterizasyonu, endüstriyel deşarjlar, alıcı su ortam kalitesi, hassas alan olup olmadığı vb. önemli koşullar dikkate alınarak yerel koşullar ile uyumlu tasarımlar yapılması, Marmara Denizi'ne deşarj yapan tüm tesislerin tasarım kriterleri ile deşarj parametrelerinin uygunluğunun tespit edilmesi	Kısa	Alıcı ortam su kalitesi ve bölgeye özgü şartları dikkate alan arıtma tesislerinin yapılması işletilebilmeleri ve verimli çalışabilmeleri için önemlidir.
Yerel koşullara uygun tasarım konfigürasyon ve tasarım parametreleri seçilmesi, ihalelerde ve projelerde kullanılan teknik şartnamelerde uygun değerlerin kullanılması	Kısa	Tesisler N, P ile ilgili deşarj standartlarını sağlayamamaktadır. Projelendirmede sistem seçimi ve proses hesapları doğru tasarım parametreleri ile yapılmalıdır.
Marmara Denizi için belirlenen yeni deşarj kriterlerine uyumun sağlanmasında özellikle OSB'ler için gerekli arıtma teknolojilerinin ve tasarımlarının kontrol edilmesi	Kısa	ÇŞİDB tarafından Marmara Havzası için belirlenen deşarj limitinin mevcut teknolojiler ile sağlanması mümkün görünmemektedir. En uygun teknoloji seçimi ve maliyet boyutu göz önüne alınarak irdelenmelidir.
Endüstriyel atıksuların, geri kazanım sonrasındaki membran konsantrelerindeki kirlenici yüklerin Marmara Denizi'ne kirlenici yüklerin etkilerinin ortaya konulması	Kısa/Orta	Yüksek besi maddesi konsantrasyonuna sahip endüstriyel atıksuların (katı atık depolama depolama, deri vb.) Marmara Denizi'ne katkısı belirlenmelidir. Ayrıca geri kazanım sonrasında elde edilen membran konsantrelerinde organik madde, azot ve fosfor konsantrasyonları yüksek olmaktadır.

Hedef Başlığı

- ***Mevcut Derin Deniz Deşarjı Sistemlerinin etkinliğinin araştırılması (alt akıntıya verilip verilmediği) ve olası kaçakların belirlenmesi***

Mevcut Durum Tanımlaması:

İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) tarafından desteklenmekte olan Derin Deniz Deşarjı Hatlarının Görüntülenmesi Projesi (TÜBİTAK MAM, 2019) kapsamında, İSKİ'ye bağlı atıksu arıtma tesislerinden Marmara Denizi, İstanbul Boğazı ve Karadeniz'e deşarj olan 18 adet derin deniz deşarjı hatları akustik ve optik yöntemlerle görüntülenmiş ve atıksu deşarjının yapıldığı boru sonu noktalarından deniz yüzeyinin 2m altından deniz suyu ve sediman örnekleri alınmıştır. Görüntüleme işi, ÇŞİDB'nin 2009/16 sayılı "Derin Deniz Deşarjı İzleme Genelgesi" çerçevesinde ve derin deniz deşarjı hatlarında meydana gelebilecek ötelenme, hasar, tıkanıklık gibi durumların belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Derin deniz deşarj hatlarından denize verilen atıksuların denizde oluşturduğu etkinin belirlenebilmesi için deşarj noktasında su ve sedimanda izleme ve değerlendirme çalışmaları yapılmıştır. Derin Deniz Deşarjı Genelgesi kapsamında izlenecek parametreler için Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde (SKKY) yer alan Tablo 4'e atıfta bulunmuştur. İSKİ'ye ait 18 adet derin deniz deşarjı hatlarından Ağustos 2018 ve Ocak 2019 döneminde örnekleme yapılmıştır. Deniz suyunda pH, AKM, renk, bulanıklık, çözülmüş oksijen, ham petrol ve türevleri, fenoller, amonyum azotu, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, yüzer madde, zehirlilik (toksikite) ve üretkenlik (klorofil-a) analizleri; sediman örneklerinde ise arsenik, kadmiyum, krom, bakır, nikel, kurşun, çinko ve civa metallerinin analizleri yapılmıştır. Projede alınan deniz suyu numunelerinin analiz sonuçlarının yönetmeliklerde verilen sınır değerlerin altında olduğu görülmüştür. Sediman numuneleri için ise yönetmeliklerimizde metaller için sınır değer bulunmamaktadır. 18 örnekleme noktasından alınan sediman numunelerinin analiz sonuçlarının birbiri ile kıyaslandığında nikel dışındaki tüm metallerin Tuzla İBAAT deniz noktasında daha yüksek olduğu görülmüştür. Büyükçekmece İBAAT ve Çanta İBAAT arasında kalan örnekleme noktalarında nikel konsantrasyonunun yüksek olduğu görülmüştür. Proje kapsamında derin deniz deşarjı hatlarının görüntülenmesi için yapılan çalışmalarla arşiv kayıtları son derece sınırlı olan derin deniz deşarjı hatlarının CBS tabanlı yaklaşım ile batimetri, deniz tabanı akustik ve optik görüntülerinin veri katmanları halinde hazırlanarak İSKİ Genel Müdürlüğü veritabanına uygun olarak hazırlanması önemli bir kazanım sağlamıştır. T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Derin Deniz Deşarjı İzleme Genelgesi çerçevesindeki yükümlülükler yapılan proje ile yerine getirilmiştir. Deniz tabanı akustik ve optik görüntüleme ile birlikte derin deşarj hatlarında su ve sediman kalitesinin izlenmesi, hatlar ile ilgili önemli verilerin elde edildiği bütüncül bir deşarj araştırma yaklaşımı olmuştur. Sualtı kameraları ve akustik konum izleme cihazlarını taşıyan, akıntı şartları gözetilerek tasarlanmış bir deniz tabanı araştırma sistemi (pasif insansız sualtı aracı) geliştirilmiştir.

Tüm Marmara Belediyelerinin mevcut atıksu arıtma durumları (geçmiş ve halen) için ulaşılan resmi özet bilgi 2004 yılına aittir (url-1). Burada belirtilen durumun, Kocaeli, İstanbul gibi büyükşehir belediyeleri için büyük ölçüde değiştiği ancak Erdek Belediyesi gibi yeni büyükşehir belediyesi kapsamına girmiş ilçeler için halen güncel olabileceği düşünülmektedir.

Erdek Belediyesi derin deniz deşarjı için yapılan web taramasında, Bandırma Atık su Arıtma Tesisi inşasının, Bandırma ve Erdek'te derin deşarjı ortadan kaldırmak amacıyla planlandığı bilgisine ulaşılmıştır. Ağustos 2021 tarihli ve Avrupa Birliği, T.C. Çevre Şehircilik ve İklim

Değişikliği Bakanlığı ve Balıkesir Büyükşehir Belediyesi ortak çalışması olan bu projenin inşaatının 2023'te tamamlanacağı anlaşılmaktadır (url-2).

Beşiktepe vd. (1994)'e göre alt tabaka suyunun Marmara Denizi baseninde kalma süresi 6-7 yıldır. MARMOD Faz I (2017) projesi kapsamında elde edilen sonuçlardan **öne çıkan bulgular karasal besi maddesi yüklerinin %40 oranında azaltıldığı takdirde Marmara Denizi alt sularının 6 yıl gibi bir sürede hipoksi eşiğinin üzerine çıkabileceğini göstermektedir.** Marmara'yı **en fazla etkileyen girdilerin karasal kaynaklı olduğu görülmekte** bunu sırasıyla **Karadeniz'den gelen yükler ve boğaz alt suyuna yapılan deşarjlar takip etmektedir.**

Model sonuçlarına göre **Karadeniz'den gelen tüm yükler ortadan kaldırılrsa dahi Marmara Denizi dip suları hipoksi eşiğini 6 yılda geçememektedir. Ancak Karadeniz'den gelen yüklerle birlikte boğaz alt suyuna verilen yükler beraber ortadan kaldırılınca istenen düzeye yaklaşan bir iyileşme görülmektedir.** Karadeniz'den gelen yüklerle bir müdahalenin söz konusu olmayacağı varsayıldığında, Marmara Denizi oksijen seviyelerini arzu edilen seviyelere getirmek için **karasal yüklerin azaltılması en öncelikli önlem olarak öne çıkmakta yalnız boğaz alt suyuna verilen deşarjlar konusunda da alınacak önlemlerin çok etkili olacağı model sonuçlarında görülmektedir.**

Kuzey Marmara baseninde bu rapor kapsamında yapılan analizlerde besin yüklerinin büyük oranda noktasal kaynaklarca etkilendiği görülmektedir. Bu etkinin en büyük kısmının ise İstanbul'dan **boğaza yapılan atık su deşarjlarının boğaz üst suyuna taşınımı sebebiyle oluştuğu sonucu çıkmaktadır.** Bu nedenle boğaz alt suyuna yapılan deşarjların **en etkin şekilde arıtılmasının sağlanması son derece önemlidir.**

Boğazın alt suyuna yapılan atık su deşarjlarının türbülans ile belli oranlarda üst suya karıştığı dikkate alınmalıdır. Bu bölgede bulunan AAT'lerinin en yakın zamanda eksiklerinin giderilerek günlük deşarjın büyük bölümünün ikincil ve/veya üçüncül seviye arıtmaya tabi tutulması sağlanmalıdır.

Kaynaklar

Beşiktepe, S.T., Sur, H.I., Özsoy, E., Latif, M.A., Oğuz, T., Ünlüata, U. (1994). The circulation and hydrography of the Marmara Sea. Progress in Oceanography 34: 285–334.

TÜBİTAK MAM (2019). İSKİ Derin Deniz deşarjı Hatlarının Görüntülenmesi Projesi Sonuç Raporu; Rapor No: ÇTÜE 19.17.

T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü (2017). Marmara Bütünleşik Modelleme Sistemi (MARMOD) - Faz I.

url-1:<https://www5.tbmm.gov.tr/tutanaklar/TUTANAK/TBMM/d22/c062/b012/tbmm220620120367.pdf>

url-2:<https://www.objektifhaber.com.tr/2021/08/19/buyuksehir-belediyesi-bandirma-da-derin-desarji-bitirecek/>

Çözüm Önerileri Tablosu

Çözüm Önerileri	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)	Kısa Gerekçe
Marmara Denizi'ne deşarjı olan tüm derin deniz deşarj sistemlerinin 2009/16 sayılı "Derin Deniz Deşarj İzleme Genelgesi" çerçevesinde takip edilmesi	Kısa	Marmara Denizi'ne deşarjı olan tüm derin deniz deşarj sistemlerinin 2009/16 sayılı "Derin Deniz Deşarj İzleme Genelgesi" çerçevesinde yapılması gerekmektedir.
Marmara Denizi ve İstanbul Boğazı sahillerindeki AAT deşarjlarının tercihen Marmara Denizi alt tabakasına (-35 ~ -40 m derinlikten) derin deşarj yöntemiyle verilmesi	Orta/Uzun	Bu sayede inorganik nitrat ve orto-fosfat tuzları girdisi azaltılarak, üst tabakadaki birincil üretimin önemli ölçüde kısıtlanması mümkündür.
Aritilmemiş atıksulara uygulanan derin deniz deşarj sistemlerindeki kirlenici yüklerin Marmara Denizi'ne etkilerinin araştırılması	Kısa/Orta	Sınır koşullarını Marmara ve Karadeniz tamamını içerecek şekilde modelleme çalışması ile kirlenici yüklerin belirlenmesi gereklidir.

Hedef Başlığı

- **Fosforsuz temizlik malzemelerine geçiş için teknik ve idari çalışmaların yapılması**

Mevcut Durum Tanımlaması:

Deterjanlar, temizleme/çözündürme özelliklerine sahip olacak şekilde tasarlanmış formülasyonlardır. Bu formülasyonlar, su iyileştiriciler (fosfatlar), güçlendiriciler, çözücüler ve yardımcı bileşikler dâhil olmak üzere yüzey aktif maddelerden oluşur. Çevresel sorunlar açısından, ilk problem deterjan formülasyonundaki yüzey aktif maddeden ileri gelmiştir. Daha sonra bu problem etken maddedeki formülasyonun iyileştirilmesi ile çözülmüş ancak daha sonraları diğer katkı ve yardımcı maddeler de çevresel sorunlara yol açmıştır.

Tarihsel olarak, çevrenin sürfaktan kontaminasyonuna maruz kalma süreçleri incelendiğinde, sabun bazlı deterjanların kullanımından sentetik sürfaktanlara geçişin olduğu görülmektedir. Bu süre zarfında, katı evsel deterjanların (tozlar) kullanımından sıvılara geçiş de yaşanmıştır. 1960 yılına kadar deterjanda kullanılan başlıca yüzey aktif madde propilen tetramer benzen sülfonat yapısındaydı. Ancak bu madde kanalizasyon ve arıtma sorunlarının ortaya çıkmaya başlaması ve nehirlerde köpürme sorunlarının ortaya çıkması sonucu değişmek zorunda kalmıştır. Ayrıca moleküler yapısı nedeniyle bu etken madde bakteriler tarafından biyolojik olarak bozunmaya karşı dirençli olduğu tespit edilmiştir. Bu biyolojik olarak parçalanamayan yüzey aktif maddenin yasaklanması ile biyolojik olarak daha parçalanabilir düz zincirli alkil yüzey aktif maddelere yani anyonik yüzey aktif madde olan alkilbenzen sülfonat (LAS) kullanılmaya başlanmıştır (Brunner vd., 1988).

Deterjan formülasyonlarında su iyileştirici yani deterjanın çalışma performansını etkileyen Ca^{2+} ve Mg^{2+} gibi iyonları tutan maliyeti düşük ajan olarak kullanılan fosfatlar 1970'lerde yüzey sularında yüksek konsantrasyonlara ulaşması ile ötrofikasyonun ortaya çıkması, tüm dünyada endişe yaratmıştır. Bu olayın ana kaynağı olarak ev deterjanlarındaki fosfor kullanımı olduğu tespit edilmiştir. ABD, Almanya, İtalya ve İsviçre gibi ülkelerde geliştirilen çeşitli yöntemlerle yüzey su kütlelerine giren fosfor miktarını azaltmak için fosfor bazlı deterjanların kullanımına kısıtlamalar getirilmeye başlanmıştır. Deterjanların içeriğine ilişkin yasal sınırlamalar getirilmiştir.

Fosfatların kendi başlarına toksik olmadığı bilinmekle beraber, fosfatlar canlı organizmalar için gerekli bir element ve hatta belirli bir habitatta gelişebilecek yaşam miktarını belirleyen sınırlayıcı bir faktördür. Ötrofikasyona ek olarak, patojenlerin çoğalmasında da teşvik ederler. Bunun yanında son dönemlerde görülen müsilağı tetikleyen faktörlerin birisi olarak da göze çarpmaktadır. Bu açıdan deterjanların sucul ortama ve çevreye zararlarını değerlendirirken sadece fosfat içerikleri açısından değil, içerdikleri maddeler özellikle azot fosfor gibi elementlerin bilinmesi ve ayrıca biyoparçalanırlıklarının tespiti önemlidir.

Mevcut durumda 27 Ocak 2018 tarih ve 30314 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan "Deterjanlar Hakkında Yönetmelik"te Ek-6/A'da İçerikteki Fosfat ve Diğer Fosfor Bileşiklerine dair Kısıtlamalar yer almaktadır. Çamaşır deterjan miktarında toplam fosfor içeriği 0,5 gram'a eşit ya da daha fazla ise, otomatik bulaşık makinesi deterjanlarında ise belirtilen standart dozajda fosfor içeriği 0,3 gram'a eşit ya da daha fazla ise bu deterjanların bu yönetmelik yayınlanma tarihinden itibaren 1 yıl sonra piyasaya arz edilemeyeceği belirtilmektedir.

Kaynaklar

Brunner, P.H., Capri, S., Marcomini, A., Giger W. (1988) Occurrence and behaviour of linear alkylbenzenesulfonates, non-ylphenol, nonylphenol monophenol and nonylphenol dieth-oxyates in sewage and sewage-sludge treatment, Water Res.22, 1465-1472.

Resmi Gazete (RG), Deterjanlar Hakkında Yönetmelik (27 Ocak 2018 tarih ve 30314 sayılı)

Çözüm Önerileri Tablosu

Çözüm Önerileri	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)	Kısa Gerekçe
Marmara Denizi'ne kıyısı olan illerde fosfor içermeyen ya da fosforsuz deterjan kullanımının hayata geçirilmesi	Kısa	Fosforun ötrofikasyon ve müsilaajda önemli rolü olduğundan fosforsuz deterjan ve temizlik maddesi üreten firmalara özel teşvikler verilmesi, müşteri tarafının özendirilmesi için daha düşük KDV vs. alınması katkı sağlayacaktır.
İlgili yönetmeliğe göre deterjanların biyoparçalanabilirlik testlerinin kontrol edilmesi veya bu testlerin üreticiler tarafından bakanlığın göstereceği ilgili üniversiteler tarafından kontrolünün sağlanması	Kısa	T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ve ilgili bakanlıklar ile biyoparçalanabilirliğin takibi yapılmalıdır.
Fosfatsız deterjan üretimi ile ilgili sanayideki ve üniversitelerdeki ar-ge projelerinin desteklenip uygulamaya alınması	Orta	Tüm dünyanın en önemli konularından biri olan fosfatsız deterjan üretimi noktasında geliştirilecek "know how" hem çevre için hem de ekonomimiz için önem arz etmektedir.
Deterjan ve temizlik malzemelerinde sentetik ürün yerine biyo bazlı formülasyonların ağırlığının artırılması	Uzun	Geçtiğimiz günlerde Paris Sözleşmesi'nin TBMM'de onaylanmasının ardından karbon emisyonlarının azaltılması noktasında en büyük petrokimya ham maddelerinin kullanıldığı deterjan ve temizlik sektöründe biyobazlı maddelerin kullanımı karbon emisyonun azaltılmasına büyük katkı verecektir.

Hedef Başlığı

- ***Tarifelerini su ve atıksu yönetimi hizmeti gerçek maliyetinin altına düşüren SUKİ'lerin, kirleten öder prensibini tam maliyet esaslı ile hayata geçirecek, düzeltici idari kararların alınması***

Mevcut Durum Tanımlaması:

Alıcı ortam kalitesinin korunmasında kentsel ve endüstriyel atıksu arıtma tesisleri ilk yatırım ve işletme açısından yüksek maliyete sahip projelerdir. Özgün vd. (2021) İstanbul' da 16 atıksu arıtma tesisine ait maliyetler için kapsamlı bir çalışma yapmıştır. Buna göre, birim arıtılmış atık su hacmi başına birim toplam yatırım maliyetleri; ön ve ileri arıtma için sırasıyla $0,013 \pm 0,004\text{€/m}^3$ ve $0,054 \pm 0,009\text{€/m}^3$; işletme maliyetleri ise sırasıyla $0.011 \pm 0.007\text{€/m}^3$ ve $0.077 \pm 0.021\text{€/m}^3$ olarak bulunmuştur.

Altyapı tesislerinin deşarj kriterlerine uygunluk mutlak standartlara göre belirlenmekte olup denetim Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (2004) ve Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği (2006) esasınca uygulanmaktadır.

Mutlak deşarj standartları alıcı ortam kalitesini tam olarak koruyamamaktadır. Hassas su kütlelerinin korunabilmesi için özellikle mutlak standartlar yerine yük bazlı deşarj standartlarının kullanılması daha adil olacaktır. Bu durumda kirleten öder prensibinin uygulanması da mümkün kılınacak ve su/hammadde geri kazanımını teşvik edici nitelikte olacaktır. Sonuç olarak atıksu yönetimi hizmetinin gerçek maliyetin altına indirilmesi durumu yaygınlaştırılabilir.

Mevcut durumda, deşarj kriterlerine uyum sağlayan tesislerin enerji tüketim bedelinin bir kısmı T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından geri ödenmektedir. Alıcı ortam yük bazlı deşarj standartlarının uygulanması ile (a) yerel koşullara uygun tesislerin projelendirilmesi ve uygun işletilmesi (b) geri kazanım alternatiflerinin uygulanması (c) alıcı ortam su kalitesinin üst düzeyde korunması açısından önemlidir. Su Kanalizasyon İdarelerinin, su ve atıksu tarifelerini tam maliyet esaslı ve abonelerin ödeme gücünü dikkate alacak tarzda belirleyip uygulamaları gerekmektedir.

Kaynaklar

Özgün, H., Cicekalan, B., Akdag, Y., Koyuncu, İ., Öztürk, İ. (2021). Comparative evaluation of cost for preliminary and tertiary municipalwastewater treatment plants in Istanbul. Science of the Total Environment: 146258.

Resmi Gazete (RG), Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı)

Resmi Gazete, Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği (08.01.2006 tarih ve 26047 sayılı)

Çözüm Önerileri Tablosu

Çözüm Önerileri	Zaman Planlaması	Kısa Gerekçe
Marmara Denizi Havzası'nda kirlilik katılım paylarının belirlenerek teşvik/ceza limitlerinin hakkaniyetli oluşturulması	Kısa/Orta	Yerleşimler için nüfus, endüstriler için eşdeğer nüfusa göre kritik parametreler için kirlilik yükü katılım payı belirlenmelidir.
İhale mevzuatının düzenlenmesi ve tesislerin tesisi yapımı yanında 10 yıl işletmenin mecbur kılınması	Kısa	Anahtar teslimi projeler en düşük teklif üzerinden değerlendirilmekte olup işletme ve uzun dönem faydayı (geri kazanım, enerji vb.) çoğunlukla kapsamamaktadır. Dolayısıyla enkaz niteliğinde atıksu arıtma tesislerinin sayıları giderek artmaktadır.

2.2 YAYILI KİRLİLİĞİN AZALTILMASI

Hedef Başlığı

- ***Marmara Denizine yayılı kaynaklardan gelen yüklerin (azot ve fosfor yükleri başta olmak üzere) azaltılmasına yönelik yenilikçi ve hızlı çözüm önerileri geliştirilmesi⁷***

Mevcut Durum Tanımlaması:

Su kaynaklarındaki kalitenin iyileştirilmesi ve korunması için noktasal kirleticilerin yanı sıra, su ve havza kirlenmesi üzerinde büyük etkisi olan yayılı kirleticilerin belirlenmesi ve kontrolü de son derece önemlidir. Ülkemizde tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin yaygın olması bu kirleticilerin dikkate alınmasının gerekliliğini bir kat daha arttırmaktadır. Yayılı kirlilik, genellikle arazi akışı, yağış, atmosferik birikim, drenaj, sızıntı veya hidrolojik modifikasyondan kaynaklanmakta olup, noktasal kaynaklı olan evsel/kentsel ve endüstriyel atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan deşarjların aksine, birçok yayılı kaynaktan gelmektedir.

En İyi Yönetim Uygulamaları”, yüzeysel ve yeraltı su kaynaklarını havzalarda arazi kullanım faaliyetleri sonucu meydana gelen yayılı kaynaklı kirlilikten korumak veya su kaynaklarına gelen yayılı kirliliği azaltmak amacı ile kullanılan yöntemler, yapılar ve uygulamalardır (Waskon, 1994; Peterson vd., 1998; Hairston, 2001). En İyi Yönetim Uygulamaları kaynağında kontroller, yapısal kontroller ve ürün ile ilgili kontroller olmak üzere üç genel sınıfa ayrılmaktadır. Tarımsal En İyi Yönetim Uygulamalarında kaynağında kontroller; sulama suyu yönetimi, besi maddesi yönetimi, pestisit yönetimi ve organik tarım olarak tanımlanmıştır. Yapısal kontroller ise, teraslama, yüzeysel akış yönünü değiştiren yapılar ve tampon bölgelerdir. Ürün ile ilgili kontroller, korumalı toprak işleme, ürün rotasyonu, şerit ekim, toprak yüzeyini ürün ile örtülü bırak uygulamalarıdır (Tavşan, 2008). Tarımsal uygulamalara ek olarak, hayvancılık, ormancılık, kentsel ve kırsal alanlardan gelen yayılı kirliliği azaltmak için En İyi Yönetim Uygulamaları bulunmaktadır. Ülkemizde de Sularda Tarımsal Faaliyetlerden Kaynaklanan Nitrat Kirliliğinin Önlenmesine Yönelik İyi Tarım Uygulamaları Kodu Tebliği (2016/46) içerisinde nitrat kirliliğinin azaltılmasına yönelik en iyi yöntemler tanımlanmıştır (TOB, 2021).

Ülkemizde, 23 Temmuz 2016 tarih ve 29779 No’lu Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe giren “Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği” kapsamında T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB) tarafından nitrat açısından kirlenmiş ve/veya yakın gelecekte kirlenmesi muhtemel alanlar olarak tanımlanan Nitrate Hassas Bölgelerin (NHB) belirlenmesi; belirlenmiş olan bu bölgelerde tebliğ ekinde verilen “İyi Tarım Uygulama Kodu” belgesinde verilen bölgeye özel seçilmiş tedbirlerin uygulanması gerekmektedir.

Bu kapsamda TOB adına gerçekleştirilmekte olan “Nitrate Hassas Bölgelerin Belirlenmesi ve Eylem Planlarının Hazırlanması” projesi 2018 yılında başlatılmış olup halen devam etmektedir (TÜBİTAK MAM, 2021a). Proje kapsamında en önemli yayılı kirleticilerden olan tarımsal kaynaklı nitrat kirliliğinin önlenmesine ve azaltılmasına yönelik olarak belirlenen her bir NHB

⁷ İyi yönetim uygulamaları, dere ıslahı ve yeşil kuşak uygulamaları, nitrate hassas bölgelerde dijital/hassas tarım teknolojilerinin kullanımının teşviki, kentsel alanlarda yüzeysel drenaj suları kaynaklı besin maddesi azaltımı ile ilgili sürdürülebilir çözümler vb. dâhil

için İyi Tarım Uygulama Kodunda verilen en uygun tedbirler fayda-maliyet analizleri ile desteklenerek belirlenmiş olacaktır.

Marmara Denizi'ne karasal kaynaklı yayılı kirlilik yükleri ve alınacak tedbir/önlemler üzerine yapılan en güncel çalışma, Marmara Denizi Eylem Planı uyarınca Yayılı Kaynaklı Kirliliğin Tespiti Alt Çalışma Grubu tarafından 14 Temmuz 2021 tarihinde tamamlanmıştır (TÜBİTAK MAM, 2021b). Yapılan bu çalışmanın kapsamı aşağıdaki şekilde özetlenmiştir.

- Marmara ve Susurluk Havzaları için detaylı havza analizleri yapılarak sırasıyla mikro havzalar, alt havzalar ve Marmara Denizi drenaj alanı hassas bir şekilde oluşturulmuştur. Marmara Denizi'nin toplam drenaj alanı 39.587 km² olarak tespit edilmiştir. 2.269 adet mikro havza ve 9 adet alt havzaya ayrılarak çalışılmıştır. Çalışılan alt havzalar Şekil 6'da verilen haritada gösterilmektedir.
- Oluşturulan her bir mikro havza için yayılı kirlilik unsurları arasında yer alan bitkisel üretim faaliyetleri, hayvancılık faaliyetleri ve tarım dışı arazi örtüsünden kaynaklı karada oluşan azot ve fosfor yükleri hesaplanmıştır. Hesaplanan TN yükleri kendi içerisinde 1'den 5'e kadar indekslenmiştir.
- Havzada oluşan yüklerin alıcı ortama hızlı veya yavaş ulaştığının bir göstergesi olan mikro havzanın hidrolojik hassasiyet indeksi hesaplanmıştır.
- Bitkisel üretim, hayvancılık ve tarım hariç arazi örtüsü için oluşturulan üç farklı kirlilik TN yük indeksi ile hidrolojik hassasiyet indeksi birleştirilerek üç farklı kirlilik kaynağı için riskli alanlar mikro havza bazında tespit edilmiştir.

Bu kapsam dâhilinde yapılan çalışmanın sonuçları aşağıda verilmiştir.

Marmara Denizi drenaj alanında bulunan toplam 9 adet alt havzanın Toplam Azot (TN) ve Toplam Fosfor (TP) olarak yayılı kaynaklı kirlilik yükleri hesaplanmıştır. Alt havzaların toplam yük içerisindeki payları TN ve TP olarak Şekil 6'da verilen haritada gösterilmektedir.

Alt havzaların yayılı Toplam Azot (TN) ve Toplam Fosfor (TP) kirlilik yükü miktarları incelendiğinde TN açısından oluşan toplam 329.387 ton/yıl kirliliğin %35'i Uluabat, Manyas ve İznik Gölü alt havzalarında oluşmaktadır. TP açısından ise oluşan 78.257 ton/yıl kirliliğin %32'si Uluabat, Manyas ve İznik Gölü alt havzalarında oluşmaktadır.

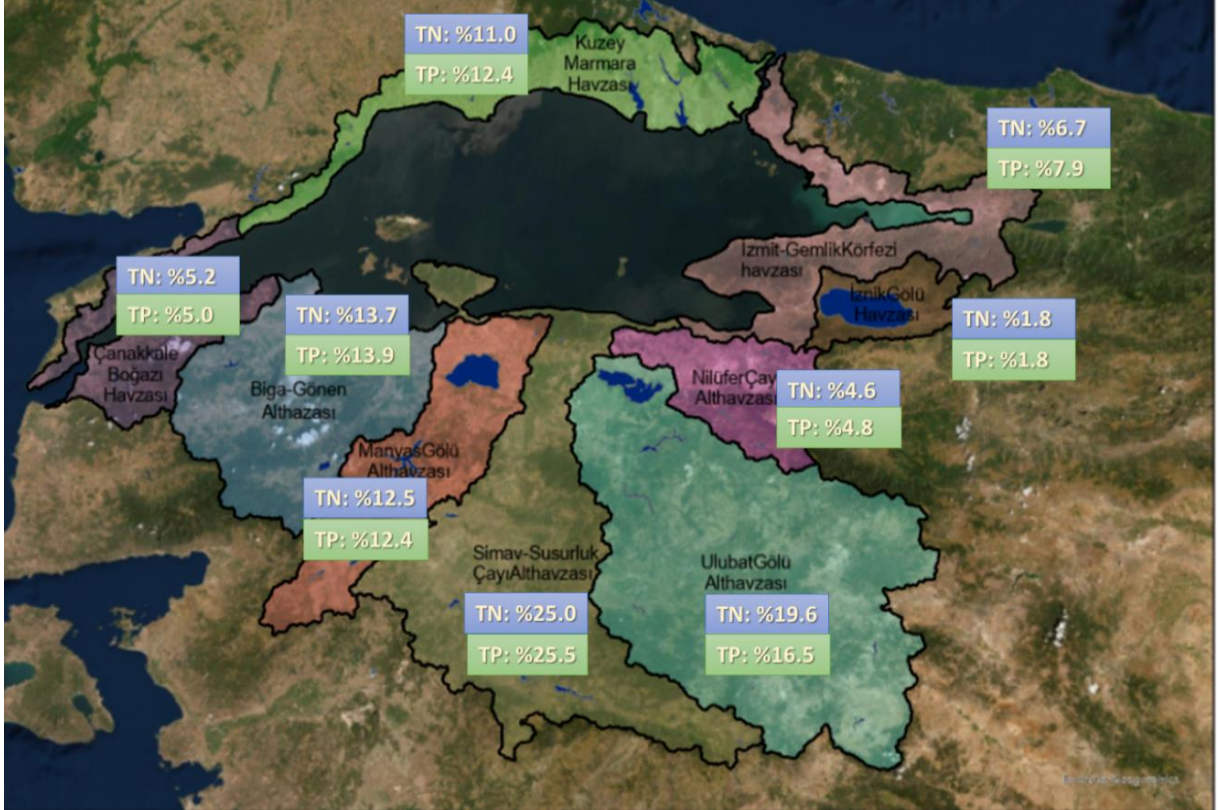
Manyas Gölü alt-havzası, Uluabat Gölü alt-havzası ve İznik Gölü alt-havzalarında oluşan kirlilik yükleri nehirler aracılığı ile öncelikle Manyas, Uluabat ve İznik Göllerini etkilemekte, göllerin kendi iç dinamik döngülerine maruz kaldıktan sonra göllerin çıkış noktalarından derelere ve akabinde bu dereler/nehirler vasıtasıyla Marmara Denizi'ne ulaşmaktadır.

Alt havzalar bazında bitkisel üretim, arazi örtüsü ve hayvancılık faaliyetleri sonucu oluşan yayılı TN yükleri incelendiğinde Marmara Denizi'ne doğrudan akışı olan havzalar arasında **en büyük pay %25 ile Simav-Susurluk Çayı Alt Havzası'ndan gelmektedir. Bu alt havzayı %14'lük pay ile Biga-Gönen Alt Havzası** ve %11'lik pay ile Kuzey Marmara Havzası takip etmektedir. Tüm yayılı **TN yükü açısından incelendiğinde %47'sini bitkisel üretim, %28'ini hayvancılık faaliyetleri ve %25'ini arazi örtüsü oluşturmaktadır.** Buradan yola çıkarak toplam yayılı TN yüklerinin %75 oranında tarımsal faaliyetlerden %25 oranında tarım dışı faaliyetlerden kaynaklandığı söylenebilir.

Alt havzalar bazında bitkisel üretim, arazi örtüsü ve hayvancılık faaliyetleri sonucu oluşan yayılı TP yükleri incelendiğinde Marmara Denizi'ne doğrudan akışı olan havzalar arasında **TP açısından toplam yük olarak en büyük pay %26 ile Simav-Susurluk Çayı Alt Havzası'ndan gelmektedir. Bu alt havzayı %14'lük pay ile Biga-Gönen Alt Havzası** ve

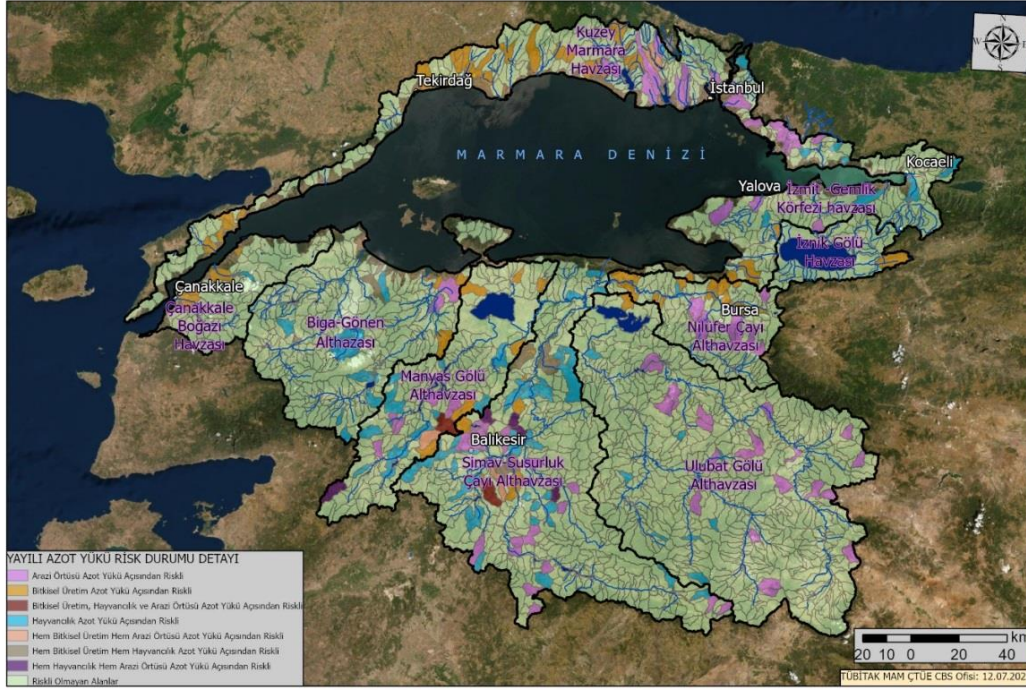
%12'lik pay ile Kuzey Marmara Havzası takip etmektedir. **Tüm yayılı TP kirlilik yükü açısından incelendiğinde %45'ini bitkisel üretim, %40'ını hayvancılık faaliyetleri ve %16'sını arazi örtüsü oluşturmaktadır.** Buradan yola çıkarak toplam yayılı TP yüklerinin %84 oranında tarımsal faaliyetlerden %16 oranında tarım dışı faaliyetlerden kaynaklandığı söylenebilir.

Yayılı kaynakların kontrolü noktasal kaynaklara göre oldukça zordur. Kirliliğin kaynağında önlenmesi ve önleyici tedbirlerin alınması maksadı ile kirliliğin olduğu alanlarda yüklerin belirlenmesi, önlemler ve tedbirler açısından önemlidir.



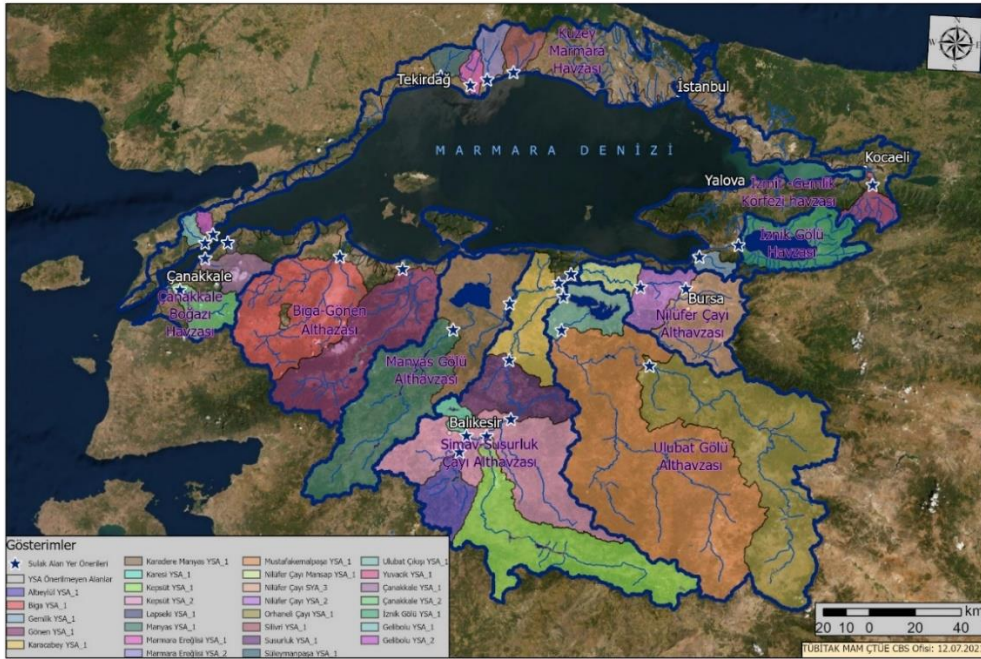
Şekil 6. Marmara Denizi'ne akışı olan alt havzalar bazındaki TN ve TP dağılımları

Önlem alınması gereken noktaları belirleyebilmek adına; kirlilik yük indeksi değerleri ve yerüstü hidrolojik kirlenme hassasiyeti durumlarının birlikte değerlendirildiği karar matrisine göre riskli bölgeler (mikro-havzalar) belirlenmiştir (bir mikro havza en az bir faaliyet açısından riskli bulunması durumunda riskli kabul edilmiş ve toplam yük açısından risk durum haritası oluşturulmuştur. Şekil 7'de azot yükü açısından riskli mikro havzalar ve mikro havzaların hangi faaliyetlerden dolayı riskli olduğu bilgisi haritalandırılmıştır. Ortaya çıkan harita değerlendirildiğinde 2.269 adet mikro havzadan 255'i riskli bulunmuştur.



Şekil 7. Toplam azot yükü risk durumu detay haritası

Riskli tespit edilen alanlarda kara kökenli azot yüklerinin azaltılması için yapay sulak alanların inşa edilmesi uygun bir önlem olarak değerlendirilmiştir. CBS ortamında, riskli mikro havzalar, nehir ağları, eğimi %2'den düşük alanlar ve su kalitesi ölçüm sonuçları TN ve TP açısından Yerüstü Su Kirliliği Yönetmeliği (RG-10/08/2016-29797) EK.5 Tablo 2'ye göre 3. ve 4. kalite sınıfları göz önünde bulundurularak, etkileşimli görsel yorumlama (interactive visual interpretation) tekniği ile yapılmış ve olası yapay sulak alan (YSA) yerleri belirlenerek haritalandırılmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. Önerilen yapay sulak alan (YSA) yerlerini gösterir harita

Kaynaklar

Hairston, J., E. (2001). Controlling Agricultural Nonpoint Pollution through Best Management Practices, Alabama Cooperative Extension System, Alabama A&M and Auburn Universities, Alabama, USA

Peterson, A., Reznick, R., Hedin, S., Hendges, M., and Dunlap, D. (1998). Guidebook of Best Management Practices for Michigan Watersheds, Michigan Department of Environmental Quality, Surface Water Quality Division, Michigan, USA.

Resmi Gazete (RG), Sularda Tarımsal Faaliyetlerden Kaynaklanan Nitrat Kirliliğinin Önlenmesine Yönelik İyi Tarım Uygulamaları Kodu Tebliği (Tebliğ No: 2016/46), (11 Şubat 2017 tarih ve 29976 sayılı), T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı.

Resmi Gazete (RG), Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY) (10.08.2016 tarih ve 29797 sayılı)

Resmi Gazete (RG), Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği (23 Temmuz 2016 tarih ve 29779 sayılı), T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı.

Tavşan, Ç. (2008). Melen Havzası'nda yayılı besi maddesi yüklerinin azaltılması amacı ile en iyi yönetim uygulamalarının araştırılması (Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü)

TÜBİTAK-MAM (2021a). Nitrata Hassas Bölgelerin Belirlenmesi ve Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi (Destekleyen: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı) (devam ediyor).

TÜBİTAK-MAM (2021b). Marmara Denizi Eylem Planı Yayılı Kaynaklı Kirliliğin Tespiti Alt Çalışma Grubu Marmara Denizi Havzası Yayılı Kaynaklı Kirlilik Yükleri ve Alınacak Tedbirler Özet Raporu, Gebze, Kocaeli.

Waskon, R. M, (1994). Best Management Practices for Colorado Agriculture: An Overview, Colorado Department of Agriculture and the Agricultural Chemicals and Groundwater Protection Advisory Committee, Colorado State University Cooperative Extension, Colorado, USA.

Çözüm Önerileri Tablosu

Çözüm Önerileri	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)	Kısa Gerekçe
Marmara ve Susurluk Havza Koruma Eylem Planları kapsamında hazırlanan eylem takvimlerinin hayata geçirilmesi	Kısa	Eylem takvimleri, Havza Yönetim Heyetleri tarafından (Marmara Havzası İstanbul Valiliği, Susurluk Havzası Bursa Valiliği) ilgili Valilerin koordinasyonunda takip edilmeli ve iş termin planına göre tamamlanmalıdır.
Yayılı kirliliği önlemek için en iyi yönetim uygulamalarından (best management practices) ülkemiz ölçeğinde ve havza koşullarına uygun olanların yapılacak proje çalışmaları ile geliştirilerek uygulanması	Kısa	Noktasal kaynaklı kirliliğin önlenmesi ne kadar kolay ise yayılı kaynaklı kirlilik kontrolü oldukça zordur. Bu sebeple belirlenmiş olan kritik noktalarda icracı kurumlar tarafından kısa sürede işletmeye alınarak uygulanabilecek acil çözümlere ihtiyaç vardır. Yayılı kirliliği önlemek için en iyi yönetim uygulamaları (best management practices) farklı kaynaklar ve sektörler için dünya

Çözüm Önerileri	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)	Kısa Gerekçe
		<p>geneli uygulamalarda geliştirilmiştir. Literatüre bakıldığında en hızlı ve etkin uygulama yapay sulak alan sistemlerinin nehir içi veya nehir dışı uygulanması olarak görülmektedir.</p> <p>Marmara Denizi Eylem Planı uyarınca Yayılı Kirliliğin Tespiti Alt Çalışma Grubu oluşturulmuştur. Bu görev kapsamında, belirlenen tedbirler içerisinde bulunan yapay sulak alan konusunda ön çalışmalar yapılarak sulak alan yapılması önerilen yerler T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'na iletilmiştir.</p>
<p>Sularda Tarımsal Faaliyetlerden Kaynaklanan Nitrat Kirliliğinin Önlenmesine Yönelik İyi Tarım Uygulamaları Kodu Tebliği (2016/46) içerisinde nitrat kirliliğinin azaltılmasına yönelik tanımlanan en iyi yöntemlerin öncelikli alanlarda uygulamaya geçmesi</p>	Orta	<p>Tarım ve hayvancılıktan kaynaklanan ve ötrofikasyona sebep olan nitrat kirliliğinin azaltılması için belirlenen Nitrata Hassas Bölgelerde (NHB) tebliğ gereklerinin ve hazırlanacak eylem planının uygulanması zaruridir.</p>
<p>Hassas alanlarda hedeflenen su kalitesine ulaşabilmek için membada bulunan havzalarda da önlemler alınması</p>	Orta	<p>Su kalitesi modelleme çalışmalarına göre tedbir senaryoları kapsamında hassas alanlarda hedeflenen su kalitesine ulaşabilmek için sadece hassas alanlarda değil membada bulunan havzalarda da önlemler alınması gerektiği ortaya çıkmıştır.</p>
<p>Kıyasal alanlarda, yayılı kaynak yüklerini taşıyan nehir ağızları ve atık su çıkışlarına yakın bölgelerde sık periyotlarda izlemelerin yapılması</p>	Kısa/ Orta	<p>Yük girdisinin olası olduğu kıyasal alanlarda olası sık periyotlarda izleme giren yük miktarının daha iyi anlaşılması için önemlidir. İlk aşamada MARMOD Faz II ile gerçekleştirilmekte olan bu çalışmaların orta vadede sürekli ve kesintisiz bir programa dönüştürülmesi önemlidir.</p>
<p>Kirletici yükü fazla olan Marmara Denizi Havzaları'nda (ör. Susurluk, Ergene) bitkisel iyileştirme tekniklerinden biri olan tampon şerit uygulamasının yapılması</p>	Kısa/Orta	<p>Marmod Faz I model sonuçlarına göre en hızlı şekilde Marmara Denizi'ne giren yük azaltımı için en hızlı şekilde yayılı kaynaklar için olan çözüm önerilerinin uygulanması önemlidir.</p>

3. KARASAL YÜKLERLE ENTEGRE MARMARA DENİZİ MODELLEMESİ

Hedef Başlığı

- **Marmara Denizi'nde kirlenici konsantrasyonlarının tahmin edilebilmesi, ekosistemin davranışının anlaşılabilmesi, alınacak tedbirler sonucunda su kalitesinin ne kadar iyileşebileceğinin öngörülmesi açısından modelleme çalışmaları**

Mevcut Durum Tanımlanması:

Türk Boğazlar Sistemi ve Marmara Denizi'nin hidrodinamik modellemesi ile ilgili en kapsamlı iki çalışma, Ömerli Elmalı Ortak Girişimi ÖEJV (1994), MEMPIS Projesi (2006) konsorsiyumu ve Öztürk vd. (2021) tarafından gerçekleştirilen çalışmalardır.

-ÖEJV (1994) tarafından, Master Plan kapsamında İSKİ için gerçekleştirilen bu çalışmada, Danimarka Hidrolik Enstitüsü (DHI) tarafından, ölçüm verilerinin mevcut olduğu 14-27 Ekim 1993 tarihleri arasındaki 14 gün için, İstanbul Boğazı'nın hidrodinamik modellemesi yapılmıştır. İSKİ Master Planı'ndaki derin deniz deşarjları ve atıksu arıtma stratejisinin belirlenmesinde esas alınan bu çalışmada, Boğaz'ın Marmara girişine yapılacak derin deşarjlarının %20-40'ının; Boğaz'a yapılacak deşarjların ise %5-10'unun üst akıma geçerek Marmara'ya taşınacağı öngörülmektedir.

-MEMPIS Projesi olarak bilinen ve Avrupa Yatırım Bankası ile ÇŞİDB arasında imzalanan protokol çerçevesinde 2005-2006 yılları arasında Hollanda Menşeli Grondmij NV Firması liderliğinde bir Yabancı-Türk Konsorsiyumu tarafından gerçekleştirilen Marmara Havzası Çevre Master Planı ve Yatırım Stratejisi Geliştirme" Projesi kapsamında, Marmara Denizi ve Türk Boğazlar Sistemi için Delft 3D Hidrodinamik ve Su Kalitesi Modellemesi yapılandırılmıştır. Bu modelleme çalışmasında temel olarak İSKİ'nin 2000-2004 dönemi için aylık verileri ile Ortadoğu Teknik Üniversitesi'nin (ODTÜ) 1989-1991 dönemi için derlenmiş verileri kullanılmıştır. Modelleme kapsamında, mevcut durum senaryosu da dahil olmak üzere toplam 7 adet kirlilik yükü azaltım senaryosu çalışılmıştır. MEMPIS Projesi kapsamında fitoplankton, nütrient ve çözülmüş oksijen parametreleri için Marmara Denizi'ne özgü "gösterge hedefler" belirlenmiştir. Bu noktada, kesin konsantrasyonları tanımlayan bir hedef seti yerine, hedef aralıklarının önerilmesi yoluna gidilmiştir. Mevcut Durum senaryosuna göre, 2005 yılı verileri ile Marmara ve Susurluk Havzası kaynaklı besin maddesi (N, P) yükleri havzadaki toplam yükün ~%50'sini oluşturmaktadır. Geri kalan %50'lik yük girdisi ise Karadeniz'den kaynaklanmaktadır. Marmara Denizi alt tabaka akımlarının (özellikle İstanbul Boğazı güney girişine deşarj edilen Yenikapı ve Kadıköy atıksularının) %20 -25'inin İstanbul Boğazı'nda (bilhassa Üsküdar eşiğinde) Karadeniz'den gelen üst tabakaya geçerek Marmara'ya geri döndüğü esas alınmıştır. MEMPİS (2006) Projesi'nde Marmara Denizi su kalitesi ve ekolojik durumu ile ilgili olarak öngörülen hedef, orta vadede (2030 yılı) Tablo 8'deki daha az sıkı su kalitesi değerlerine (klorofil-a ≤ 10 mg/L, TN $\leq 0,1$ mg/L, TP $\leq 0,02$ mg/L, çözülmüş oksijen: ≤ 20 m derinliklerde (üst tabaka) 6 mg/L, ≥ 20 m derinliklerde (ara ve alt tabakalar) 2 mg/L) ulaşılmasıdır. Bu hedeflerden ilkinde "Daha az sıkı yük azaltımı" ulaşılabilmesi için Marmara Havzası kaynaklı kirlilik yüklerinin (N, P) azami oranda azaltılması gerekmektedir (Azami Marmara Havzası Yük Azaltım Senaryosu). Bu senaryo uygulandığı takdirde, Marmara Denizi üst ve alt tabakalarındaki

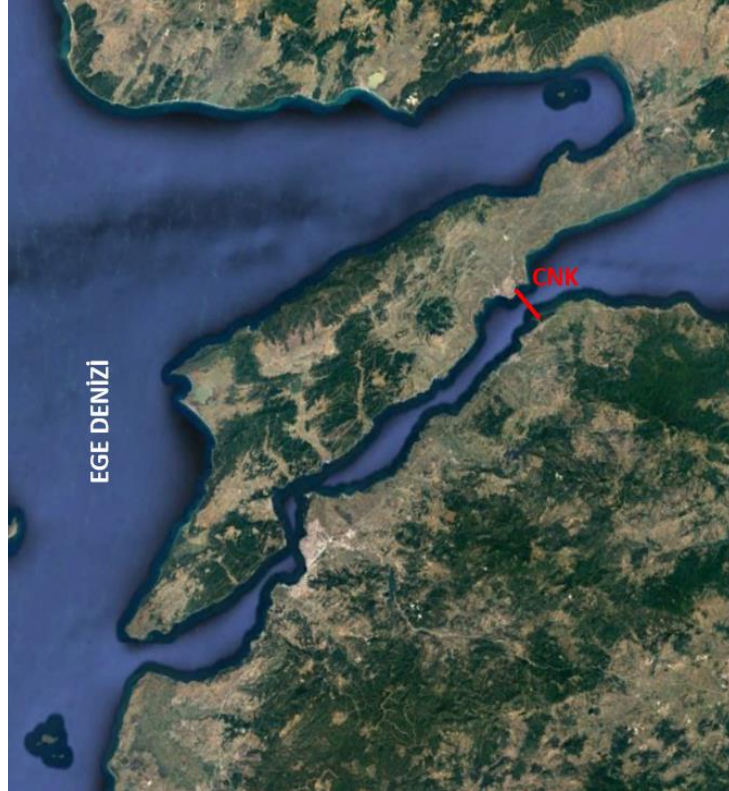
ÇO konsantrasyonlarının sırası ile 6 ve 2 mg/L seviyelerinde azaltılabileceği öngörülmektedir (MEMPİS, 2006; Öztürk ve Tanık, 2012; Öztürk, vd., 2021).

Tablo 8. Marmara Denizi için Önerilen Uzun Vadeli Su Kalitesi Hedefleri (MEMPİS, 2006)

Parametre	Uzun vadeli hedefler	
	Daha az sıkı	Daha sıkı
Klorofil-a ($\mu\text{g/L}$)	10	5
Toplam N (mgN/L)	0,1	0,05
Toplam P (mgP/L)	0,02	0,01
Çözünmüş Oksijen (mg/L) <20 m altı derinlik için	6	7
Çözünmüş Oksijen (mg/L) 40-100 m arası derinlik için	2	3

-Marmara Denizi ve Türk Boğazlar Sistemi'nin, Kanal İstanbul Projesi etkilerini de içermek üzere, 3 Boyutlu Hidrodinamik Modellemesi ile ilgili en güncel çalışma Şen, vd. (2021) tarafından gerçekleştirilen ve detayları Öztürk (2021)'de sunulan Yüksek Çözünürlüklü 3 Boyutlu Modelleme Çalışması'dır. Söz konusu modelleme çalışmasının amacı, Marmara Denizi ve Boğazlar Sisteminin mevcut yapısının 3 boyutlu hidrodinamik modelleme yöntemi ile ortaya konması ve yapımı planlanan Kanal İstanbul Projesi'nin mevcut sistem üzerindeki muhtemel etkilerinin belirlenmesidir. Bu maksat doğrultusunda, Karadeniz, İstanbul Boğazı, Marmara Denizi, Çanakkale Boğazı ve Kuzey Ege Denizi'ni kapsayan bir alanda yüksek çözünürlüklü 3 boyutlu hidrodinamik model yapılandırılarak kalibre edilmiştir. Kalibrasyonu sağlanan model uzun dönem (2010-2018) için çalıştırılarak mevcut sistemde komşu denizler arasındaki akış hacimleri elde edilmiştir. Daha sonra bu modele kanal eklenerek, farklı kanal kesitleri için mevcut sistem üzerine etkileri analiz edilmiştir. Bu çalışmada, Deltares tarafından geliştirilmiş olan Delft 3D yazılımı kullanılmıştır. Delft 3D yazılımı, birçok çalışma disiplinini ilgilendiren deniz bilimleri ve nehir çalışma alanlarında, akıntı, dalga, sediment taşınımı, su kalitesi, morfolojik değişimler ve ekoloji gibi araştırma konularında kullanılabilen bir yazılımdır. Delft 3D, yoğunluk ifadesindeki sıcaklık ve tuzluluk parametrelerini zaman, mekân ve derinlik ile değişen şekilde kullanma imkânı sağlamakta olup, yine zamanla değişen gelgit ve meteorolojik koşulları göz önüne alarak, 3 boyutlu hidrodinamik modelleme yöntemlerinin uygulamasına imkan veren günümüzdeki en gelişmiş yazılımlardan biridir. Bu model yazılımı, farklı kullanım amaçları için alt modüller içermekte olup bu modüller arasında kolayca bağlantı sağlanabilmektedir (Deltares, 2014).

-HD Modelin Kalibrasyon çalışmalarında, İstanbul Boğazı ve Çanakkale Boğazı alt ve üst akım hacimleri için Jarosz vd. (2011, 2012) tarafından gerçekleştirilen debi ölçümleri model çıktıları ile karşılaştırılmıştır (Şekil 9).



Şekil 9. Kalibrasyon Çalışmalarında Kullanılan Kesitler

İstanbul Boğazı'nda Eylül 2008 - Şubat 2009 zaman aralığı için yaklaşık 5 aylık ölçüm bulunmaktadır. Çanakkale Boğazı'nda ise Eylül 2008 – Ekim 2009 zaman aralığında 13 aylık ölçüm mevcuttur. Kalibrasyon periyodunda İstanbul Boğazı ortalama üst debisi ölçüm ve

model sonuçları sırasıyla 12190 m³/s ve 11228 m³/s'dir. İstanbul Boğazı ortalama alt debisi ise ölçüm ve model sonuçları için sırasıyla 8340 m³/s ve 9070 m³/s'dir. Çanakkale Boğazı'nda ölçülmüş üst ve alt akım ortalamaları sırasıyla 26450 m³/s ve 15460 m³/s'dir. Hidrodinamik Modelleme çalışmaları sonucunda bu değerler 23400 m³/s ve 17710 m³/s olarak elde edilmiştir. Gözlem periyodundaki model ortalama üst ve alt akımları İstanbul Boğazı'nda yaklaşık %8'lik bir sapma ile tahmin etmiştir. Çanakkale Boğazı'nda ise model sonuçları ve gözlemler arasında ortalama üst ve alt akımlar için %11 ve %14'lük bir fark bulunmaktadır. Mevcut sistem modeli üzerine, yapımı planlanan Kanal İstanbul Projesi 3 farklı kesit tipi için dâhil edilerek 2010-2018 yıllarını içeren 9 yıllık bir zaman periyodunda yeniden çalıştırılmıştır. Senaryolarda kullanılan ilk kanal kesiti 275m genişlik ve 21m derinlikte, 2. kanal kesiti 300m genişlik ve 25m derinlikte, 3. kanal kesiti ise 400 m genişlik ve 25 m derinliktedir.

Mevcut sistemde olduğu gibi kanallı durum için gerçekleştirilen simülasyonlar sonucunda denizler arası geçiş akım hacimleri elde edilmiştir. Mevcut durum ve kanallı durum senaryoları için uzun dönem yıllık ortalama akımlar ile Kİ'nin boğazlardaki debi geçişleri üzerine etkileri Tablo 9 ve Tablo 10'da verilmiştir (Sen, vd., 2021).

Tablo 9. Mevcut Durum ve Kanallı Senaryolarda Yıllık Ortalama Akımlar (m³/s)

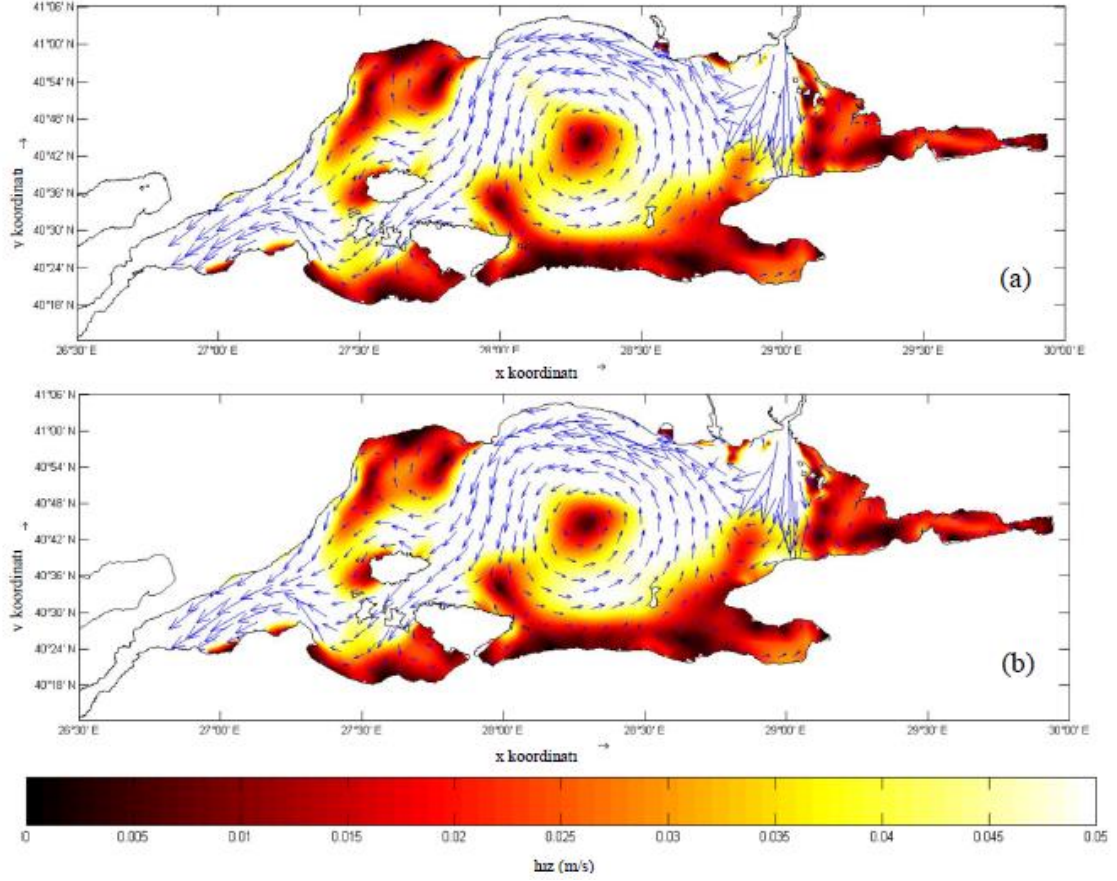
	İstanbul Boğazı		Kanal		KD-MD arası toplam geçiş		Çanakkale Boğazı	
	Üst	Alt	Üst	Alt	Üst	Alt	Üst	Alt
Mevcut Durum	13347	6559	-	-	13347	6559	24185	17498
Kanal 1 (275x21)	11497	7875	3452	251	14949	8126	24552	17830
Kanal 2 (300x25)	10934	8218	4642	518	15577	8736	24730	17991
Kanal 3 (400x25)	10417	8563	5735	737	16152	9300	24870	18119

Tablo 10. Kanalın Geçiş Akımları Üzerine Etkisi

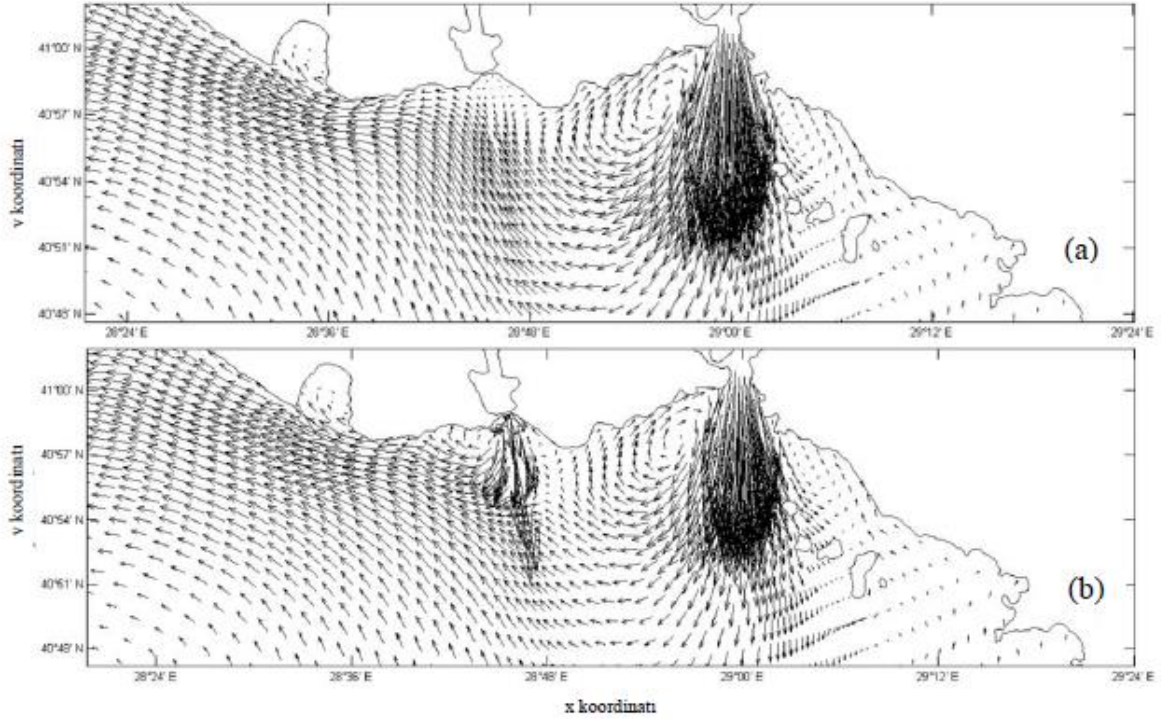
	İstanbul Boğazı		KD-MD arası toplam geçiş		Çanakkale Boğazı	
	Üst	Alt	Üst	Alt	Üst	Alt
Kanal 1 (275x21)	-14%	20%	12%	24%	2%	2%
Kanal 2 (300x25)	-18%	25%	17%	33%	2%	3%
Kanal 3 (400x25)	-22%	31%	21%	42%	3%	4%

Model çıktıları incelendiğinde kanalın İstanbul Boğazı yıllık üst akım hacmini azaltırken, alt akım hacmini arttırdığı görülmüştür. Kanal 1, Kanal 2 ve Kanal 3 senaryolarında İstanbul Boğazı'nın yıllık üst akım hacmi sırasıyla %14, %18 ve %22 oranlarında azalırken, alt akım hacminde sırasıyla %20, %25 ve %31 oranlarında artış meydana gelmiştir. Karadeniz ve Marmara Denizi arasında toplam su geçişi ise her iki yönde de artmıştır. Kanal 1, Kanal 2 ve Kanal 3 senaryolarında Karadeniz'den Marmara Denizi'ne geçen yıllık ortalama akım hacmi sırasıyla %12, %17 ve %21 oranlarında artarken, Marmara'dan Karadeniz'e geçen yıllık ortalama akım hacmi de sırasıyla %24, %33 ve %42 oranlarında artmıştır.

Boğazlarda uzun yıllar ortalama geçiş akım değerleri ile en yakın sonuçları gösteren 2015 yılı için Marmara Denizi ve Boğazlar Sisteminin yıllık karakteristiklerindeki değişimler birinci kanal senaryosu (275x21m) dikkate alınarak elde edilmiştir. Kanallı durumda Boğazlar Sistemi yıllık genel sirkülasyon yapısı mevcut durum ile karşılaştırmalı olarak Şekil 10'da verilmiştir. Elde edilen model çıktılarına göre, kanallı durum yıllık genel sirkülasyonu mevcut durum genel sirkülasyonu ile farklılık göstermemiştir. Kanal çıkış akımının kırmızı daire ile işaretlenen bölgede lokal bir etkisi olmuştur. Yıllık ortalama 0,5 m/s hızla kanaldan çıkan jet akım batı yönüne saparak küçük çaplı bir çevrinti oluşturmuştur (Şekil 11).



Şekil 10. Yıllık Ortalama Su Yüzeyi Akıntı Hızı Değişimi (a) Mevcut Durum; (b) Kanallı Durum



Şekil 11. Kanal Çıkışında Sirkülasyon Değişimi: (a) Mevcut Durum; (b) Kanallı Durum

Bu çalışmaların dışında, literatürde yer alan çok sayıda bilimsel çalışma mevcuttur. Seçilen bazı örnekler şöyledir. Öztürk ve Yüksel (2010) ve Öztürk vd., (2012) İstanbul Boğazı'nın 3-boyutlu hidrodinamik modeliyle ilgili kapsamlı çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Anılan çalışmalarda, İstanbul Boğazı 50 düşey tabakaya ayrılmış ve kalibrasyon genetik algoritmalarla analiz edilmiştir. Yüksel vd., (2008) İstanbul Boğazı ile ilgili ölçümlerde bulunmuş ve genel hız profilleri ile ilgili önemli güncel tespitler yapmışlardır. Blain vd. (2009), Hybrid Coordinate Ocean Model (HYCOM) ve Advanced Circulation (ADCIRC) Modellerini birbirine tek yönlü olarak entegre ederek, Kuzey Ege Denizi ve Çanakkale Boğazı'nı içeren bir çalışma alanında, Çanakkale Boğazı'nın tabakalı akım yapısını ve Kuzey Ege Denizi'ne olan akışını analiz etmişlerdir. Altıok ve Kayışoğlu (2015), İstanbul Boğazı'nın kuzey ve güney girişlerinde elde ettikleri ölçümleri kullanarak İstanbul Boğazı'ndaki uzun dönem aylık tuzluluk ve sıcaklık dağılımları ile akış hacimlerini analiz etmişlerdir. Kanarska ve Maderich (2008), Çanakkale Boğazı hidrodinamiğinin mevsimsel değişimini incelemek amacıyla, 3 boyutlu serbest yüzeyli primitive equation model uygulaması gerçekleştirerek, Boğaz'ın Ege ve Marmara Denizi çıkışlarında aylık akış hacimlerini tahmin etmişlerdir. Jarosz vd. (2011), İstanbul Boğazı'nın her iki çıkışına akustik doppler hız ölçerler yerleştirerek, Eylül 2008 - Şubat 2009 tarihleri arasında akıntı hız profillerini gözlemlemişlerdir.

Türk Boğazlar Sistemi'nde yapılan güncel bir çalışmada, yeni yüksek çözünürlüklü ve yapısal olmayan sonlu eleman çözümlü bir akıntı modeli kurulmuştur. Model, gerçek atmosferik ve yanal koşullar çerçevesinde 4 yıllık süre zarfı için koşturulmuş ve 2017 - 2018 ölçüm verileri ile doğrulanmıştır. Çalışmada ayrıca Marmara Denizi'ne özgü iki tabakalı yapı sergilenmiş ve genel sirkülasyon rejimi de yüksek doğrulukta modellenmiştir. Çalışma sonucunda İstanbul ve Çanakkale Boğazları net akışı sırasıyla $140 \text{ km}^3/\text{yr}$ ($4.439 \text{ m}^3/\text{s}$) ve $170 \text{ km}^3/\text{yr}$ ($5.391 \text{ m}^3/\text{s}$) olarak hesaplanmıştır. Modelin ileri safha çalışmaları ise veri asimilasyonu ile tahmin gücünün

artırılmasıdır. Ayrıca biyoloji modülleri eklenerek yayılı ve noktasal baskı kaynaklı kirlilik çalışmaları da gerçekleştirilebilir (Ilıcak vd., 2021).

T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nca yürütülen Ulusal Deniz İzleme Programı (ÇŞİDB, TÜBİTAK MAM) "Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme" çalışması bulguları ve diğer araştırmalar ile Marmara Denizi'nin özellikle yaz ve sonbahar dönemlerinde ara ve alt tabakasında çözünmüş oksijen azalması olduğu tespit edilmiştir. Son 15-20 yıl içinde en derin bölgelerdeki oksijen değerleri ciddi azalmalar göstermiş, oksijen değerleri hipoksi sınırı olarak görülen 80 mikromoların altına inmiştir.

Marmara Denizi üzerindeki baskı unsurları çok çeşitlidir ve sektörel çözümler yeterli değildir. Bunun yerine bütüncül ve sorumlulukların paylaşıldığı yaklaşım ve önlemlere ihtiyaç vardır. Bu kapsamda, Marmara Denizi'nin mevcut durumu açısından fotoğrafının ortaya konması, modelleme çalışması ile kirlilik yüklerinin azaltılması, noktasal kirlilik kaynaklarının belirlenmesi, ekosistem temelli yaklaşım esas alınarak Marmara Denizi'nin korunmasına yönelik eylemlerin oluşturulması gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Bu kapsamda T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ilki 2017 yılında, ikincisi ise 2021 yılında imzalanan protokollerle **Marmara Bütünleşik Modelleme Sistemi (MARMOD) - Faz I ve Faz II** projeleri kapsamında çalışmalar başlatılmış ve devam etmektedir. MARMOD projeleri ile Marmara Denizi için bir bütünleşik modelleme sistemi oluşturularak model uygulaması, Marmara Denizi'ne özgü çevresel yönetim ve ekolojik yaklaşımlı planlara katkı sağlamak hedeflenmektedir.

MARMOD Faz I

Marmara Denizi Karadeniz ve Akdeniz arasında bir geçiş denizi olması ve dolayısıyla iki tabakalı bir yapıda olması ve kıyısında ciddi bir insan nüfusunu barındırması nedeni ile doğal bir laboratuvarıdır. Çevresinde Türkiye'nin ekonomisini güçlü kılan metropollerin bulunduğu önemli düzeyde taşımacılık, turizm ve balıkçılık başta olmak üzere ve diğer ekonomik etkinlikleri destekleyen bir sistemdir. Marmara Denizi'ndeki çevresel durumun en önemli göstergelerinden birisi çözünmüş oksijen miktarıdır. MARMOD projesi kapsamında öncelikle tarihsel veriler kurumlar arası işbirliği (örn. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü) sayesinde toplanmış ve son durum ortaya konmuştur (ÇŞİDB, 2017).

Marmara Denizi'ne özgü çevresel yönetim ve ekolojik yaklaşımlı su kalitesi iyileştirme planlarının oluşturulmasında kullanılmak üzere geliştirilen MARMOD Projesi kapsamında model çalışmalarında kullanılmak üzere bir veri tabanı oluşturulmuştur. Özellikle T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yürütülen Ulusal Deniz İzleme Programı ve daha öncesinde değişik kurumlarca Marmara Denizi'nde toplanan denizel verilerin bir araya getirilmesi ve bu verilerin kalite kontrolünün yapılması hedeflenmiştir.

MARMOD Faz I Projesi kapsamında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri Enstitüsü (ODTÜ-DBE), İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü (İÜ-DBE) ve TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (TÜBİTAK MAM) iş birliği içinde çalışılmıştır. İÜ-DBE ve TÜBİTAK MAM, T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yürütülen ulusal deniz izleme projeleri kapsamında topladıkları denizel verileri sağlamışlardır. Bununla birlikte MARMOD projesinin yürütücüsü ODTÜ-DBE, 1985 yılından bu yana değişik çalışmalar kapsamında Marmara Denizi'nde topladığı verileri bu veri tabanına eklemiştir.

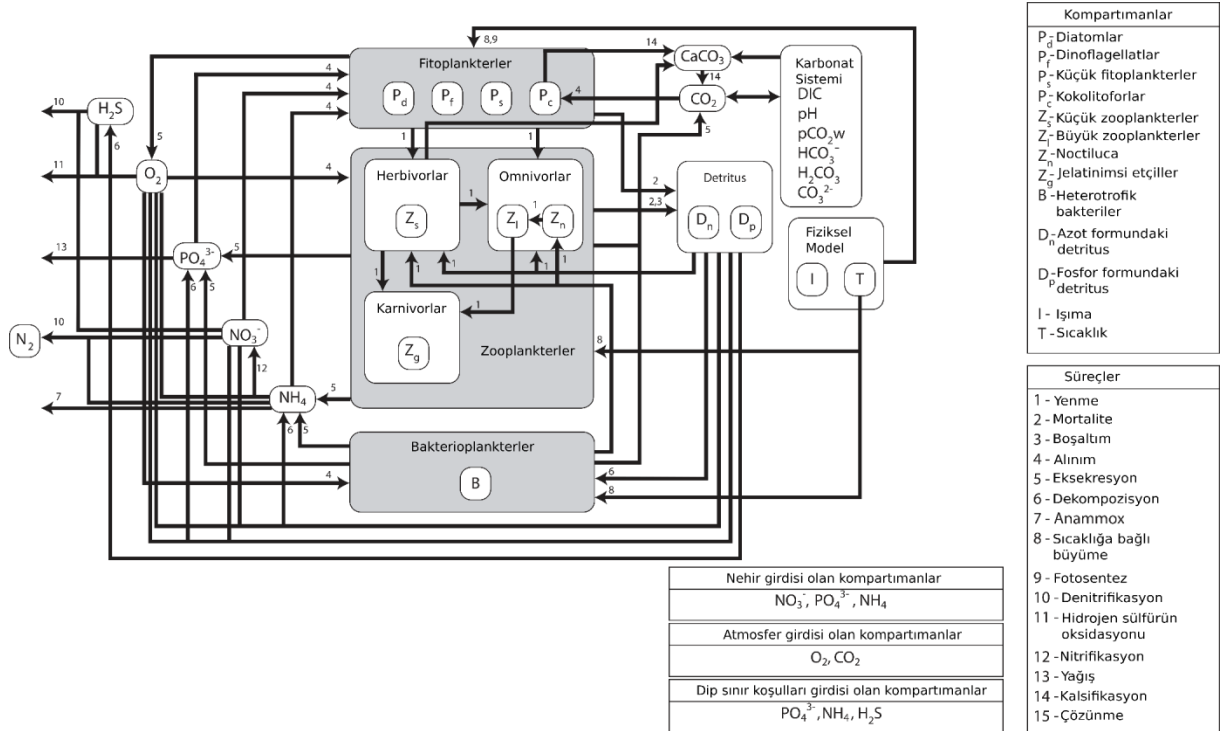
MARMOD projesinin birinci fazında en önemli hedef, Marmara'da 1-boyutlu modeller yardımıyla Akdeniz'den gelen oksijenli sular ile Karadeniz ve karasal kökenli yüklerin farklı derinlik tabakalarında etkileşimlerinin çözümlenmesi olmuştur.

Ekosistem Modelleme çalışmaları için öncelikle modelin kurulması için gerekli sınır koşulların belirlenmesi gerektiğinden, proje kapsamında sınır koşullarının belirlenmesi amacıyla oluşturulan veri tabanından Marmara Denizi'nin oşinografik özelliklerinin belirlenmesi, Karadeniz'den giren su bütçesi ve buna bağlı yük miktarının hesaplanma çalışmaları yapılmıştır. Bununla birlikte karasal kaynaklardan giren yük miktarları belirlenmeye çalışılmıştır.

MARMOD için Geliştirilen Bütünleşik Model Yapısı

Marmara Denizi'nin tek boyutlu modellemesi Genel Okyanus Türbülans Modeli (GOTM) ile ODTÜ-DBE tarafından geliştirilmiş BIMS-ECO (Oğuz vd., 2001) ekosistem modelinin bütünleştirilmesi ile yapılmıştır.

Proje kapsamında oluşturulan veri seti modelin başlangıç koşullarını oluşturmak için kullanılmıştır. Modelleme çalışmasında İstanbul ve Çanakkale boğazlarından giren ve çıkan oksijen miktarı ve besin elementleri hesaba katılmıştır. Ayrıca Marmara Denizi'nde var olan besin tuzları üzerinde önemli bir etkisi olan ve nehirler vasıtasıyla Marmara Denizine taşınan karasal besin elementleri girdileri modelde hesaba katılmıştır. MARMOD Faz I Projesi kapsamında geliştirilen tek boyutlu model Şekil 12'de görülmektedir.



Şekil 12. MARMOD Faz I kapsamında geliştirilen Marmara Denizi Bütünleşik Modeli'nin yapısı.

Hidrodinamik ve Biyojeokimyasal Model Uygulaması

Bütünleşik model Marmara Denizi için 2016-2021 yılları arasındaki dinamikleri temsil eden 5 farklı senaryo uygulaması için kullanılmıştır:

- **Günümüz Koşulları Senaryosu (*Business As Usual*):** Bu senaryoda Marmara Denizi'nin gözlemlenen günümüz koşulları bütünleşik model aracılığıyla fiziksel ve biyojeokimyasal olarak temsil edilmeye çalışılmıştır. Bu senaryoda halihazırda Marmara Denizi'nin 2016 yılı durumundan itibaren günümüz koşulları aynı kaldığında sistemin nasıl evrileceği temsil edilmektedir.
- **Çanakale Boğazı Senaryosu:** Çanakale Boğazı dip akıntısı ile Marmara Denizi basenine giren yıllık O₂ miktarı yarı yarıya azaltılmış, Marmara Denizi ekosistemindeki değişimler gözlemlenmiştir.
- **İstanbul Boğazı Besin Girdisi Senaryosu:** İstanbul Boğazı'ndan Marmara'ya giriş yapan yükler Karadeniz'den yüzey akıntısıyla taşınan yük artı alt akıntıdan yukarı karışan yüklerin toplamıdır. Her iki bileşenin ve bunların toplamının etkisi bu senaryoda test edilmiştir.
- **Karasal Yükler Senaryosu:** Bu senaryoda Marmara'ya giriş yapan bütün karasal yükler %40 azaltılarak Marmara Denizi ekosistemindeki değişimler gözlemlenmiştir.
- **İstanbul ve İzmit Senaryosu:** İstanbul ve İzmit bölgesindeki karasal girdiler, yani nehir havzaları ve boğaz alt akıntısından karışarak Marmara Denizi'ne taşınan besin elementleri girdileri sıfırlanarak Marmara biyojeokimyasal karakteristiklerinin nasıl tepki verdiği ortaya konmuştur.
- En uygun (ulaşılabilir) koşullar senaryosu

Model Sonuçları Özet Analizi

Marmara Denizi'nin rehabilitasyonu için tüm Marmara Baseni'ni içine alacak bir rehabilitasyon planı gerekmektedir. Mevcut senaryo sonuçlarına göre en fazla iyileşmeyi toplam karasal yüklerin azaltılması göstermiştir. Burada en az veri ile desteklenmesine rağmen İstanbul ve İzmit karasal yüklerinin de azaltılmasının bir sonuç verdiği görülmektedir.

Tablo 11'de uygulanan her bir senaryoda yüzey ve dip sularında benzetim edilen ortalama O₂ konsantrasyonları verilmektedir. Özellikle dip sularındaki O₂ konsantrasyonları incelendiğinde görülmektedir ki "**Günümüz Koşulları**" (O₂≈40 µM) senaryosuna kıyasla iyileştirme gerçekleştirilen üç senaryoda (İzmit & İstanbul Yüklerinin Azaltılması ≈ 71 µM, Toplam Karasal Yük Girdilerinin Azaltılması ≈ 85 µM, Boğaz Toplam Taşınımı ≈ 77 µM) oksijen konsantrasyonlarında artış olmuştur. Modelleme çalışmasında uygulanan senaryolar göstermektedir ki hipoksi seviyesi olan 80 µM değerinin üzerine ancak havza bazında yapılan yük azaltılması ile çıkılabilmektedir. Boğaz toplam taşınımının değişimi ancak iklimsel etkilerle mümkündür ve antropojenik olarak kontrol edilebilmesi çok zordur. Diğer yandan İzmit ve İstanbul illerinin havza bazlı yükler etkisi oldukça yüksek olmasına rağmen ilgili senaryoda bu yüklerin tamamının kaldırılması ile ancak hipoksi sınırı değerine ulaşılabilenmektedir. Bu da muhtemelen İstanbul atık su verilerinin MARMOD projesine katkısının şu an minimal durumda olmasından kaynaklanmaktadır. Yine de tüm bu sonuçlar, ancak basen ölçeğinde bir yük girdisi iyileştirme çalışmasının Marmara Denizi'nin dip sularının biyojeokimyasal koşullarını en az 6 yıl civarında bir süreden itibaren iyileştirebileceği öngörülmektedir.

Tablo 11. Senaryolarda karışım tabakası ve dip sularında benzetim edilen O₂ konsantrasyonu değerleri.

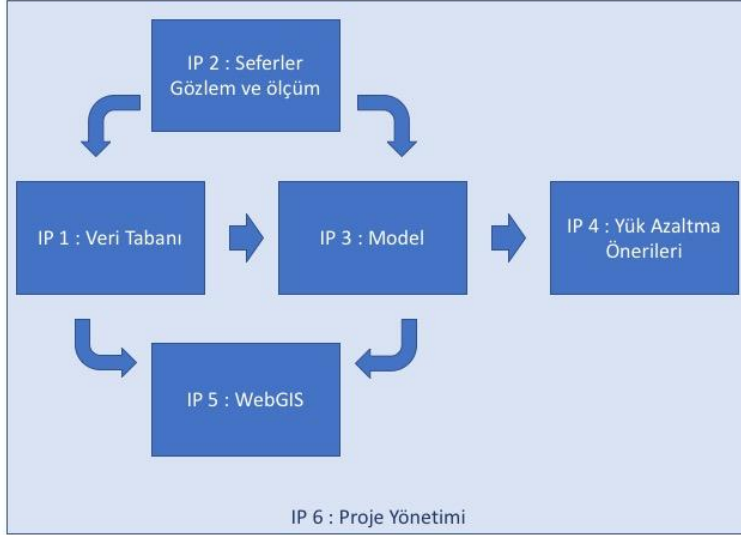
Senaryo	Karışım tabakası	Dip
	O ₂ µM	O ₂ µM
Günümüz Koşulları	311	50
Çanakkale Boğazı Oksijen Girdisinin Azalması	309	26
Boğaz Karadeniz Besin Yükü Girdisinin Kapanması	295	75
Boğaz Alt Su Karışımından Gelen Besin Yükünün Kapanması	307	59
Boğaz Toplam Besin Yükünün Kapanması	288	85
Toplam Karasal Yük Girdilerinin %40 Kısılması	311	80
Toplam Karasal Yük Girdilerinin %30 Kısılması	312	72
İzmit ve İstanbul Yüklerinin Kapatılması	307	66
Toplam Karasal Yükün %35, Boğaz Alt Suyundan Kaynaklanan Girdilerin %75 Kısılması	307	85

Ana sonuçlar özeti:

- Sonuçlar, karasal yükler %40 oranında azaltıldığı takdirde alt sularda 6 yıl gibi bir sürede hipoksi eşiğinin üzerine çıkabileceği gösterilmiştir.
- MARMOD projesi Marmara Denizi üzerindeki havza kaynaklı besin yüklerinin en az Karadeniz'den gelen yükler kadar hatta büyük ihtimalle yaklaşık 2 kat oranında daha fazla etkili olduğuna işaret etmektedir.
- Susurluk Havzası Kuzey Marmara Havzası'na göre yaklaşık iki kat TN ve TP yükü barındırmaktadır.
- Bunu sırasıyla Karadeniz'den gelen yükler ve boğaz alt suyuna yapılan deşarjlar takip etmektedir.
- Karadeniz'den gelen tüm yükler ortadan kaldırılsa dahi Marmara Denizi dip suları hipoksi eşiğini 7-8 yılda geçebilmektedir.
- Karadeniz'den gelen yüklerle birlikte boğaz alt suyuna verilen yükler beraber ortadan kaldırılınca istenen düzeye 4-5 yılda yaklaşan bir iyileşme görülmektedir.
- Karasal yüklerin azaltılması öncelikli önlem olarak öne çıkmakta yalnız boğaz alt suyuna verilen deşarjlar konusunda da alınacak önlemlerin çok etkili olacağı model sonuçlarında görülmektedir.
- Bu sonuçlara göre Marmara Denizi'nin ekolojik olarak sürdürülebilir yönetimi için ivedilikle önlemler alınmalıdır. Önerilen önlemler:
 - Susurluk Havzasında öncelikli olmak üzere yaygın olarak akarsu kenarı tampon bölge uygulamasına geçilmeli;
 - İstanbul öncelikli olmak üzere kentsel atık deşarjlarının hızla en verimli şekilde arıtılmasına imkan verecek yatırımlar yapılmalı ve deşarj noktaları hassas Marmara Ekosistemini en az etkileyecek şekilde seçilmelidir.
 - Bunlara ek olarak uzun vadede yük azaltımlarına imkan verecek planlama (tarımsal amaçlı gübre kullanımı yönetimi, kentsel alanlardan yüzey suyu/yağış akışı ile gelen yüklerin yönetimi gibi) ve uygulama çalışmaları yapılmalıdır.

MARMOD Faz II

MARMOD Faz II Projesi'nin 2021-2022 yılları arasında gerçekleşecek faaliyetleri kapsamında ekosistem yaklaşımı üç boyutlu Marmara Bütünleşik Modelleme Sistemi (MARMOD) geliştirilecektir. Okyanus sistemlerinde ve Karadeniz'de uygulanabilirliği doğrulanmış ekosistem temelli model, iki tabakalı Marmara Denizi ekosistemine adapte edilecek ve geliştirilecektir. MARMOD (2021/22) projesinde yapılacak olan bilimsel çalışmalar, birbirlerini tamamlayan 6 İş Paketi kapsamında gerçekleştirilecektir (Şekil 13).



Şekil 13. MARMOD Faz II Projesi'nin İş Paketleri Dağılımı

Marmara Denizi Karadeniz ve Akdeniz arasında bir geçiş denizi olması ve dolayısıyla iki tabakalı bir yapıda olması ve kıyısında ciddi bir insan nüfusunu barındırması nedeni ile doğal bir laboratuvardır. Çevresinde Türkiye'nin ekonomisini güçlü kılan metropollerin bulunduğu önemli düzeyde taşımacılık, turizm ve balıkçılık başta olmak üzere ve diğer ekonomik etkinlikleri destekleyen bir sistemdir. Marmara Denizi'ndeki çevresel durumun en önemli göstergelerinden birisi çözülmüş oksijen miktarıdır. MARMOD Projesi: Faz I kapsamında öncelikle tarihsel veriler kurumlar arası iş birliği sayesinde toplanmış ve son durum ortaya konmuştur. 2010 öncesi döneme göre son 15 yılda basende ciddi bir oksijen azalması olduğu görülmüştür. Mevcut durumda Boğazlar sistemi ile Marmara'ya taşınan ve Marmara'dan çıkan besin yükleri de hesaplanmış ve havzalardan Marmara'ya giren besin yükleri ile beraber ilk kez Marmara Denizi'ne özgü, fiziksel ve biyojeokimyasal özelliklerini temsil eden ulusal kaynaklarla geliştirilen bütünleşik bir model oluşturulmuştur.

Tek boyutlu model ileriye dönük olarak Marmara derin baseni ortalama koşulları için 6 yıllık bir süre için çalıştırılmış, modelin günümüz koşullarını çok iyi simüle ettiği görülmüştür. Buna göre karışmış tabakanın altındaki ortalama oksijen konsantrasyonu 40 mikro molar olarak ortaya çıkmıştır. Marmara derin baseni için tarihsel veriye dayanarak referans koşul olarak belirlenen ve aynı zamanda yüksek organizmalar için hipoksiye tolerans alt sınırı olarak kabul edilen 80 mikro molar değerinin çok altında olan bu değer nasıl bu kritik eşik üzerine çıkabileceği konusunda yönetim planlarına destek olması için çeşitli senaryolar ile model çalışmaları uygulanmıştır.

Tüm senaryo sonuçları altı yıllık bir dönemi temsil etmiştir ve bu da sistemin hızlı biçimde (6 yıl minimum olarak alınmalıdır) ancak tüm basen ölçeğinde gerekli önlemler alındığında hipoksi riskini azaltan bir davranışa geçeceğini göstermektedir. MARMOD ilk faz sonuçlarından öne çıkan bulgular karasal yükler %40 oranında azaltıldığı takdirde Marmara Denizi alt sularının 6 yıl gibi bir sürede hipoksi eşiğinin üzerine çıkabileceğini göstermektedir. Marmara'yı en fazla etkileyen girdilerin karasal kaynaklı olduğu görülmekte bunu sırasıyla Karadeniz'den gelen yükler ve boğaz alt suyuna yapılan deşarjlar takip etmektedir.

Model sonuçlarına göre Karadeniz'den gelen tüm yükler ortadan kaldırılsa dahi Marmara Denizi dip suları hipoksi eşiğini 6 yılda geçememektedir. Ancak Karadeniz'den gelen yüklerle birlikte boğaz alt suyuna verilen yükler beraber ortadan kaldırılınca istenen düzeye yaklaşan bir iyileşme görülmektedir. Karadeniz'den gelen yüklerle bir müdahalenin söz konusu olmayacağı varsayıldığında, Marmara Denizi oksijen seviyelerini arzu edilen seviyelere getirmek için karasal yüklerin azaltılması en öncelikli önlem olarak öne çıkmakta yalnız boğaz alt suyuna verilen deşarjlar konusunda da alınacak önlemlerin çok etkili olacağı model sonuçlarında görülmektedir.

Projenin Faz II aşamasında gerek yeni gözlemler gerekse üç boyuta taşınan modeller sayesinde Marmara Denizi'ne taşınan yükler hakkında daha güvenli ve alt bölgeler için detaylandırılmış, ilerideki dönemlerde bölgesel çaplı yönetim planları hazırlanırken temel alınabilecek öneriler geliştirilmesi hedeflenmiştir.

İlk fazda yapılan analizler güncel havza kaynaklı besin yükü tahminlerinin gerçek değerlerden büyük oranda düşük olduğuna işaret etmektedir. Karasal noktasal ve yayılı kaynaklardan gelen yüklerin daha tutarlı tahminlerini yapmadan başarılı uygulama stratejileri hayata geçirmek özellikle orta ve uzun vadede mümkün değildir. Bu nedenle MARMOD projesinin ikinci fazında seçilen pilot alanlarda, havza kaynaklı besin yüklerinin yüksek alansal ve zamansal ölçekte ortaya koyacak saha çalışmaları ile bu çalışmaların sonuçları kalan alanlara yansıtılarak daha tutarlı besin yükü tahminleri yapılacaktır. Su bütçelerinin güncellenip besin yükü ve oksijen alışverişlerinin belirlenmesi ve model öngörülerini iyileştirecek şekilde tasarlanan yeni saha çalışmalarının yapılması ile mevcut öngörü kapasitesinin daha da artacağı öngörülmektedir.

MARMOD Faz II kapsamında ilk araştırma seferi 01.06.2021-19.06.2021 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Birinci seferin tamamlanmasının ardından müsilajın yayılım sürecini incelemek için 23.06.2021-02.07.2021 tarihleri arasında ikinci bir Marmara araştırma seferi gerçekleştirilmiştir.

Bu süreçte MARMOD Faz II projesi kapsamında yapılması planlanan 35 istasyonunun yanı sıra 139 ek istasyonda ölçümler ve örneklemeler yapılmıştır. Bu örneklemeler sırasında müsilaj, ağ gözeneklerini ve ölçüm cihazlarının pompalarını tıkayacak kadar su kolonunda yoğun olarak gözlenmiştir.

Çalışmaların ilk yaz etabı Temmuz 2021 ortasında tamamlanmış ve Deniz Bilimleri Enstitüsü araştırmacıları Marmara istasyon ağını genişletmenin yanı sıra ve özellikle müsilajın yapısı, içeriği ve etkilerinin izlenmesine yönelik ek bilimsel çalışmalar planlanmış ve belli sayıda istasyonda bu çalışmalara yönelik örneklemeler gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmalar sürerken mevsimsel koşulların izlenmesi ve de müsilajın durumunun takip edilmesi için Eylül 2021 ortasında Bilim gemisi yeniden Marmara'ya intikal etmiştir. 11 Eylül - 25 Eylül arasındaki Marmara seferinde Bilim gemisi Boğazlar sistemi de dahil 110 istasyonda sıcaklık, tuzluluk, fitoplankton üretimi, oksijen, bulanıklık dahil Marmara denizi sağlığına dair her türlü oşinografik değişken ölçülmüş ve örneklenmiştir. Ayrıca 200 km'yi aşan Scanfish

cihazı ile gerçekleştirilen hatlar ile üst 80m de toplam 1500 profil daha toplanmış ve denizin ilk 80 metresinin sürekli taraması yapılmıştır.

Meydana gelen müsilajın ortaya çıkış nedenlerinin ayrıntılı ve geçmiş verilerle kıyaslanarak ortaya konabilmesi için MARMOD Faz II kapsamında öngörülen sayıdan daha fazla yapılan ölçüm ve örneklemelerin laboratuvar ve veri analizleri ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü'nce sürdürülmektedir.

Modelleme çalışmalarında çok fazla detayda veriye ihtiyaç duyulması ve uzun süreli veri ihtiyacı modelin doğruluğu açısından önemlidir. Ülkemizde maalesef veriye erişim kısıtlı olmakta ve mevcut verilerin kalitesi konusunda standardizasyon bulunmamaktadır. İlgili kurumların yaptığı çalışmalarda genellikle aylık yapılan anlık ölçüm sonuçları bulunmaktadır. Su kalitesi ile beraber miktarı da modelleme çalışmalarının kalibrasyonu açısından önemli olmaktadır. TOB, DSİ Genel Müdürlüğü tarafından kurum web sitelerinde (url-1) online olarak 2015 Eylül ayına kadar olan uzun dönem veriler pdf olarak paylaşılmaktadır. Ancak sonraki yıllara ait verilere online erişimde sorunlar bulunmaktadır. Bu kapsamda üstünde durulması gereken kritik bir konu da, yapılan tüm çalışmaların toplanacağı ve düzenli olarak güncellenerek, yeni teknolojiler ile entegre edilecek bir bilgi sisteminin - Ulusal Su Bilgi Sistemi (USBS) kullanıcılara açılmasıdır.

Su kalitesi ve miktar ölçüm sonuçlarının ortak bir erişim kanalında toplanması ve araştırmacılara erişim verilmesi önemlidir.

Cumhurbaşkanlığı 1 No.lu Kararnamesinin 421. Maddesi 1.Fıkrası, (ç) bendi gereğince, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından ulusal ölçekte bir Su Bilgi Sistemi (USBS) (url-2) hazırlanmaktadır. Çalışma 2013 yılında başlamış olup 2017 yılı sonu itibarıyla kurulumu gerçekleştirilmiştir. Şu anda Yaygınlaştırma ve Sürdürülebilirliğin Sağlanması (Faz II) çalışmaları devam etmekte olduğu Bakanlık tarafından belirtilmiştir. USBS kapsamında; yerüstü, yer altı, kıyı ve geçiş suları kalitesi, su miktarı, taşkın risk/tehlike haritaları, suların iklim değişikliği ve kuraklıktan etkilenme durumları, sektörel su tahsisleri, havza yönetim/eylem planları, içme suları ve su kaynakları üzerindeki kirlenmeye sebebiyet vermesi muhtemel unsurlar vb. suyun bütüncül yönetimine hizmet edecek tüm bileşenler yer almaktadır.

Hali hazırda, 250'nin üzerinde veri katmanına sahip olan USBS'de yürütülen çalışmalar kapsamında aşağıdaki kurumlar ile veri paylaşımı ve işbirliğine yönelik protokol imzalanmıştır.

- ✓ TOB Merkez Teşkilatı ve Bağlı Birimleri,
- ✓ T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı,
- ✓ T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı,
- ✓ Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD),
- ✓ Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK),
- ✓ T.C. Sağlık Bakanlığı,
- ✓ T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı/Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü,
- ✓ Pilot olarak belirlenen 8 (sekiz) Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdareleri (Ankara, İzmir, İstanbul, Samsun, Sakarya, Kocaeli, Malatya, Eskişehir),
- ✓ T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı (çalışmalar devam ediyor),

- ✓ T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (çalışmalar devam ediyor).
- ✓ Yaygınlaştırma ve Sürdürülebilirliğin Sağlanması (Faz II) çalışmaları kapsamında pilot olarak belirlenen Su ve Kanalizasyon İdareleri ile veri girişine yönelik ekranlar tasarlanarak yetkili kullanıcılara açılmıştır. Mevcut durumda 30 Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi yetkilileri sisteme düzenli giriş sağlamaktadır.

Eylem Planlarının (Taşkın, Kuraklık, Nehir Havzası, Göller ve Sulak Alanlar vs. Eylem Planları) sistem üzerinden takibi de gerçekleştirilmekte olup, sorumlu kurum ve kuruluşlar faaliyetlere ilişkin gelişmeleri sistem üzerinden girmektedir.

Yukarıda bahsi geçen kurumların verilerinin T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından ulusal ölçekte bir Su Bilgi Sistemi (USBS) (url-2) nde yer alması, araştırma kurumlarına ve üniversitelere doğrudan erişimin sağlanması elzemdir. Bu tür bilgi sistemlerinin diğer konuları (hava, katı atık gibi tüm çevre konularını) kapsayacak şekilde yaygınlaştırılması ve erişime açılması, uygulamalı projeler ve araştırma çalışmalarında gerek zaman ve gerekse kalite açısından önemli bir etken olacaktır.

Kaynaklar

Altıok, H., ve Kayışoğlu, M. (2015). Seasonal and interannual variability of water exchange in the Strait of Istanbul, *Mediterranean Marine Science*, 16(3), 636–647.

Blain, C.A, Cambazoglu, M.K., Kourafalou, V.H., (2009). Modeling the Dardanelles Strait Outflow Plume Using a Coupled Model System, *Journal of Marine Technology Science*.

Kanarska Y., Maderich V. (2008). Modelling of seasonal exchange flows through the Dardanelles Strait. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Volume 79, Issue 3, p. 449-458.

Ilicak, M.; Federico, I.; Barletta, I.; Mutlu, S.; Karan, H.; Ciliberti, S.A.; Clementi, E.; Coppini, G.; Pinardi, N. Modeling of the Turkish Strait System Using a High Resolution Unstructured Grid Ocean Circulation Model. *J. Mar. Sci. Eng.* 2021, 9, 769.

Jarosz, E.W., Teague, J., Book, J.W., Beşiktepe, Ş. (2011). Observed volume fluxes in the Bosphorus Strait, *Geophysical Res Letters*, 38(21), L21608.

Jarosz, E., Teague, W. J., Book, J. W., & Beşiktepe, Ş. T. (2012). Observations on the characteristics of the exchange flow in the Dardanelles Strait. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 117(C11).

MEMPIS Consortium (2006). Environmental Master Plan and Investment Strategy for the Marmara Sea Basin - Turkey, Water Quality Modeling of the Sea of Marmara, Model Development and Scenario Simulations. European Investment Bank and Turkish Ministry of Environment & Forestry.

Oğuz, T., Ducklow, H.W., Purcell, J.E., Malanotte-Rizzoli, P. (2001). Modeling the response of top-down control exerted by gelatinous carnivores on the black sea pelagic foodweb. *Journal of Geophysical Research* 106, 4543-4564.

ÖEJV-DHI (1994). Ömerli-Elmalı Joint Venture / Protection Ömerli and Elmalı Environmental Protection Project, Feasibility Study, Final Report, İstanbul Water and Sewerage Administration, Turkey.

Öztürk, İ. ve Tanık, A. (2012). Marmara Denizi Su Kalitesi Durumu ve Atıksu Deşarjları Öncesi Arıtma Stratejileri, *Derdimiz, Değerimiz, Denizimiz: Marmara Sempozyumu Tebliğler Kitabı*, 18-19 Aralık, 101-110.

Öztürk, M.N., Yüksel, Y. (2010). The numerical modelling of the effect of occurrence duration on the water level difference for the Bosphorus Strait, In the Proceedings of 32nd Conf. on Coastal Engineering, International Conference on Coastal Engineering (ICCE), Shanghai, China.

Öztürk, M., Ayat, B. , Aydoğan, B., Yüksel, Y. (2012). 3D numerical modeling of stratified flow-case study of the Bosphorus Strait, J. Waterway, Port, Coastal, Ocean Eng. , 138 (5), 406–419.

Öztürk, İ., Erdik, T., Özger, M., Altunkaynak, A., Karpuzcu, E. (2016). Kanal İstanbul'un Marmara ve Boğazlar Sisteminin Hidrodinamiği ile Su Kalitesine Etkilerinin Belirlenmesi Projesi. T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı.

Öztürk, İ. (2021). Bilimsel Veriler Işığında Marmara Denizi ve Türk Boğazlar Sistemi, Güncel 3D Hidrodinamik Modelleme, Su Bütçesi ve Kalitesi, İklim Değişimi ve Kanal İstanbul Etkileri, ISBN:978-605-2249-77-2,DOI: 10.53478/TUBA.2021.018 <http://tuba.gov.tr/files/yayinlar/bilim-ve-dusun/978-605-2249-77-2.pdf> adresinden alınmıştır.

Öztürk, İ., Dülekürgen, E., Erşahin, M.E. (2021). Marmara'da Deniz Salyası Sorunu: Tanımı, Sebepleri, Boyutları, Değerlendirme ve Çözüm Önerileri, Marmara Denizi'nin Ekolojisi: Deniz Salyası Oluşumu, Etkileşimleri ve Çözüm Önerileri Kitabı (Ed: İ. Öztürk, M. Şeker), ISBN: 978-605-2249-73-4; <http://www.tuba.gov.tr/files/yayinlar/bilim-ve-dusun/TUBA-978-605-2249-73-4.pdf>.

Resmi Gazete (RG), Sularda Tarımsal Faaliyetlerden Kaynaklanan Nitrat Kirliliğinin Önlenmesine Yönelik İyi Tarım Uygulamaları Kodu Tebliği (Tebliğ No: 2016/46), (11 Şubat 2017 tarih ve 29976 sayılı), T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı.

Sen, O., Erdik, T., Öztürk, İ. (2021). Marmara Denizi ve Türk Boğazlar Sistemi Yüksek Çözünürlüklü 3 Boyutlu HD Modelleme Çalışması, Bilimsel Veriler Işığında Marmara Denizi ve Türk Boğazlar Sistemi, Güncel 3D Hidrodinamik Modelleme, Su Bütçesi ve Kalitesi, İklim Değişimi ve Kanal İstanbul Etkileri Kitap Bölümü.

TÜBİTAK-MAM (2021-b), Nitrate Hassas Bölgelerin Belirlenmesi ve Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi (Destekleyen: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı) (devam ediyor).

url-1: <https://www.dsi.gov.tr/>

url-2: <https://usbs.tarimorman.gov.tr/>

Yüksel, Y., Ayat, B., Ozturk, M. N., Aydogan, B., Guler, I., Cevik, E. O., and, Yalciner, A. C. (2008). "Responses of the Stratified Flows to Their Driving Conditions-A field study", Ocean Engineering, 35(13), 1304-1321.

ÇŞİDB, TÜBİTAK-MAM, Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı (DEN-İZ)

Çözüm Önerileri Tablosu

Çözüm Önerileri	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)	Kısa Gerekçe
<p>En kısa sürede;</p> <ul style="list-style-type: none"> • USBS kapsamında toplanan verilerin Ar-Ge kurumları, üniversiteler ve veriye ihtiyaç duyması durumunda diğer kurum/kuruluşların da ücretsiz kullanımına açılması ve güncellenen verilerle sistemin sürekli aktif halde tutulması, • Marmara Denizi'nde (ve diğer denizlerimizde) yapılan çalışmalara ait meta-verilerin (verileri toplayan kurum, verinin toplanişı, içeriği, kullanılan cihazlar, zamanı, hangi veri olduğu, doğruluğu vs. detaylar içeren bilgiler) de ortak bir platformda toplanması, USBS ile bağlantısının sağlanması ve paylaşılması 	Kısa	Farklı kurumlar ve ekipler tarafından üretilen verilerin paylaşılması yapılacak olan modelleme çalışmalarının sonuçlarının güvenilirliğini, kalitesini ve doğruluğunu arttıracaktır.
Marmara Denizi'nde uzun süreli ve sürekli veri toplayabilecek kıyısız ve derin deniz gözlem sistemlerinin (Pasif örnekleyiciler ve online sensörler) kurulması	Kısa/Orta	Denizlerdeki fiziksel ve kimyasal parametrelerin sürekli olarak gözlenmesi, araştırma gemileri ile yapılan saha çalışmaları arasındaki zaman boşluklarının kapatılmasına yardımcı olarak iklimsel ve insan kaynaklı kısa ve uzun dönemli değişimlerin yüksek çözünürlükte takip edilmesini sağlayacaktır.
Marmara Bütünleşik Modelleme Sistemi kapsamında elde edilecek sonuçlara göre besin yükü azaltım planlarının yapılması	Orta/Uzun	Marmara Bütünleşik Modelleme Sistemi (MARMOD) farklı kaynaklardan gelen besin yüklerinin Marmara Denizi'nde yarattıkları etkileri ayrı ayrı değerlendirerek hangi kaynakların hangi sürede ve ne ölçüde azaltılacağını bilgisini verecektir. Bu yük azaltım planlarının verimli olarak gerçekleştirilmesini sağlayacaktır.

Marmara Denizi'nde araştırma gemileri ile yapılan yüksek kalitede saha çalışmalarının arttırılması	Kısa/Orta	Marmara Denizi'nde fiziksel, kimyasal ve biyolojik oşinografi çalışmalarının hem sayı hem kalite olarak arttırılması, elde edilen verilerin model çalışmalarına girdi olarak verilmesi, model sonuçlarının daha doğru sonuçlar üretmesini sağlayacaktır.
Kıyıs alarlarda, yayılı kaynak yüklerini taşıyan nehir ağızları ve atık su çıkışlarına yakın bölgelerde otomatik izleme sistemlerinin kurulması	Kısa/Orta	Yük girdisinin olası olduğu kıyıs alarlarda olası sık periyotlarda izleme yapılması, giren yük miktarının daha iyi anlaşılması için önemlidir. İlk aşamada MARMOD Faz II ile gerçekleştirilmekte olan bu çalışmaların orta vadede sürekli ve kesintisiz bir programa dönüştürülmesi önemlidir.
Kanal İstanbul konusundaki simülasyonların müsilajı da dikkate alarak çok bileşenli olarak yenilenmesi	Kısa/Orta	Kanal İstanbul konusu her ne kadar Bilim Teknik Kurulu'nun konusu olmasa da müsilajla ilişkisi ve müsilaj oluşumuna negatif ya da pozitif olası etkilerinin ortaya konması yararlı olacaktır.

4. MARMARA DENİZİ MEVCUT DURUMU VE KİRLİLİĞİN AZALTILMASI

Hedef Başlığı

- **Gemilerden, denizcilik faaliyetlerinden ve kıyı yapılarından kaynaklı kirlilikle mücadeleye yönelik araştırma ve mevzuat çalışmaları yapılması**

(Gemilerden kaynaklı petrol türevi kirleticilerin etkileri, bertarafları, önlenmelerine yönelik denetleme ve izleme mekanizmaları, kirlilik ve yayılmanın kaynağını tespit edecek erken uyarı sistemleri, gemi bacalarının deniz suyu ile yıkanması sonucu direk denize bırakılan NOx, SOx gibi bileşiklerin etkisi, Gemi/tersane/üretim tesisleri/santral vb hava kaynaklı emisyonların yarattığı hava kirliliğinin etkisi, gemi ve tersane faaliyetlerinde, özellikle Fe ve Mn içerikli bileşiklerin etkisi, gemi balast suları kaynaklı kirliliğin takibi vb.)

(Mevzuatsal olarak: Marmara Denizi'ne kıyısı olan tüm büyükşehir belediyelerine gemi kaynaklı deniz kirliliği denetim yetkisi verilerek kurumlarda gerekli yapılanmanın sağlanması, gerekli izinleri olmaksızın faaliyet gösteren balıkçı barınakları, kooperatifler vb. tekne bağlanma alanları, çekek yerleri gibi alanlar yeniden gözden geçirilerek belli bir standart sağlanması, Marmara Denizi'nde resmi/özel tüm deniz taşıtlarından (gemi, tekne vb.) atık biriktirme tankı olmayanların kullanımının engellenmesi hususunda gerekli tedbirlerin (denize elverişlilik belgesi, ruhsat vb belgelerin verilmemesi) alınması, vb.)

Mevcut Durum Tanımlanması:

Gemilerden, denizcilik faaliyetlerinden ve kıyı yapılarından kaynaklı kirlilikle mücadeleye yönelik ilgili ulusal ve uluslararası mevzuat ve yönetmelikler

Dünya ticaretinde hammaddelerin, yarı mamul malların ve bitmiş ürün ile malların taşınmasında denizciliğin rolü oldukça önemlidir ve uluslararası ticaretin yaklaşık %85-90 arası oranı deniz taşımacılığı ile yapılmaktadır. Denizcilik sektörünün dünya ticaretinde çok önemli bir rol oynaması ve dünya üzerindeki uluslararası etkileşim seviyesi en yüksek endüstrilerden biri olması sebebiyle, yıllar içerisinde bu endüstrinin standartlarının belirlenmesi amacıyla uluslararası bir yapıya ihtiyaç duyulmuştur. Uluslararası Denizcilik Örgütü (International Maritime Organization-IMO), gemilerin emniyet ve güvenliği ile gemiler tarafından deniz ve atmosfer kirliliğinin önlenmesinden sorumlu Birleşmiş Milletler uzman kuruluşu olarak ortaya çıkmış olup günümüzde uluslararası denizciliğin standartlarını belirleyen en yüksek otoritedir. IMO bu standartları üye ülkeler tarafından kabul edilmiş sözleşmeler ve düzenlemeler ile belirlemekte, bu standartların kontrol ve yaptırımlarını ise liman devletleri ve bayrak devletleri aracılığıyla yürütmektedir.

“Gemilerden Kaynaklanan Kirliliğin Önlenmesine İlişkin Uluslararası Sözleşme” (MARPOL), IMO tarafından yürütülen ve deniz çevresinin gemi operasyonları tarafından veya gemi kazaları sonucu kirlenmesinin önlenmesini kapsayan ana uluslararası sözleşmedir. Sözleşme, gemilerden kaynaklanan kirliliğin önlenmesini ve en aza indirilmesini amaçlayan düzenlemeleri içerir ve her biri özel bir kirlilik türü ile ilgilenen altı teknik ek içermektedir. Bu ekler sırasıyla

petrol ve türevlerinden, zararlı sıvı maddelerden, paketli olarak taşınan tehlikeli maddelerden, gemi atık sularından ve baca gazlarından kaynaklanan kirliliği önleme amacıyla gemilerin inşası sırasında tersanelerin, işletilmesi sırasında ise denizcilik şirketlerinin ve gemilerin uyması gereken kuralları çerçevelemektedir.

Uluslararası taşımacılıkta denizyolu ile taşımacılığın bu kadar önem arz etmesine karşı birtakım sorunlarla karşılaşmakta ve gemilerden, denizcilik faaliyetlerinden kaynaklı, örneğin balast suyu kaynaklı sorunlar oluşmaktadır. Gemi işletmecileri ve donatanlar açısından, gemilerin maksimum yük ile seyretmesinin ekonomik olarak uygun olmasına rağmen, kimi zaman seyir sırasında tam yük olmaması nedeniyle veya yüklerin boşaltılması sırasında gemi dengesinin ve stabilitesinin sağlanması amacıyla, kimi zaman da sevk sisteminden alınan verimin artırılması için pervanenin suda bulunduğu konumun ayarlanması amacı ile gemilerin balast tanklarına denizden balast suyu almaları gerekmektedir. Balast suyu alınan bölgedeki deniz canlıları ve birtakım organik ve inorganik partiküller de deniz suyuyla birlikte geminin balast tankına alınması durumunda, gemiler yükleme limanına vardıklarında, kargo bölümüne yükleme sırasında geminin dengesinin ve stabilitesinin bozulmaması için balast tanklarını yüklemeye uygun olarak boşalmaktadır. Bu süreçte de balast tanklarından deniz suyuyla birlikte liman ve çevresindeki yeni ekosisteme birtakım mikroorganizmalar aktarılabilmektedir. Ayrıca gemilerin alt bölgelerine midye gibi deniz canlılarının yapışmalarını engellemek amacıyla zehirli olabilecek boyalar da sürülebilmekte, ancak denizel alanda kirlilik oluşturabilmekte ve farklı canlılar ile mikroorganizmaların zehirlenmesine ve ölümüne neden olabilmektedir. Bu bağlamda denizel ekosistemin doğal süreçlerinin zarar görmemesi ve sosyal/ekonomik zararların da engellenmesi açısından Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization-WHO) ile IMO (International Maritime Organization-IMO) koordineli çalışabilmektedir.

Deniz çevresinde gemilerin balast sularından kaynaklı değişimler gözlemlenmeye başlanması ve mevcut sözleşmelerin balast sularını kapsamaması üzerine 2017 yılından itibaren "Gemilerin Balast Suları ve Sedimentlerinin Kontrolü ve Yönetimi Sözleşmesi" (BWM) yürürlüğe sokulmuştur. BWM'nin amacı, potansiyel olarak gemilerin balast suyunda bulunan zararlı su organizmaları ve patojenlerin yayılmasını önlemeye yardımcı olmaktır. Sözleşme, uluslararası seferler sırasında balast suyu kullanan ve BWM'nin taraf ülkeleri altında kayıtlı gemilere uygulanmakla beraber sözleşmeye taraf olmayan ülkelerin gemilerinin de taraf devletlerin limanlarına yaptıkları seferlerde sözleşmeye uygun operasyonları yürütmesi beklenmektedir. Sözleşme, yürürlüğe giriş tarihinden itibaren uluslararası sularda sefer yapan gemilere Balast Suyu Yönetim Planı, Balast suyu Kayıt Defteri ve Uluslararası Balast Suyu Yönetimi Sertifikasına sahip olma şartı getirmiştir. Sözleşme kapsamında iki balast suyu yönetim standardı bulunmaktadır. D-1 standardı, gemilerin balast suyunu kıyı bölgelerinden uzakta açık denizlerde değiştirmesini gerektirirken D-2 standardı, insan sağlığına zararlı belirli indikatör mikroplar da dahil olmak üzere, balast suyu ile tahliye edilmesine izin verilen maksimum canlı organizma miktarını belirtir.

Deniz çevresini koruma amacıyla ortaya çıkan ilk uluslararası sözleşmelerden biri de "Atıkların ve Diğer Maddelerin Boşaltılması Yoluyla Deniz Kirliliğinin Önlenmesine Dair Sözleşme" diğer bir adıyla Londra Sözleşmesi'dir. Bu sözleşme tüm deniz kirliliği kaynaklarının etkin kontrolünü teşvik edip ve atıkların ve diğer maddelerin boşaltılmasıyla deniz kirliliğini önlemek için uygulanabilir tüm adımları atarak deniz çevresini insan faaliyetlerinden korumayı amaçlamaktadır. Daha sonra, "Londra Protokolü", sözleşmeyi daha da çağdaşlaştırmak ve nihayetinde onun yerine geçmek üzere yürürlüğe girmiştir. Londra Protokolünün amacı Londra Sözleşmesi ile benzer olmakla beraber daha kısıtlayıcıdır. Protokol ile birlikte önleyici yaklaşım

ilkesi genel bir yükümlülük olarak benimsenmiş, açıkça izin verilmediği sürece her türlü atığın denize bırakılması, atıkların denizde yakılması ve atmak veya yakmak amacıyla atıkların ihraç edilmesi yasaklanmıştır.

Denizcilik ile ilgili standartları belirleyen sözleşmeler ve düzenlemeler, taraf ülkelerin kabulünden sonra IMO tarafından yürürlüğe sokulsa da IMO bu standartların kontrolünü ve yaptırımını direkt olarak üstlenmeyip bu görevi Liman Devletleri (Port State) ile gemilerin kayıtlı oldukları Bayrak Devletlerinin (Flag State) ilgili denizcilik otoritelerine devretmiştir. Türkiye’de bu otorite T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı’na bağlı birimlerden biri olan Denizcilik Genel Müdürlüğü’dür. Ülkemizde, deniz çevresinde gemilerden, limanlardan, tersanelerden ve denize atık bırakabilecek diğer işletmelerden kaynaklanabilecek kirliliği önlemeye yönelik çalışmalar hem uluslararası sözleşmeler hem de T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı ile T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı’nın ulusal kanun, yönetmelikleri, genelgeler ve tebliğler ile yürütülmektedir.

Denizcilik sektörünün işleyişi gereği oluşabilecek olumsuzluklar sadece sınırlı bir alanda değil, küresel çapta hasar yaratabileceği gerçeğinin kabulü ile hem ulusal hem de uluslararası kanunlara tabi bir sektördür. Liman devletleri, bu bağlamda, denizcilik faaliyetlerinden kaynaklanan kirliliğin önlenmesine yönelik yönetmelik ve ulusal/uluslararası sözleşmelere tabiidir ve uygulamak zorunda olduğu yükümlülükler bulunmaktadır.

Bu ulusal kanun, yönetmelikleri, genelgeler ve tebliğler geniş kapsamlı temel yönetmelikler:

- Atık Yönetimi Yönetmeliği,
- Atık Yağların Yönetimi Yönetmeliği,
- Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği,
- Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliği,
- Dip Tarama Malzemesinin Çevresel Yönetimi Yönetmeliği ve
- Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’dir.

Atık Yönetimi Yönetmeliği, atıkların oluşumundan bertarafına kadar çevre ve insan sağlığına zarar vermeden yönetiminin sağlanmasına, atık oluşumunun azaltılması, atıkların yeniden kullanımı, geri dönüşümü, geri kazanımı gibi yollar ile doğal kaynak kullanımının azaltılması ve atık yönetiminin sağlanmasına ilişkin genel usul ve esasların belirtmektedir. Yönetmelikte belirtildiği üzere, atıkların denizlere, göllere, akarsulara ve benzeri alıcı ortamlara dökülmesi, doğrudan dolgu yapılması ve depolanması suretiyle çevrenin kirlenmesi yasaktır. Yönetmelik içerisinde ayrıca atıkların bertaraf yöntemleri için ölçütler belirtilmiştir ve denizlerde atıkların boşaltımı konusu için T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, T.C. Sağlık Bakanlığı’nın uygun görüşü ile birlikte Bakanlığa kurumsal akademik rapor sunulur, onay ve izin alınması belirtilmektedir.

Atık Yağların Yönetimi Yönetmeliği, atık yağların geçici depolanmasına, toplanmasına, taşınmasına, rafinasyona tabi tutulmasına, enerji geri kazanımının sağlanmasına ve bertaraf edilmesine ilişkin teknik ve idari esasların belirlenerek çevre ve insan sağlığının korunması ile doğal kaynakların verimli kullanımının sağlanmasına ilişkin usul ve esasları belirlemektir. Buna göre, genel ilke olarak, Atık yağların toprağa, kanalizasyona, denizlere, göllere, akarsulara ve benzeri alıcı ortamlara verilmesi, akaryakıtı karıştırılması, akaryakıt olarak kullanılması, kullandırılması ve uygun olmayan yöntemlerle geri kazanılması, yakılması ve/veya bertarafı yasaktır.

Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nin amacı hafriyat toprağı ile inşaat ve yıkıntı atıklarının çevreye zarar vermeyecek şekilde öncelikle kaynakta azaltılması, toplanması, geçici biriktirilmesi, taşınması, geri kazanılması, değerlendirilmesi ve bertaraf edilmesine ilişkin teknik ve idari hususlar ile uyulması gereken genel kuralları düzenlemektir. Yönetmelik gelen esaslarında Hafriyat toprağı ile inşaat/yıkıntı atıklarının, üretici ve taşıyanları tarafından belediyelerin veya mahallin en büyük mülki amirinin gösterdiği ve izin verdiği geri kazanım ve depolama tesisleri dışında denizlere, göllere, akarsulara veya herhangi bir yere dökülmesi ve dolgu yapılması yasaktır.

Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, gemi işleticileri, liman başkanlıkları, gemiler ve belediyelere çeşitli yükümlülükler zorunlu tutmaktadır. Yönetmeliğin amacı, Türkiye'nin deniz yetki alanlarında bulunan gemilerin ürettiği atıklar ile yük artıklarının denize verilmesinin önlenmesi ve deniz ortamının korunması maksadıyla, yükümlüleri tarafından atık kabul tesislerinin kurulması ve işletilmesi ile atık alma gemilerine ilişkin usul ve esasları belirlemektir. Yönetmeliğe göre, deniz kirliliğini önlemek amacıyla gemilerden kaynaklanan atıkları çevreye zarar verecek şekilde doğrudan ve/veya dolaylı olarak deniz ortamına bırakmak yasaktır. Atık kabul tesislerinde ve atık alma gemilerinde ise çevre ve insan sağlığına zarar vermeyecek tedbirleri alınmak zorundadır. Yönetmelik, MARPOL 73/78 Ek I, Ek IV ve Ek V'e göre gemilerin ürettiği atıklar için kabul tesislerinin yeterliliklerini de belirtmektedir.

Dip Tarama Malzemesinin Çevresel Yönetimi Yönetmeliği'nde deniz ve kıyı alanları ile nehir ağızlarında gerçekleştirilen dip tarama faaliyetlerinin çevresel yönetimi, bu faaliyetler sonucunda ortaya çıkan tarama malzemelerinin faydalı kullanımı ile çevre ve insan sağlığına zarar vermeyecek şekilde deniz ortamına boşaltılması veya bertarafına dair usul ve esasları belirlemektir.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, ülkenin yeraltı ve yerüstü su kaynakları potansiyelinin korunması ve en iyi bir biçimde kullanımının sağlanması için, su kirlenmesinin önlenmesini sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu bir şekilde gerçekleştirmek üzere gerekli olan hukuki ve teknik esasları belirlemektir. Bu Yönetmelik su ortamlarının kalite sınıflandırmaları ve kullanım amaçlarını, su kalitesinin korunmasına ilişkin planlama esasları ve yasaklarını, atık suların boşaltım ilkelerini ve boşaltım izni esaslarını, atık su altyapı tesisleri ile ilgili esasları ve su kirliliğinin önlenmesi amacıyla yapılacak izleme ve denetleme usul ve esaslarını kapsamaktadır.

Yönetmeliklere ek olarak, Türkiye gemi ve denizcilik faaliyetlerinden kaynaklanan kirliliği azaltmak, yeşil bir yaklaşımı benimsetmek ve uygulayabilmek adına "Yeşil Liman" kavramını tanımlamış ve "Yeşil Liman/Eko Liman Projesi"ni başlatmıştır.

Dünyada önde gelen birçok liman tarafından benimsenen "Yeşil Liman" projesinin, Türkiye'de de dünyadaki gelişmelere uyum sağlayarak liman tesislerince benimsendiği ve çevresel önlemleri ve uygulamaları arttırmaya başladığı görülmektedir.

Ülkemizde yeşil liman projesine dahil olmak bir zorunluluk değildir. Firmalar yeşil liman sertifikasını almak için Türk Standartları Enstitüsü'ne (TSE) başvurarak sertifikasyon sürecini başlatmaktadır ve gönüllülük esasına dayanmaktadır. Yeşil liman sertifikası için işletmelerin öncelikle işletme izin belgesine sahip olması ve ISO 9001, ISO 14001 ve OHSAS 18001 kalite sistemlerine sahip olması, ek olarak sürdürülebilir bir entegre yönetim sistemi oluşturmuş olması gerekmektedir.

Marmara Denizi'ndeki Uygulamalar

İstanbul ve Çanakkale Boğazları ile Marmara Denizi'nden oluşan Türk Boğazlar Sistemi, Karadeniz'i Akdeniz'e bağlayan tek su yolu olarak stratejik öneme sahip olup enerji transferi açısından dünyadaki en önemli 7 düğüm noktasından biridir. Dünya petrol ticaretinin yaklaşık %3'ü Türk Boğazlarından yapılmaktadır.

Kıtalar arası geçişlerde ve ülkeler arası ticarete önemli bir konumda olması nedeni ile bölgede deniz ulaşımı oldukça yoğundur. T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığının verilerine göre, her yıl İstanbul Boğazından 40.000 ile 60.000; Çanakkale Boğazından ise 40.000 ile 50.000 arasında gemi geçmektedir. Gemilerden illegal bir şekilde denize bırakılan sintine, slop, slaç gibi petrol türevi atıklar, balast suları ve evsel atık sular kirlilik yükü açısından oldukça hassas hale gelen Marmara Denizi için önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Bu nedenle deniz trafiğinin çok yoğun olduğu İstanbul ve Çanakkale Boğazları ile Marmara Denizi'nden oluşan Türk Boğazlar Sisteminde seyir halindeki gemilerin atıklarının, gecikmeye neden olmayacak şekilde toplanması gerekmektedir. Bu kapsamda, bölgede gemilerden kaynaklanan atıkların kabulünü yapacak yeterli sayı ve kapasitede atık kabul tesisinin olması büyük önem taşımaktadır.

Türkiye, gemi kaynaklı kirliliklerle ilgili en önemli uluslararası sözleşme olan "International Convention for the Prevention of Pollution from Ships" (MARPOL 73/78) Anlaşması'na 1990 yılında taraf olmuştur.

Ülkemizde, 5216 sayılı Büyükşehir Belediye Kanunu "Büyükşehir Belediyesinin Görev, Yetki ve Sorumlulukları" başlıklı üçüncü bölümünün 7. maddesi (i) bendi; Büyükşehir Belediyelerine, deniz araçlarının atıklarını toplamak, arıtmak ve bununla ilgili gerekli düzenlemeleri yapmak görevini vermektedir. Bu nedenlerle gemilerden atık alım hizmetlerinin, Büyükşehir Belediyesinin yönetiminde ve uhdesinde yerine getirilmesi gerekmektedir. Marmara Denizi'ne kıyısı olan İstanbul ve Kocaeli illerinde gemi kaynaklı atıkların toplanma, bertaraf ve geri kazanım işlemleri Büyükşehir Belediyeleri tarafından yapılmakta olup Çanakkale, Kocaeli, Tekirdağ, Balıkesir, Yalova illerinde ise T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından lisans verilmiş firmalar tarafından atık alım faaliyetleri gerçekleştirilmektedir.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Daire Başkanlığı tarafından İstanbul genelinde gemilerden, MARPOL 73/78 sözleşmesi Ek-I kapsamındaki petrol türevi atıklar (sintine, slop, slaç, kirli balast, atık yağ vb.), Ek-II kapsamındaki zehirli sıvılar, Ek-IV kapsamındaki pis su, Ek-V kapsamındaki çöp atıkları, Ek-VI kapsamındaki egzoz gazı temizlenmesinden kaynaklı atıklar, kükürt içeriği yüksek gemi akaryakıtlar ve yük artıkları alınmaktadır.

MARPOL 73/78 Sözleşmesi Ek-I kapsamındaki petrol ve petrol türevi atıklar, sintine suyu, slop, kirli balast, Haydarpaşa Atık Kabul Tesisi'nde susuzlaştırma işlemine tabi tutulmaktadır. Slaç atıkları ise tesiste depolanıp hiçbir işleme tabi tutulmadan bertaraf ve/veya geri kazanım tesislerine gönderilmektedir. Atık yağlar ise tesiste depolanarak, Bakanlık tarafından yetkilendirilmiş kuruluşlara verilmektedir. MARPOL 73/78 Ek-II kapsamındaki zehirli sıvı atıklar doğrudan lisanslı bertaraf tesislerine gönderilmektedir. MARPOL 73/78 Ek-IV kapsamında toplanan pis sular lisanslı atık alım gemisi veya vidanjör ile alınarak, Haydarpaşa Atık Kabul Tesisi'nde kontrol edilip deşarj kriterleri sağlanarak İSKİ kanalizasyon sistemine verilmektedir. MARPOL 73/78 Ek-V kapsamında toplanan çöp atıkları, çöp alım gemileri veya araçları ile alınarak karadan aktarma istasyonlarına veya düzenli depolama sahalarına gönderilmektedir. MARPOL 73/78 Ek-VI kapsamında yer alan "egzoz gazı temizlenmesinden kaynaklanan

kalıntılar/çamurlar veya scrubber sistemleri yıkama suları” atıkları lisanslı bertaraf tesislerine gönderilerek bertaraf ettirilmektedir.

Haydarpaşa Atık Alım Tesisinde toplanan petrol ve petrol türevi gemi atıkları, öncelikle tesiste bulunan depolama tanklarında fiziksel ayırma sağlanması amacıyla ısıtılarak tabii tutulmaktadır. Ayrılan yağlı kısım arıtma ünitesindeki seperatör ünitesine alınmaktadır. Ayrılma neticesinde kalan serbest su ise kimyasal arıtma ünitesinde Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 19'daki deşarj standartlarına uygun şekilde arıtılarak denize deşarj edilmektedir. İşlem neticesinde oluşan çamur depolama sahalarına gönderilerek bertaraf edilmektedir. Seperatör ünitesinden çıkan ürün ise yüksek kalitede petrol ürünleri elde etmek üzere işleme tesislerine gönderilmektedir. Solvent ve yağ olarak geri kazanılan ürünler işlemlere tabii tutularak piyasaya arz edilmektedir.

İBB Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığına bağlı Deniz Hizmetleri Müdürlüğü tarafından 2021 yılı ağustos ayı itibariyle gemilerden 97.364 m³ petrol türevi atık alımı gerçekleştirilmiştir.

Marmara Denizi'ne kıyısı olan diğer illerde ise, gemi kaynaklı atık alım talebinde bulunmak isteyen gemiler, liman ve tersane bölgesinde bulunan lisanslı atık alım firmalarına başvurarak atıklarını vermektedir.

Gemi ulaşımında kullanılan fosil yakıtlar neticesinde atmosferde kükürt oksit (SO_x), azot oksit (NO_x), karbon dioksit (CO₂), karbon monoksit (CO), polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), uçucu organik bileşikler (UOB) ve partikül maddeler (PM) gibi insan sağlığı ve çevre üzerinde olumsuz etkileri olan kirletici emisyonları oluşmaktadır (Aygül ve Baştuğ, 2020).

Dünya Denizcilik Örgütü'nün (IMO) imzaladığı MARPOL 73/78 Sözleşmesi kapsamındaki gemilerden kaynaklanan hava kirliliğinin önlenmesine dair kuralları içeren Ek-VI talimatları 400 GRT ve üzeri gemilere, sondaj gemilerine, platformlara uygulanmakta, “Uluslararası Hava Kirliliği Sertifikası”nı (IAPPC), 130 KW ve üzeri güce sahip tüm dizel gemilerin nitrojen oksit salımına ilişkin gerekliliklere uygunluğunu gösteren “Makine Uluslararası Hava Kirliliğini Önleme Sertifikası”nı (EIAPP) zorunlu kılmaktadır (url-1).

2020 Ocak ayı itibari ile tüm dünya denizlerinde kullanılan gemi yakıtlarındaki sülfür oranının %0,5 sınırının altında olması zorunluluğu getirilmiştir. Emisyon Kontrol Alanı (ECA) olarak kabul edilen (Baltık Denizi, Kuzey Denizi, ABD'nin çoğu, Kanada kıyısı ve ABD Karayipler ECA'sı dahil olmak üzere Kuzey Amerika ECA'sı) (url-2) bölgeleri kullanan gemiler için ise bu sınır %0,1 olarak belirlenmiştir (url-3). Bu nedenle, gemilerde sülfür oranı düşük, kaliteli yakıt kullanımı veya alternatif olarak egzoz gazını temizlemek için sülfür emisyonlarının azaltımını sağlayan scrubber gibi sistemlerin kullanımı zorunlu hale gelmiştir.

SO₂ emisyonunu düşürmek amacıyla scrubber teknolojisini tercih eden gemilerin açık veya hibrit scrubber sistemi kullanması durumunda kontamine olmuş, içeriğinde tehlikeli maddeler, hidrokarbon, ağır partiküller bulunabilen yıkama sularının denize deşarjı ülkemizde Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin 23'üncü maddesinin (b) bendinde yer alan "Türkiye'nin hükümlerine giren denizlerde; gemilerden çöp, petrol ve petrol türevleri ile bunlarla bulaşık sintonine suları, kirli balast suları, slaç, slop, yağ ve benzeri katı ve sıvı atıkların, her türlü kargo artıklarının ve bu denizler üzerindeki hava sahasında seyreden uçakların atıklarının boşaltılması yasaktır." hükmü uyarınca yasaklanmıştır.

MARPOL 73/78 Ek-VI'ya göre, Marmara Denizi'nde seyir halinde olan gemiler gemi egzoz bacalarının yıkanması sonucu oluşan atıklarını ayrı tanklarda depolayarak, atık alım tesisine

vermekle yükümlüdür. Atıklarını illegal şekilde denize boşaltan gemilerin tespit edilmesi durumunda 2872 sayılı Çevre Kanunu'na istinaden idari yaptırım uygulanmaktadır. 2021 yılı ağustos ayı itibariyle gemi egzoz bacalarının temizlemesi sonucu oluşan 30 m3 atık İBB Çevre Koruma ve Kontrol Daire Başkanlığı Deniz Hizmetleri Müdürlüğü tarafından toplanmıştır.

Gemi baca gazlarının yanı sıra; tersaneler ve enerji üretim tesislerinin faaliyetlerinden kaynaklanan hava kalitesini etkileyen kirletici emisyonlar oluşmaktadır. Sac boyama/kesme atölyeleri, ön imalat kapalı sahası, jig sahası, kızak ve kuru havuz, marangozhane, boru atölyesi, jeneratör dairesi, iş makineleri ve ısıma sistemi gibi alanlarda yüzey temizleme, ön boyama, kurutma fırını, sac kesimi, kaynakla birleştirme, boyama/rötuş, boya sökme (raspa), vernik kullanımı, mazot/motorin/propin gazı kullanımı gibi faaliyetler kaynaklı toz, uçucu organik madde, NOx, CO, SOx emisyonları oluşmaktadır (Baş vd., 2007).

İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi İstanbul deniz sınırları içerisinde "deniz araçlarının atıklarını toplama, toplatma, arıtma ve bununla ilgili gerekli düzenlemeleri yapma" görevleri ile deniz araçlarından atık alım faaliyetlerini yürütülmektedir. Ayrıca, Mülga T.C. Çevre ve Orman Bakanlığının 2011/9 sayılı Yetki Devri Genelgesi ile İstanbul deniz sınırları içerisinde gemilerden kaynaklı deniz kirliliğinin önlenmesine yönelik denetim yapma ve 2872 sayılı Çevre Kanunu'na istinaden idari para cezası uygulama yetkisi İBB Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığına devredilmiştir.

Bu kapsamda gerçekleştirilen faaliyetler;

Gemilerin Atıklarının Marmara Denizi'ne Boşaltmasının Önlenmesi ve Atık Alım Faaliyetleri

- İstanbul deniz sınırları içerisinde gemi kaynaklı deniz kirliliğinin önlenmesine yönelik 3 adet denetim botu ile denizden, 3 adet İHA (drone) ile havadan ve mobil araçlar ile karadan denetimler gerçekleştirilmekte olup ayrıca kıyılara yerleştirilen 83 adet kamera ile deniz sahası sürekli olarak izlenmektedir.
- Deniz kirliliği yaptığı tespit edilen deniz araçları ilgilileri hakkında 2872 sayılı Çevre Kanunu'nun 20. maddesinin (ı ve g) bentlerine istinaden idari yaptırım kararı uygulanmaktadır.
- "Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliği" mevzuatı çerçevesinde 13 adet lisanslı atık alım gemisiyle atık alım faaliyetleri gerçekleştirilmektedir.

İstanbul Genelinde Kıyıların, Plajların ve Deniz Yüzeyinin Temizlenmesi

- Deniz Hizmetleri Müdürlüğü uhdesinde İSTAÇ A.Ş. tarafından 216 personelden oluşan 36 ekiple yıl boyunca kıyı temizlik hizmeti Mayıs-Eylül ayları arasında ise 256 ilave personel ile plaj temizliği hizmeti verilmektedir. Buna ek olarak, 11 adet deniz yüzeyi temizlik teknesi ile deniz yüzeyi temizliği yapılmaktadır.
- "Sıfır Atık Mavi Hareketi" kapsamında Deniz Çöpleri İl Eylem Planı Hazırlanması ve Uygulama Genelgesi yayınlanmıştır. Hazırlanan eylem planı kapsamında deniz çöplerinin toplanmasına yönelik faaliyet raporları 3 aylık periyotlarla İl Çevre ve Şehircilik Müdürlüğüne iletilmektedir.
- Çöp birikiminin fazla olduğu bölgelere 25 adet çöpkapar kurulumu yapılmış olup çöpkapar sayısının artırılmasına yönelik fizibilite çalışmaları devam etmektedir.

Tersanelerde Temiz Üretim

- Tuzla Tersaneler bölgesi sıklıkla denetlenmekte olup tersane havuzlarında yapılan raspa faaliyetleri kontrol edilerek gerekli önlemlerin alınması sağlanmaktadır. Gerekli önlemleri almayan ve kirliliğe sebep olan tersane ilgililerine Çevre Kanunu'na göre idari yaptırım kararı uygulanmaktadır.

Deniz Ekosistemi ve Biyoçeşitliliğin Korunmasına Destek

- Yasadışı Av İstihsaline karşı mücadelede Sahil Güvenlik Komutanlığı, Deniz Polisi, İBB Deniz Zabıta Birimi ve İl Tarım Müdürlüğüne düzenlenen ortak operasyonlara katılım sağlanmakta ve müsadere edilen tekneler İBB Yenikapı Yediemin alanında muhafaza edilmektedir.

İstanbul Kıyılarında ve Haliç İçerisinde Batık Halde Bulunan Teknelerin Kaldırılması

- Kıyılarda batık veya yarı batık halde bulunan, çevre ve görüntü kirliliğine sebebiyet veren deniz araçlarının kaldırılmasına yönelik yasal süreçlerin takibi yapılmaktadır.

Ülkemizde, denizcilik faaliyetlerinin denizel çevreye etkilerinin değerlendirilmesi kapsamında yapılan projeler: Deniz çevresinin ve kıyıların petrol ve diğer zararlı maddelerle kirlenmesine karşı alınacak tedbirlerin belirlenmesi, müdahale sonrası deniz çevresinin ve kıyıların rehabilitasyonunun en etkin şekilde uygulanması için, petrol ve diğer zararlı maddelerle oluşan deniz kirliliğine müdahale amaçlı coğrafi bilgi sistemi tabanlı karar destek sistemi olan (YAKAMOS) ve müdahale planları hazırlanmıştır.

Limanlarımızda balast suyu ile taşınan zararlı sucul organizmaların, tüm deniz ve kıyı faaliyetlerine olan olumsuz etkilerinin azaltılmasını hedefleyen "Balast Suyu Yönetim Sistemi" kurulmuştur.

Bu kapsamda ülkemizde 5 proje tamamlanmıştır:

1. Balast Suyu İle Taşınan Zararlı Sucul Organizmaların Kontrolü Ve Yönetimi Projesi – 2006 – 2008 (Mülga Denizcilik Müsteşarlığı - TÜBİTAK MAM)
Limanlarımıza taşınan balast suyu envanteri çıkarılarak trend analizi yapılmıştır. Limanlarımıza taşınan zararlı türler tespit edilmiş ve türler hakkında detaylı bilgiler içeren bir istilacı türler veri tabanı oluşturulmuştur. Limanlarımız için risk değerlendirmesi yapılmış ve risk seviyelerine göre sınıflandırılmıştır. Hassas kıyı alanlarımız belirlenmiştir. Çevre denizlerimizdeki balast değişimi yapılabilecek alanlar uluslararası sözleşme gereklilikleri esas alınarak belirlenmiş ve haritalandırılmıştır. Taslak ulusal mevzuatlar hazırlanmıştır. Hazırlanmış olan online "Balast Suyu Raporlama Form Sistemi" 2007 yılından beri tüm limanlarda kullanılmaktadır (TÜBİTAK-MAM, 2008).
2. Balast Suyu Risk Değerlendirme Yazılımı Projesi - 2010 – 2011 (Mülga Denizcilik Müsteşarlığı - TÜBİTAK MAM) (TÜBİTAK-MAM, 2011a).
3. Gemi Kazaları Sonucu Oluşan Atıkların Yönetimi Planlarının Hazırlanması ve Kirlenen Alanların Rehabilitasyonu Projesi - 2013 – 2014 (ÇŞİDB- TÜBİTAK MAM)
Gemi veya kıyı tesisi kazası sonrasında ve deniz kirliliğine müdahale sırasında oluşan atıkların oluşumundan bertarafına kadar uygulanacak en uygun "Atık Yönetim Modeli" oluşturulmuştur (TÜBİTAK-MAM, 2014).
4. Acil Müdahale Merkezlerinin Oluşturulması ve Denizlerimizde Mevcut Durumun Tespiti Projesi – 2006 – 2011 (Mülga Denizcilik Müsteşarlığı - TÜBİTAK MAM)

Petrol ve diğer zararlı maddelerle oluşan deniz kirliliğine müdahale amaçlı coğrafi bilgi sistemi tabanlı karar destek sistemini olan YAKAMOS geliştirilerek kullanıma açılmıştır (TÜBİTAK-MAM, 2011b).

5. Acil Müdahale Planlarının Hazırlanması (AMP) – 2006 – 2011 (ÇŞİDB - TÜBİTAK MAM) YAKAMOS'un bir parçası olarak "Bölgesel Acil Müdahale Planı, Ulusal Acil Müdahale Planları" hazırlanarak uygulamaya alınmıştır (TÜBİTAK-MAM, 2011c).

Müsilajın sosyoekonomik etkilerinin analizi için elde edilebilecek verilerin bütünlük olarak değerlendirilmesi durumunda, "Deniz Taşımacılığı", "Gemi İşletmeciliği" gibi ekosistem hizmeti olarak nitelenen faaliyetler ile birlikte müsilaj olayının oluşturduğu olumsuzluklar ve bunların ne ölçüde risk oluşturduğunun nitel ve nicel olarak belirlenmesi, bunlara karşı oluşturulacak yönetsel tedbirler ve müsilaj olayının konuyla ilgili bağlantısı hakkında toplumsal farkındalık oluşturulması da önem arz etmektedir.

Kaynaklar

Aygül, Ö., ve Baştuğ, S. (2020). Deniz Taşımacılığı Kaynaklı Hava Kirliliği ve İnsan Sağlığına Etkisi - Journal of Maritime Transport and Logistics.

url-1: IMO Nitrogen oxides (NOx) – Regulation 13. Erişim Eylül 14, 2020, [https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Nitrogen-oxides-\(NOx\)-%E2%80%93-Regulation-13.aspx](https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Nitrogen-oxides-(NOx)-%E2%80%93-Regulation-13.aspx).

url-2: Mapsroom. (2020). Emission Control Areas. Erişim Eylül 15, 2020, <https://mapsroom.com/pin/2303/>

url-3: IMO. (2020). Sulphur oxides (SOx) and Particulate Matter (PM) – Regulation 14. Erişim Eylül 14, 2020, [http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Sulphur-oxides-\(SOx\)-%E2%80%93-Regulation-14.aspx](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Sulphur-oxides-(SOx)-%E2%80%93-Regulation-14.aspx)

Baş, B., Ölmez, T., Olcay T., Kabdaşlı, I., Kabdaşlı S. (2007). Bir Tersanenin Kirlilik Profiline Oluşturulması ve Atık Azaltımı İçin Örnek Çalışma- 6. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, 25-28 Ekim 2007.

TÜBİTAK-MAM (2008). Balast Suyu İle Taşınan Zararlı Sucul Organizmaların Kontrolü Ve Yönetimi Projesi – 2006 – 2008 (Destekleyen: Mülga Denizcilik Müsteşarlığı)

TÜBİTAK-MAM (2011-a). Balast Suyu Risk Değerlendirme Yazılımı Projesi - 2010 – 2011 (Destekleyen: Mülga Denizcilik Müsteşarlığı)

TÜBİTAK-MAM (2011-b). Acil Müdahale Merkezlerinin Oluşturulması ve Denizlerimizde Mevcut Durumun Tespiti Projesi – 2006 – 2011 (Destekleyen: Mülga Denizcilik Müsteşarlığı)

TÜBİTAK-MAM (2011-c). Acil Müdahale Planlarının Hazırlanması (AMP) – 2006 – 2011 (Destekleyen: T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı)

TÜBİTAK-MAM (2014). Gemi Kazaları Sonucu Oluşan Atıkların Yönetimi Planlarının Hazırlanması ve Kirlenen Alanların Rehabilitasyonu Projesi - 2013 – 2014 (Destekleyen: T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı)

Çözüm Önerileri Tablosu

Çözüm Önerileri	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)	Kısa Gerekçe
YAKAMOS sisteminin güncellenerek uygulamaya alınması	Orta	YAKAMOS karar destek sisteminde veri altyapısının gerek güncellenmesi gerekse de sonradan meydana gelebilecek kirliliklerin tespit edilmesi açısından tüm kıyılarımızın günlük olarak izlenmesi gerekmektedir. Günümüzde bunu sağlayacak teknoloji uydularla uzaktan algılama teknolojisi olup amaca hizmet edebilecek spektral, zamansal ve mekânsal çözünürlük olarak farklı niteliklerdeki uydu görüntülerinin temin edilmesi projeye önemli katkılar sağlayacaktır.
Ulusal Deniz Emniyeti ve Acil Müdahale Merkezi (UDEM) ve "Türkiye Denizleri Akıntı ve Kirlenici Yayılım Model Sistemi Geliştirilmesi" projesinin hayata geçirilmesi	Orta	Ulusal Deniz Emniyeti ve Acil Müdahale Merkezi'nin (UDEM) etkin çalışmaya başlaması (Ar-Ge Birimleri, Acil Müdahale Uygulama Alanları, laboratuvar, eğitim, test vd.) gerekmektedir.
Radar sisteminin kurulması	Orta/Uzun	Marmara Denizi'ni korumak ve oluşabilecek çevresel zararları azaltmak amacıyla, gemi kaynaklı deniz kirliliklerinin tespitinde radar sistemleri kullanılarak sürekli izleme sağlanabilir ve kirliliğe anında müdahale edilebilir. Gece şartlarında sürdürülen denetimlerde petrol türevli kirliliklerin gözle görülememesi nedeniyle kaynağı belirsiz kirlilikler oluşmaktadır. Bu tür kirliliklerin önlenmesine yönelik yapılan araştırmalarda, petrol platformlarında veya liman sahalarında oluşabilecek petrol türevli kirliliklerin erken tespitine yönelik özel olarak geliştirilmiş radar ve kameralar (termal veya normal) ile entegre çalışan yazılımlar olduğu görülmüştür.
Termal kamera sisteminin kurulması	Orta/Uzun	Radar ile tespit edilen muhtemel kirliliklerin (%80'e kadar doğruluk oranı) görsel olarak teyit edilmesi gerekmektedir. Radar sistemlerine termal kameraların ilave edilmesi yoluyla, tespit edilen kirlilikler termal kameralar ile doğrulanabilir. Termal kameralar su yüzeyindeki yağdan kaynaklı ışının farklarını tespit edilebilmekte ve bu sayede 7/24 çalışma imkânı sağlamaktadır. Uçaklara entegre edilen termal ve gündüz kameraları ile deniz sahası üzerinde

		<p>denetim uçuşları yapılarak denize deşarjların takibi yapılabilmektedir. Belçika Antwerp Limanı ve açıklarında bulunan gemilerden kaynaklı kirliliğe yönelik sürdürülen deniz ve hava kirliliği denetimlerinde termal kamera ve sensörler ile entegre edilmiş uçaklar kullanılmaktadır. Söz konusu termal kamera destekli radar sistemleri İspanya/Tarragona Limanı'nda ve Norveç'te petrol platformlarında kullanılmaktadır.</p>
<p>İllegal deşarjlar ya da kazalar sonucu oluşabilecek kirliliklere hızlı müdahale edilebilmesi ve kirliliğin bertarafı için veri paylaşımı konusunda kurumlararası eşgüdümün artırılması ve veri paylaşımının etkinleştirilmesi</p>	Kısa	<p>Sahada belirli yetkileri ve unsurları bulunan tüm kurumların işbirliği içerisinde olması ve kullanılan teknolojilerden (kamera, radar, AIS, uydu görüntüsü vb.) alınan verilerin anlık paylaşılması önem arz etmektedir.</p>
<p>Açık veya hibrit scrubber sistemi kullanan gemilerin yıkama sularının, sintine, slop, slaç, kirli balast, atık yağ vb. petrol türevi atıkların Marmara Denizi'ne kaçak deşarjının engellenmesi için denetim mekanizmalarının artırılması, bu amaçla Liman Devleti Denetimlerinin (Port State Control - PSC) gerçekleştirilmesi</p>	Kısa	<p>Marmara Denizi içerisinde belediyelere verilen veya verilecek olan dışarıdan gözleme dayalı denetim yetkisinin özellikle gece yetersiz kalması nedeniyle yasadışı deşarjlar olabilmekte ve kirliliklerin kaynağı tespit edilememektedir. Bu hususta, 24 saat izleme yapılabilmesi için alınacak teknolojik tedbirlerin yanı sıra Liman sahasına gelen gemilere yapılan PSC denetimlerinin artırılması illegal deşarjların engellenmesine önemli ölçüde katkı sağlayacaktır.</p>
<p>Atık alım ve geri kazanım kapasitesinin artırılması</p>	Uzun	<p>Yıllık ortalama 45 bin deniz aracının geçtiği İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi'nde radar sistemleri, hava araçları, kameralar vb. teknolojik araçlar ile sürekli izlemenin sağlanması ve PSC denetimlerinin artırılması illegal deşarjları azaltırken atık verme tesisine olan talebi artıracaktır. Dolayısıyla, Tuzla Atık Kabul Tesisi ve İskele Projesi'nin tamamlanması ile mevcut atık alım kapasitesinin artırılarak daha fazla gemiye hizmet verilmesi sağlanacaktır. Limanlar, marinalar, rıhtımlar, tersaneler ve gemi bakım çekekleri projelendirilirken, atık kabulü için yeteri kadar yer ayrılmalıdır. Aynı</p>

		zamanda atık kabul tesislerinin depolama tank hacimleri hedeflenen atık alım miktarını karşılayacak büyüklükte olmalıdır. Tesisler, atıklarını aldıkları gemilerin tanklarını da yıkayabilecek şekilde planlanmalıdır.
Gemi bacalarından kaynaklı hava kirliliğinin denetlenmesi ve idari yaptırım uygulanması hususunda Çevre Kanunu ve ilgili mevzuatında gerekli düzenlemelerin yapılması, buna ek olarak, konuya ilişkin yetkili denetim organlarının da belirlenmesi	Kısa/Orta	Gemi baca gazlarından kaynaklı oluşan çevre kirliliğinin denetlenmesine yönelik Çevre Mevzuatında hali hazırda bir düzenleme yapılmamıştır. Kirliliğin denetlenmesi adına gerekli düzenlemelerin yapılması büyük önem arz etmektedir.
Gemi baca gazlarının denetiminde Çevre mevzuatında gerekli düzenlemelerin yapılması ve denetimleri gerçekleştirecek olan yetkili kurumların belirlenmesi durumunda, denetim personellerinin ve deniz araçlarının yanı sıra emisyon ölçebilen sensörlerin eklendiği İHA'ların ve diğer hava araçlarının (helikopter, deniz uçağı vb.) bu denetimlerde kullanılması	Kısa/Orta	Gemi baca gazlarından kaynaklanan hava kirliliğinin önlenmesi etkili denetim mekanizmalarının oluşturulmasıyla sağlanabilecektir.
Marmara Denizi'nde sıvı ürün taşıyan gemilerin boşaltma yapması durumunda en son boşaltma noktasında ne boşaltıldığının, nerede ve nasıl gemi iç yıkaması yapıldığının, yıkamada hangi kimyasal maddeler kullanıldığının, yıkama atık sularının nerede arıtıldığının kayıt ve kontrol altına alınması	Kısa	Bazı durumlarda, gemilerin sıvı yüklerini boşalttıktan sonra yıkanması gerekmektedir. İç yıkama esnasında taşıdığı sıvı yükün tamamen temizlenmesi için bazı kimyasallar kullanılmaktadır. Hem bu kimyasalların, hem sıvı yükte bulunan kimyasalların, hem de geminin iç kaplamasında bulunan boya malzemelerinin kopması sonucu çok farklı kirliliğe sahip sıvı atıklar oluşmaktadır.

<p>Liman devleti ve bayrak devleti denetimlerinde gemilerin limandan ayrılmadan önce; atık tanklarının doluluk oranının %80 ve üzeri olması ve atık tanklarında yeterli depolama kapasitesinin olmamasının tespit edilmesi halinde gemilerin kalkışlarına izin verilmemesi</p>	<p>Kısa</p>	<p>Belirtilen maddenin, “Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliği”ne eklenmesi durumunda illegal deşarjların önüne geçilebilecektir.</p>
<p>MARPOL Ek-VI talimatlarına uygun olarak Marmara Denizi’nde seyreden gemilerde kükürt ve nitrojen oranı düşük yeni nesil VLSFO (çok düşük sülfürlü FO), LNG gibi kaliteli gemi yakıtı kullanımının, yüksek sülfürlü HFO kullanmaya devam eden gemilerin ise baca emisyonunu azaltmak amacıyla scrubber gibi teknolojileri kullanımının kontrolüne ilişkin T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı uhdesindeki denetimlerin artırılması</p>	<p>Kısa</p>	<p>İlgili denetimlerin artırılmasıyla Marmara Denizi’nden geçen gemilerin atmosfere verdiği kirletici konsantrasyonların talimatlara uygun şekilde azaltılmış olması, özellikle kıyı şeridindeki insan ve çevre sağlığının korunmasını sağlayacaktır.</p>
<p>Yeşil Mutabakat Eylem Planı 2021 çerçevesinde 2024 yılına kadar Akdeniz’in Emisyon Kontrol Bölgesi (ECA) olması için hali hazırda yapılan başvuru çalışmalarına benzer şekilde Marmara Denizi ve Boğazların da kontrole tabi bölge olması için başvuru çalışmalarının yapılması</p>	<p>Orta/Uzun</p>	<p>Marmara Denizi’nin Emisyon Kontrol Alanı olarak kabul edilmesi ile birlikte bu bölgede seyrüsefer yapan gemilerin MARPOL Ek-VI talimatları gereğince daha düşük sülfür oranlı yakıt (%0,1 S içeriği) kullanımı zorunlu hale getirilmiş olacaktır.</p>

Hedef Başlığı

- ***Müsilaj oluşumunu tetikleyen süreçlerin ve şartların takibi için İHA, uydu, yapay zekâ gibi teknolojik çözümler ile yöntem ve sistemlerin geliştirilmesi***

Mevcut Durum Tanımlanması:

Deniz yüzeyindeki değişimlerin coğrafi mekânla ilişkili büyük veri kümeleri ile takibi ve izlenmesi günümüzde uydu teknolojileri sayesinde yapılabilmektedir. Bu teknolojilerin kullanımı uzaktan algılama (UA) teknikleri ile mümkün olmaktadır. Müsilajın yayılım alanlarının hızlı bir şekilde tespit edilmesinin yapılacak olan temizleme çalışmaları açısından büyük bir önemi vardır. Uzaktan algılama uyduları, deniz yüzeyi üzerindeki müsilaj katmanını tespit etmek ve yayılımını incelemek için büyük avantajı sahiptir.

Özellikle sık tekrarlarla aynı bölgeden görüntü alınabilmesi sayesinde, o bölgedeki değişimin zamanla izlenmesi ve diğer ekolojik analizlerle ilişkilendirilmesi çok önemlidir.

UA teknikleri kullanılarak yapılan bu çalışmalar, klasik uzaktan algılama yaklaşımları kullanılarak gerçekleştirilebilir. Yani uydu görüntüleri bilgisayar ortamına indirilerek ticari ya da açık kaynak kodlu yazılımlarla analiz edilmektedir. Bu işlem, yeterli depolama alanları ve güçlü bilgisayarlar, yeterli personel, zaman ve işgücü sorunlarını beraberinde getirmektedir. Bu kapsamda gerçekleştirilecek uzun süreli analizler bütçede ek maliyetlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Zurqani vd., 2019). Günümüzde bu dezavantajı ortadan kaldırmak için Google firması tarafından, geniş alanlardaki insan yerleşimlerini haritalamak, geçmiş değişimleri incelemek ve mevcut tahminleri sürekli güncellemek için GEE platformu geliştirilmiştir (Patel vd., 2015). Bulut ortamında çalışan GEE, Landsat ve Sentinel görüntülerinin tüm arşivlerine kolay ve eş zamanlı erişebilmektedir (Xiong vd., 2017). GEE uygulama program ara yüzü (API) sayesinde JavaScript ve Python kodlama dilleri ile geliştirme ve petabayt ölçeğinde verilere ulaşma ve analiz olanağı sağlamaktadır. GEE platformunda elde edilen sonuçlar, leaflet kütüphanesi kullanılarak web ortamında yayınlanabilir, periyodik olarak elde edilen sonuçlar, altlık haritalar kullanılarak görselleştirilebilir ve kullanıcılarına interaktif bir harita deneyimi sağlayabilmektedir. Oluşturulacak bir portal ile portala giriş yetkisi olan kullanıcılar bu interaktif haritaya ulaşabilmektedir. Kullanıcılar çeşitli ölçeklerde harita görüntüleyebilecek aynı zamanda, çevrimiçi olarak çeşitli istatistiklere ulaşabilecektir. Kullanıcılara belirli konularda coğrafi sorgu yapma imkânı da verilebilir. Bu bağlamda;

İlk olarak hâlihazırda ücretsiz olarak ulaşılabilen Landsat, Sentinel vb. uydu verileri kullanılarak NDVI, EVI, MNDWI, AWEI_nsh vb. bitki ve su indeksleri kullanarak üretilen görüntüler ileri sınıflandırma teknikleri (makine öğrenme algoritmaları) kullanarak sınıflandırılabilir ve müsilajın deniz veya herhangi bir su yüzeyi üzerindeki mevcudiyeti belli aralıklarla izlenebilir. Örnek bir çalışmada (Kavzoğlu vd., 2021), Sentinel-2 uydu görüntüsünün dört spektral bandı arasındaki ilişkiyi kullanan 'müsilaj indeksi' ile müsilaj kaplı alanların tespiti hedeflenmiş ve bu indeksten faydalanılarak 14, 19 ve 24 Mayıs 2021 tarihli uydu görüntüleri için müsilaj indeks haritaları oluşturulmuştur. Bu indeksleme ile müsilaj oluşumlarının hızlı bir şekilde tespit ve analizinde önemli bir veri seti oluşturulabileceği görülmüştür. Ayrıca 17 Mayıs 2021 tarihli Landsat-8 termal uydu görüntüsü yardımıyla temiz deniz yüzeyi ve müsilaj oluşumlarının yüzey sıcaklıkları analiz edilmiştir. Sonuç olarak, müsilaj alanlarının yüzey sıcaklığının ortalama deniz yüzey sıcaklığına göre 3°C'ye kadar daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Yine optik uydu görüntüleri yardımıyla klorofil-a konsantrasyonu hesaplanabilir, Marmara Denizi'ndeki müsilaj oluşumu ve yayılmasının deniz suyundaki klorofil-a konsantrasyonu ile olan bağlantısı incelenebilir (Moses vd., 2009).

Yüksek çözünürlüklü uydu verileri kullanarak programlanan tarihlerde belli aralıklarla mekânsal çözünürlüğü daha yüksek verilerden yine aynı yöntemler ile müsilaj takibini yapmak önerilebilir.

IHA tabanlı izleme işlemlerini planlamada açık denizlerde hava koşullarının olumsuz etkisi olabileceği ve çok geniş alanların taranmasında problemlerle karşılaşabileceği dikkate alınarak planlama yapılmalıdır.

Spektral ölçümler gerçekleştirilerek müsilajın spektral imzası oluşturulup, su kirliliği tespitine ait modelleme yapılabilir.

Deniz Ekosistem ve İklim Araştırmaları Merkezi Projesi (DEKOSİM) (Yürütücü: Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Enstitüsü'nün (ODTÜ-DBE)) deniz araştırmalarına altyapı oluşturmak ve sürekli, sabit ve otonom gözlem sistemleri ile Türkiye denizlerinde iklim ve ekosistem değişikliklerini izlemeyi hedeflemektedir. DEKOSİM Projesi kapsamında bu tür gözlem sistemlerini kurmak ve idame ettirebilmek amacıyla bir DEKOSİM Gözlem Sistemleri Ar-Ge Laboratuvarı kurulmuştur. Bu laboratuvarın hedefleri bilimsel altyapının idamesini sağlanması, çok yüksek maliyetlere sahip cihaz ve cihaz bakım/onarım giderlerini azaltmak amacıyla yerli bilgi ve birikimleri geliştirilmesi ve düşük maliyetli gözlem sistemleri tasarlanmasıdır.

Müsilaj oluşumunda su sıcaklığında meydana gelen ani değişimlerin önemli bir faktör olduğu birçok araştırmacı tarafından ifade edilmiştir. Su sıcaklığının ve diğer oşinografik parametrelerin sürekli takip edilmesi müsilajı yaratabilecek olan koşulların önceden tahmin edilmesini sağlayabilecektir. Bu kapsamda kesintisiz ve sürekli sıcaklık ve diğer deniz suyu kalite parametrelerini takip edebilecek şamandıra sistemleri ile mümkün olmaktadır.

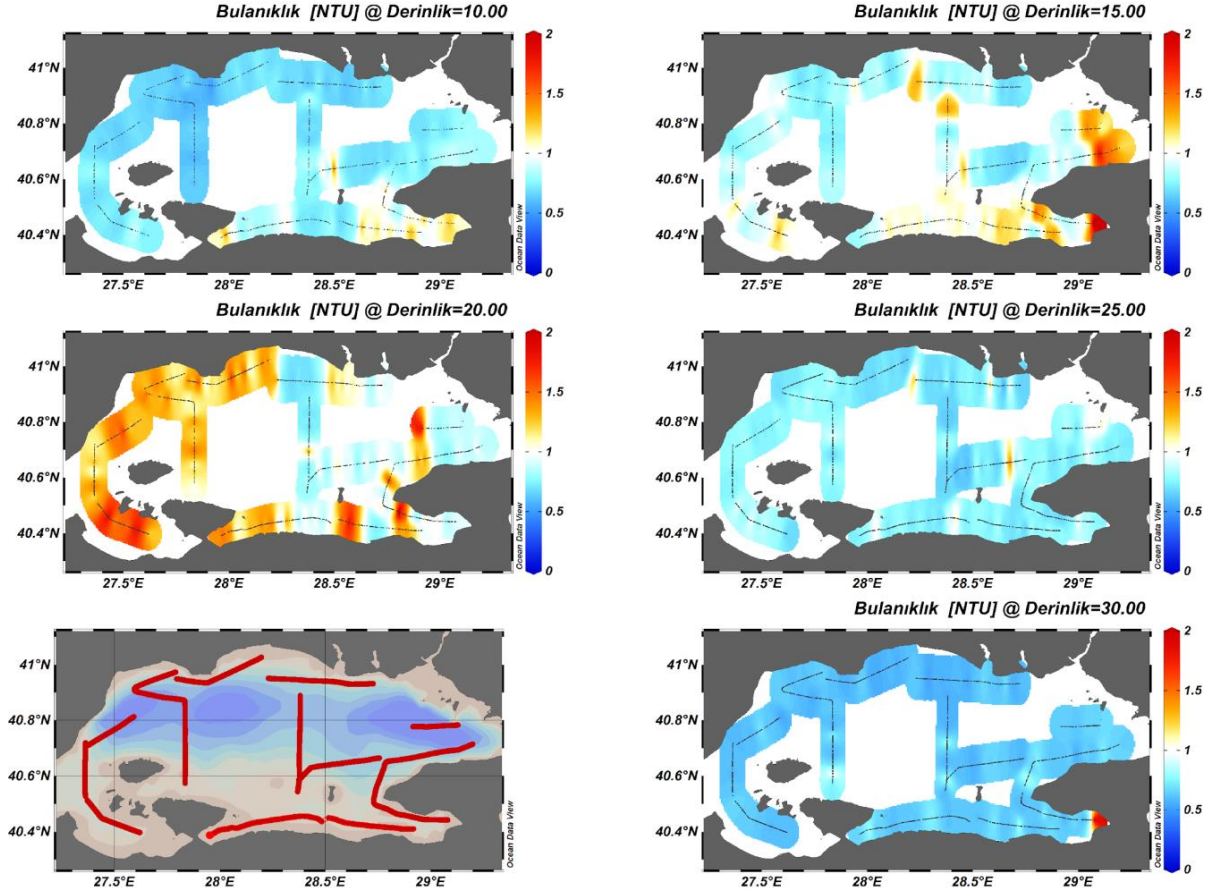
Müsilaja uygun oşinografik koşulların belirlenmesi, bu sayede müsilaj ve/veya benzeri organik birikim olaylarını öngörebilecek, kıyılarda sıcaklık başta olmak üzere oşinografik parametreleri (gerçek zamanlı sürekli izleyecek bir şamandıra ağı sistemi kurmak önemlidir. TÜBİTAK 1001 Müsilaj Özel Çağrısı kapsamında ODTÜ tarafından bir ucuz maliyetli oşinografik şamandıra sistemi proje önerisi sunulmuş ve kabul edilmiştir. Ancak bu projede önerilen şamandıralar kıyasal ve parametre sayısı bütçe ile limitli sistemlerdir.

Hem kıyasal hem de açık denizde kesintisiz gözlem yapabilmek için çok daha fazla parametre ölçebilen sensörler içeren şamandıra sistemleri tasarlanıp kurulmalıdır.

Zamansal olarak çok yüksek çözünürlükte veri sağlamalarına karşın şamandıra gözlem sistemleri noktasal veri üretmektedirler. Verilerin alansal dağılımı için bu şamandıralar arasında kalan bölgelerde deniz saha çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Özellikle yüksek çözünürlüklü su kolonunu tarayabilen cihazlar ile alansal verilerin de elde edilmesi mümkündür.

Bu kapsamda, DEKOSİM altyapısında bulunan Scanfish isimli cihaz, MARMOD FAZ II kapsamında yürütülen seferler sırasında kullanılmaktadır. Özellikle müsilaj oluşumu sırasında bu cihaz müsilajın su kolonunda nasıl dağıldığı konusunda yüksek çözünürlükte veri üretmektedir. Scanfish (Su Kolonu Tarayıcısı), gemi tarafından çekilen, hareket halindeyken su kolonunda yukarı aşağı hareket ederek deniz suyunun fiziksel parametrelerini yüksek çözünürlükte ölçebilen modern bir cihazdır. Geminin arkasından çekilen Scanfish isimli bu sistem deniz yüzeyinden 400 metre derinliğe kadar salınım yaparak çok yüksek çözünürlükte

veri toplayabilmektedir. DEKOSİM projesi kapsamında alınan bu sistem, geleneksel yöntemlere göre çok daha fazla yüzey alanı tarayabilmektedir. Kesintisiz veri toplayabilmesinden dolayı hem düşey yönde hem de yanal yönde değişimler yerinde gözlenebilmektedir. Marmara Denizi'nde 2021 Haziran ayında gerçekleştirilen seferde farklı derinliklerdeki bulanıklık verileri müsilağın tüm Marmara'daki su kolundaki dağılımını göstermektedir (Şekil 14). Çalışmada bulanıklık ölçümleri müsilağ dağılımını ve yoğunluğunu haritalamak için kullanılmıştır. Scanfish cihazı ile Marmara Denizi'nde yapılan çözünmüş oksijen ve bulanıklık taraması CTD profilleri ile de uyumlu olarak müsilağın özellikle 10-25 m bandına sıkıştığı bulgusunu ortaya çıkartmıştır. İlk 10 metre ise nispeten müsilağ içermemektedir.



Şekil 14. Marmara Denizi'nde belirlenen hatlarda Scanfish cihazı ile farklı derinliklerde ölçülen bulanıklık değerleri (henüz işlenmemiş ham veri sonuçlarından haritalar oluşturulmuştur)

Kaynaklar

DEKOSİM (BAP-08-11-DPT2012K120880), Deniz Ekosistem ve İklim Araştırmaları Merkezi

Kavzoğlu, T., Çölkesen, İ., Sefercik, U.G. (2021). Marmara Denizindeki Müsilağ Olayının Uzaktan Algılama Teknolojileri İle Tespiti Ve İzlenmesi. Marmara Denizi'nin Ekolojisi: Deniz Salyası Oluşumu Etkileşimleri ve Çözüm Önerileri” kitabında basıldı (Editörler: Öztürk, İ., Şeker, M.), TÜBA Yayınları, ISBN: 978-605-2249-73-4 DOI: 10.53478/ TUBA.2021.001

Moses, W.J., Gitelson, A. A., Berdnikov, S., and Povazhnyy, V. (2009). Satellite Estimation of Chlorophyll-a Concentration Using the Red and NIR Bands of MERIS —The Azov Sea Case Study. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, vol. 6, no. 4, October 2009, pp. 845-849.

Patel, N. N., Angiuli, E., Gamba, P., Gaughan, A., Lisini, G., Stevens, F. R., Tatem, A. J., and Trianni, G. (2015). Multitemporal settlement and population mapping from landsat using google earth engine. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 35(PB),199–208. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2014.09.005>

Xiong, J., Thenkabail, P. S., Gumma, M. K., Teluguntla, P., Poehnelt, J., Congalton, R. G., Yadav, K., and Thau, D. (2017). Automated cropland mapping of continental Africa using Google Earth Engine cloud computing. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 126,225–244. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.01.019>

Zurqani, H. A., Post, C. J., Mikhailova, E. A., & Allen, J. S. (2019). Mapping Urbanization Trends in a Forested Landscape Using Google Earth Engine. Remote Sensing in Earth Systems Sciences, 2(4), 173–182.

T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü (2021) Marmara Bütünleşik Modelleme Sistemi (MARMOD) - Faz II (devam ediyor).

Çözüm Önerileri Tablosu

Çözüm Önerileri	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)	Kısa Gerekçe
Landsat, Sentinel vb. orta ölçekli uydular ile GEE platformunu kullanarak analiz yapılması	Kısa	Veriler (Landsat, Sentinel vb. birçok veri) ücretsiz elde edilebilmektedir. Sentinel uyduları ile 5 gün aralığında Landsat uydusu ile 16 gün ara ile veri elde edilebilmekte ve optik verilerde ki bulutluluk problemi bertaraf edilebilmektedir.
Yüksek çözünürlüklü uydu verileri kullanarak geometrik/mekansal duyarlılığı yüksek izleme modelleri oluşturulması	Orta	Sunulan bütçe ile doğru orantılı olarak planlanmış veri alımı programları ile su yüzeylerinin incelenmesi fayda sağlayacaktır.
Deniz kirliliğinin izlenmesine yönelik İHA (Drone) sayısının artırılması	Kısa	İHA sayısının ve uçuş periyodunun artırılması ile deniz kirliliğinin önüne geçilebilir. Havada çok daha uzun bir süre kalabilecek ve tüm deniz sahasını dolaşabilecek menzile sahip İHA'lar veya uçaklar kullanılması kirliliklerin önlenmesi adına büyük bir katkı sağlayacaktır. Yüksek çözünürlüklü termal ve gündüz kameraları ve özel sensörler eklenmiş İHA'lar ile deniz sahası üzerinde denetim uçuşları yapılarak hem denize deşarjların takibi hem de hava aracındaki sensörler sayesinde MARPOL 73/78 Ek VI'ya göre gemilerin baca gazı standartlarının takibi gerçekleştirilebilir.

Belli spektral bant aralıklarında Spektrometre kullanarak saha ölçümlerinin yapılması ve müsilaj oluşumunun önden kestirilmesine uygun modeller geliştirilmesi	Uzun	Bu analizlerin ekipman-donanım ihtiyacı yüksek olup deneyimli araştırmacılara ihtiyaç duyulmaktadır.
Kıyusal alanlarda, yayılı kaynak yüklerini taşıyan nehir ağızları ve atık su çıkışlarına yakın bölgelerde otomatik izleme sistemlerinin kurulması	Kısa/ Orta	Yük girdisinin olası olduğu kıyusal alanlarda olası sık periyotlarda izleme giren yük miktarının daha iyi anlaşılması için önemlidir. İlk aşamada MARMOD Faz II ile gerçekleştirilmekte olan bu çalışmaların orta vadede sürekli ve kesintisiz bir programa dönüştürülmesi önemlidir.
Marmara Denizi'nde uzun süreli ve sürekli veri toplayabilecek kıyusal ve derin deniz gözlem sistemlerinin kurulması	Kısa/Orta	Denizlerdeki fiziksel ve kimyasal parametrelerin sürekli olarak gözlenmesi, araştırma gemileri ile yapılan saha çalışmaları arasındaki zaman boşluklarının kapatılmasına yardımcı olarak iklimsel ve insan kaynaklı kısa ve uzun dönemli değişimlerin yüksek çözünürlükte takip edilmesini sağlayacaktır.
Kendi kendine hareket edebilen Glider ve benzeri otonom oşinografik ölçüm araçlarının kullanılması	Kısa/Orta	Deniz saha çalışmalarının yanı sıra zamansal ve mekânsal çok geniş alanlarda veri toplayabilen otonom sistemlerin kullanılması, Marmara Denizi'nin durumunun anlaşılmasına ve değişimlerin izlenmesine çok katkı verecektir.

Hedef Başlığı

- ***Deniz koruma alanı belirleme kriterlerinin Marmara Denizi için tanımlanması ve bu alanların korunmasına yönelik gerekli yasal araçların belirlenerek, ilgili mevzuatın gözden geçirilmesi/yenilenmesi***

Mevcut Durum Tanımlanması:

Deniz Koruma Alanı (DKA) tanımı (IUCN, 2008): Koruma alanı, coğrafik olarak sınırları belli, resmi olarak atanmış ve yönetilen bir alan olup doğanın sahip olduğu ekosistem hizmetleri ve kültürel değerlerinin uzun vadeli korunmasının hedeflendiği alanlardır. Eğer bir deniz koruma alanı bu tanıma uyumlu değilse DKA olarak değerlendirilemez. DKA tanımı IUCN tarafından 1999'dan bu yana (Kelleher 1999), tanımlı alanı örten suları, kapsanılan flora, fauna, kültürel ve tarihi değerlerin tümünü içerecek şekilde benimsenmiştir.

IUCN kriterlerine göre koruma alanları altı kategoride (I-VI) değerlendirilir (IUCN, 2008). Bu kategorilerin DKA'lar için uygulanması aynı dokümanın 6. Bölümü, Tablo 9'da verilmiştir. I. kategori en korumacı olanıdır ve iki alt kategoriye ayrılır. Kategori I-a kapsamında belirlenen alan içinde hiçbir insan faaliyetine izin verilmez –bilimsel çalışma ve istilacı türler için alınabilecek önlemler dışında- ve temsil ettiği daha geniş deniz alanı için referans alan olarak değerlendirilir. VI. Kategoriye kadar kısıtlamalar gevşetilir ve her durumda ekosistem temelli yönetim anlayışı ile planlama ve koruma gerçekleştirilir. Her bir IUCN yönetim kategorisi için eşleştirilen insan faaliyetleri matrisi IUCN 2012/2019 Tablo 5'te verilmiştir. Aynı dokümanda, bu kategorilerin her birinin özel amaçları DKA'lar için detaylandırılarak, dünya denizlerden örneklerle birlikte açıklanmıştır. Her bir deniz/okyanus alanı için bölge uzmanları tarafından bu kriterler ve ilgili deniz/alan özellikleri değerlendirilerek DKA belirleme çalışmaları yapılmalı ve sonrasında yerel ve merkezi yönetimlerle bu bölgelerin uzun dönemli yönetim modelleri oluşturularak, konu resmileştirilmelidir.

Türkiye denizlerinin zengin doğal yaşam özellikleri ve kaynaklarını, bunun yanı sıra yok olmakta tür ve habitatlarını değerlendiren bölge ve konu uzmanları ile doğa korumacı sivil toplum kuruluşları, deniz koruma alanlarının belirlenmesi ve ilanı konusunda yoğun çaba göstermektedirler. Türkiye denizlerinin DKA'lar konusundaki öncelikleri, öneriler ve çalışmalara bir örnek Türkiye Deniz Araştırmaları Vakfı tarafından yürütülmektedir (url-1).

Yetkili kurumlar olan ÇŞİDB/TVK ile TOB/DKMP Genel Müdürlükleri koruma alanları ve milli parklara yönelik olarak ilgili çalışmalar yürütmekle birlikte (url-2 ve url-3) direk olarak deniz koruma alanlarına yönelik çalışmaları çok sınırlı düzeydedir. Marmara Denizi ve Karadeniz'de ise bu alanlar hiç tanımlanmamıştır. Ancak, çok yakın zamanda Marmara Denizi'nde (Tuzla açıkları) Tavşan (Balıkçı) Adası, Cumhurbaşkanı Kararı ile (Karar Sayısı: 3817), 9 Nisan 2021'de, sınırları belli "kesin korunacak hassas alan" ilan edilmiştir (url-4) Bu kararın alınmasına giden yoldaki çalışmaların organizasyonu ve sonuçlandırılmasında öncü STK "Deniz Yaşamını Koruma Derneği"dir (url-5).

Diğer yandan, yetkili kurumların denizlerimize yönelik olarak yönettiği pek çok projede biyolojik çeşitlilik ve baskıların ortak değerlendirmeleri yapılmış, doğal kaynakların ve ekosistem bütünlüğünün korunabilmesi için alınacak önlemlerin arasında DKA'ların yer alması gerektiği belirtilmiştir (Örneğin ÇŞİDB/ÇYGM'nin TÜBİTAK MAM ile ortak yürüttüğü Deniz Çevresi Strateji Projesinin 2. ve 3. Dönem Ara Raporları'nda yer alan Marmara Denizi İlk Değerlendirme ve Önlemler Programı, 2019-2020).

T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı adına yapılan “Deniz ve Kıyı Sınıflandırması Projesi (DEKOS)” kapsamında da Marmara Denizi için biyoçeşitlilik değerlendirmesi yapılmış ve EBSA kriterlerine (url-6) göre deniz ve alt alanlarının önemli özellikleri belirlenerek sınıflandırılmıştır (Tablo 12) (TÜBİTAK MAM, 2018).

Tablo 12. Marmara Denizi'nin EBSA kriterlerine göre değerlendirilmesi (A. Yüksek tarafından DEKOS Projesi kapsamında hazırlanmıştır)

ALAN ADI	POLİGON ADI	Tanımı – Biyoçeşitlilik Açısından Önemli özellikleri	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
MARMARA DENİZİ	1 Alt Alan 1 Marmara	<ul style="list-style-type: none"> Lokasyon: (41°15'24.67”K - 29° 7'1.68”E; 40° 5'25.25”K - 26° 7'16.32”E) Karadeniz ve Akdeniz arasında etkileşimi sağlayan, biyolojik koridor olarak da adlandırılan “Türk Boğazlar Sistemini” içerir. Karadeniz biyolojik çeşitliliğinin sürdürülebilirliğinde önemlidir. Ekonomik önemi olan bazı pelajik balıklar balıkların göç yolu ve üreme alanı Yüksek besin elementi konsantrasyonu fitoplankton ve zooplankton biyokütlesini artırması nedeni ile pek çok türün beslenme ve üreme alanıdır. Bu yüksek besin içeriği nedeni ile ekonomik tür çeşitliliği ve biyokütlesi yüksektir. IUCN kırmızı listesinde yer alan bazı türlerin dağılım sahasıdır; örn: Deniz atı, su samuru, eşkina gibi. <ul style="list-style-type: none"> Kuşlar için göç yolu 	H	H	H	L	H	M	L
	2 Alt Alan 2 İZMİT KÖRFEZİ	<ul style="list-style-type: none"> Üretkenliği yüksek alan Bazı türler için üreme alanı 	L	M	L	H	M	L	L
	3 Alt Alan 3 Haliç	<ul style="list-style-type: none"> Üretkenliği yüksek alan Bazı türler için üreme alanı IUCN kırmızı listesinde yer alan Deniz atı türünün dağılım sahası. 	M	M	M	H	M	M	L

UNEP/CBD/SBSTTA/16/L.13 nolu dokümana göre EBSA Kriterleri;

C1: Eşsizlik, benzersizlik

C2: Türün yaşam döngüsü içerisinde özel bir önemi olması

C3: Tehlike altında bir tür veya habitatın olması

C4: Hassaslık, kırılganlık ve iyileşmenin yavaş olduğu alanlar

C5: Biyolojik üretkenlik

C6: Biyolojik çeşitlilik

C7: Doğallık

Her bir EBSA kriteri için değerlendirme kategorileri:

H: high (yüksek)

M: medium (orta)

L: low (düşük)

Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı kapsamında ekolojik kalite değerlendirmeleri ile “iyi çevresel durum”un tanımlanması ve takibine yönelik çalışmaların yapılmaktadır. Biyoçeşitlilik tanımlayıcısı altına giren ana grup canlılardan, bentik habitatları temsilen makrozoobentos, makroalg/deniz çayırları, balık ile pelajik habitatları temsilen fitoplankton ve zooplankton yer almaktadır.

Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme (DEN-İZ) Programı kapsamında yürütülmekte olan Makroalg ve "Posidonia oceanica izleme çalışması" proje ekibi, Marmara Denizi Erdek izleme istasyonunda 2021 Haziran ayında değerlendirme ve izleme seferini gerçekleştirmiştir. Marmara Denizi'ndeki müsilaj olayı *Posidonia oceanica* izleme istasyonunda kendini ciddi şekilde göstermiştir. Müsilajın 6 m derinliğe kadar *P. oceanica* üzerini ve bentik bölgeye çökerek katman halinde kapladığı tespit edilmiş olup deniz çayırının fotosentez işlevinin sekteye uğrayarak hasar göreceği öngörülmektedir. Deniz çayırı üzerine müsilajın etkisinin sonraki izleme çalışmalarında daha net görüleceği düşünülmektedir. Araştırma ekibi tarafından müsilajın 10 m derinlikten itibaren ise pelajik bölgede serbest halde ve yoğun olduğu gözlenmiştir.

Ayrıca DEN-İZ Programı kapsamında, Biyolojik Kalite Elemanı (BKE) olan fitoplankton, makro alg ve bentik omurgasızlara yönelik arazi çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Biyolojik kalite sınıflandırmasında, makro alg ve bentik omurgasızlar için 2019 yılından beri uzman gruplar tarafından yapılan çalışmalar ve ekolojik kalite indekslerinden (makro alg için EEI ve 2017 yılından itibaren DENFEİ ile bentos için m-AMBI ve TUBI) yararlanılmış ve raporlanmıştır. Proje kapsamında, bentik habitatın ekolojik kalite durumu ilgili göstergelerle değerlendirilmektedir.

Ayrıca, TÜBİTAK MAM tarafından yürütülen "Acil Müdahale Merkezlerinin oluşturulması ve Muhtelif Denizlerimizde Mevcut Durumun Tespiti İçin Fizibilite Çalışması - 2010" kapsamında tüm Türkiye kıyıları için Çevresel Duyarlılık Endeksi – ÇDE haritalandırılması çalışmaları tamamlanmıştır.

Kaynaklar

Guidelines for Applying Protected Area Management Categories, IUCN, 2008.

Guidelines for applying the IUCN protected area management categories to marine protected areas, IUCN, 2012/2019.

<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/PAPS-016.pdf>

http://www.europarc.org/wp-content/uploads/2019/12/IUCN_Guidelines_MPAs.pdf

Kelleher, G. (1999). Guidelines for Marine Protected Areas. International Union for the Conservation of Nature, Gland, Switzerland.

TÜBİTAK-MAM (2010). "Acil Müdahale Merkezlerinin oluşturulması ve Muhtelif Denizlerimizde Mevcut Durumun Tespiti İçin Fizibilite Çalışması

TÜBİTAK-MAM (2019-2020). Deniz Çevresi Strateji Projesinin 2. ve 3. Dönem Ara Raporları

TÜBİTAK-MAM (2018). Deniz ve Kıyı Sınıflandırması Projesi (DEKOS) TÜBİTAK-MAM(2014-2023), Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı (DEN-İZ)

url-1: <https://tudav.org/calismalar/koruma-alanlari/>

url-2: <https://tvk.csb.gov.tr/birimler/koruma-ve-izleme-dairesi-baskanligi/815;>

url-3: <https://www.tarimorman.gov.tr/DKMP>

url-4: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/04/20210410.pdf>, sy.78-80.

url-5: <https://www.denizyasaminikoruma.org/news>

url-6: <https://www.cbd.int/ebsa/about>

Çözüm Önerileri Tablosu

Çözüm Önerileri	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)	Kısa Gerekçe
Marmara Denizi'ndeki balıkçılık faaliyetlerinin ekosistem temelli olarak planlanıp yürütülmesi	Orta	Marmara Denizi üst tabakasında biyoçeşitliliğin sürdürülebilirliği; özellikle plankton ile deniz suyunu süzerek (planktonla) beslenen üst organizmalar (denizanaları, deniz kabukluları ile hamsi vb. balıklar) arasındaki ekolojik dengenin korunması (besin zincirinin kırılmaması) kritik önem taşımaktadır.
Marmara'ya sahili olan illerde, kıyı alanları için Bütünleşik Kıyı Alanları Planlaması yapılarak bu alanların sürdürülebilir şekilde korunması	Orta	Marmara Denizi'nin korunması için planlama yapılması zaruridir.
Biyoçeşitlilik için kritik alanların öncelikle olarak belirlenerek uygun koruma statüsü kazandırılması	Orta/Uzun	Prens ve Marmara Adaları bölgeleri gibi biyoçeşitlilik için önemli alanlar ile varsa başka lokasyonlar belirlenerek uygun koruma statüsüyle koruma alanı haline getirilmelidir.
Marmara Denizi deniz çayırı alanlarının belirlenerek uygun koruma statüsü kazandırılması	Orta/Uzun	Deniz çayırları hem oksijen üretimi, hem tüm biyolojik çeşitliliği destekleyen barınma/beslenme alanları olarak çok önemli makroalg topluluklarıdır. Bu yüzden uygun koruma statüsüyle koruma altına alınmaları zorunludur.

ÇALIŞMA GRUBU 2

Müsilajın Biyoçeşitliliğe Etkilerinin Araştırılması ve Restorasyon Çalışmaları

Müsilajın Oluşum Mekanizmalarının Ortaya Çıkarılması/ Müsilajı Tetikleyen Faktörlerin Açığa Çıkarılması

Çalışma Grubu 2 Üyeleri

Prof. Dr. Melek İşinibilir Okyar (Grup Başkanı)
Prof. Dr. Barış Salihoğlu
Prof. Dr. Gülşen Altuğ
Prof. Dr. İzzet Öztürk
Prof. Dr. Mete Yılmaz
Prof. Dr. Mustafa Sarı
Prof. Dr. Saadet Karakulak
Doç. Dr. Ahsen Yüksek
Doç. Dr. Çolpan Polat Beken
Doç. Dr. Selma Ayaz

Katkı Sağlayan Diğer Akademisyenler

Prof. Dr. Hayriye Eşbah Tunçay
Prof. Dr. Süleyman Tuğrul
Prof. Dr. Zahit Uysal
Doç. Dr. Bettina Fach Salihoğlu
Doç. Dr. Nazlı Demirel
Doç. Dr. Nur Eda Topçu
Doç. Dr. Mustafa Yücel
Dr. Öğr. Üyesi Arzu Karahan
Dr. Öğr. Üyesi Benal Gül
Dr. Öğr. Üyesi Koray Özhan
Öğr. Gör. Dr. Hasan Örek
Dr. Öğr. Üyesi Devrim Tezcan
Dr. Evrim Kalkan Tezcan
Dr. Mustafa Mantıkçı
Dr. Öğr. Üyesi Süreyya Özcan Kabasakal
Dr. Sinan Arkın
Dr. Sinan Hüsrevoğlu
Dr. Yeşim Ak Örek
Dr. İbrahim Tan
Dr. Cihangir Aydöner
Dr. Harun Nezih Türkçü
Öğr. Gör. Arife Zenginer Yılmaz
Vladimir Myrsohnychenko
Hakan Atabay (MSc)
Yük. Müh. Ersan Kuzyaka
Ertuğrul Aslan (MSc)
Fatma Partal (MSc)
Yük. Müh. Sabri Mutlu

MÜSİLAJIN BİYOÇEŞİTLİLİĞE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI VE RESTORASYON ÇALIŞMALARI

Hedef Başlığı

- *Müsilajın su kolonunda (fitoplankton, ihtiyoplankton, zooplankton, bakterioplankton, pelajik balık) ve deniz tabanındaki (bentik yaşam, mercan, balık, midye, deniz çayırı, makroalg fasiyesleri, vb.) biyoçeşitliliğe olan etkilerinin anlaşılması, hassas habitatların tanımlanması, restorasyon ve koruma önerileri geliştirilmesi*

Mevcut Durum Tanımlanması:

Dünyanın önemli 13 boğaz ve kanal sisteminden 2'sini barındıran Marmara Denizi, morfolojik ve coğrafik yapısına bağlı olarak, zengin biyolojik çeşitliliğe ve üretkenliğe sahip olmasının yanı sıra, denizel canlılar için önemli bir göç yoludur. Bu özelliklerinden dolayı, EBSA (Ecologically or Biologically Significant Marine Areas) kriterlerinin ilk 6 maddesini, “yüksek” kategori seviyesinde karşılamaktadır (Yüksek, 2021). Özel hidrodinamik özelliklere sahip Marmara Denizi; deniz memelilerinin, deniz kuşlarının ve pek çok koruma altındaki veya ekonomik değeri olan balıkların önemli göç yollarından biri olması nedeniyle biyolojik çeşitlilik açısından önemlidir. Ayrıca yüksek besin elementi ve plankton yoğunluğundan dolayı pek çok türün üreme ve yavru gelişme alanıdır. Aynı zamanda Karadeniz'in biyolojik çeşitliliğinin, Kuzey Ege Denizi'nin ise balıkçılığının en önemli destekleyici kaynağıdır.

Ne yazık ki son yıllarda artan antropojenik baskılar biyolojik çeşitliliği etkilemekte, ekolojik ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Aşırı avlanma, ötrofikasyon ve deniz taşımacılığının yarattığı kirlilik ile Marmara Denizi'nin ekolojik dengesinde yaklaşık son 50 yıldır önemli değişiklikler meydana gelmektedir. Bu değişikliklere bağlı olarak aşırı alg çoğalmaları artmış, zaman zaman müsilaj oluşumu görülmüş, kirliliğe hassas türler Marmara Denizi'nde yok olmuş, denizanalarının miktarında ve istilacı türlerin sayılarında artış olmuştur (İşinibilir vd., 2010; İşinibilir vd., 2015; İşinibilir ve Yılmaz, 2016; İşinibilir ve Yılmaz, 2017; Öztürk ve Albayrak, 2016; Taşkın, 2016; Yılmaz ve İşinibilir, 2016; Yıldız ve Karakulak, 2016; Zaitsev ve Öztürk, 2001). Buna karşılık çeşitli yollarla Marmara Denizi'ne gelen yeni türler ise bu denize akliye olmuş ve sayıca büyük miktarlara ulaşmışlardır (Doğan ve İşinibilir, 2016; İşinibilir 2012; İşinibilir vd., 2010, 2015; Zaitsev ve Öztürk, 2001).

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yürütülen “Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı (DEN-İZ)” TÜBİTAK MAM koordinasyonunda birçok araştırma kurumu, üniversiteler ve kamu kurumu işbirlikleri ile sürdürülmektedir. Bu proje kapsamında su kalitesinden balığa kadar tüm biyolojik çeşitlilik takibi yapılmaktadır. Özellikle İstanbul Üniversitesi (Su Bilimleri Fakültesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü), Celal Bayar Üniversitesi Fen Fakültesi, Sinop Üniversitesi Fen Fakültesi ve TÜBİTAK MAM bu proje kapsamında Marmara Denizi biyoçeşitliliği ve izlenmesine yönelik yoğun çalışmalar yapmaktadır.

Deniz ekosistemlerinde bakteri çeşitliliğinin bilinmesi organik maddenin ayrıştırılmasında önemli yeri olan heterotrofik bakteri düzeylerinin belirlenerek deniz ekosisteminin işleyişinin anlaşılması bakımından önem arz etmektedir. Marmara Denizi'nin bakteriyolojik çeşitliliği ve başka denizlerle karşılaştırılmasına yönelik bölgesel bakteriyolojik veriler rapor edilmiştir (Altuğ vd. 2010a, 2010b; Altuğ, 2011; Altuğ vd., 2011, 2013, 2016, 2017, 2018, 2019a,b,c; Altuğ ve

Kalkan 2017; Çardak vd., 2013, 2018; Cetecioğlu vd., 2009; Çiftçi Türetken vd., 2016, 2018; Kalkan ve Altuğ, 2016; Kolukırık vd., 2011; Sivri vd., 2014). Bakterilerin çevresel değişikliklere verdikleri metabolik cevaplar ekosistemin sürdürülebilir kullanımını etkileyecek süreçleri belirlemektedir. Sağlıklı bir deniz ekosistemi sağlıklı bir mikroflora ile tanımlanabilmektedir. Bu nedenle müsilaj içinde yer alan bakterilerin ortamdaki çözünmüş karbonhidrat düzeyi ile ilişkilendirilmesi biriken organik maddenin bakteriyel tüketimine yönelik bağlantılar kurulması bakımından önem taşımaktadır (Altuğ vd., 2019a,b,c, 2020a, 2020b, 2021).

Marmara Denizi'nde yapılan çalışmalarda su kolonunda farklı derinliklerden alınan deniz suyu örneklerinden izole edilen kültür edilebilir bakterilerin % 70'ini Gr (-) bakteriler oluşturmuştur. Temmuz 2006- Haziran 2007 de Marmara Denizi'nde en fazla taksona sahip grup % 38 temsil ile Gamma Proteobakteri olmuştur. Bunu % 37 ile Actinobacteria, % 25 ile Bacilli grubu izlemiştir (Altuğ vd., 2013). Marmara Denizi'nde kültür edilebilir bakterilerin taksonomisi ile 2004 yılı yaz mevsiminde Karadeniz de görülen *Emiliana huxleyi* kaynaklı fitoplankton aşırı artışı ile bakteri kompozisyonunun % 31'ini oluşturan Alfa-Proteobakteri ve Gamma-Proteobakteri varlığı arasında ilişki kurulması (Stoica ve Herndl, 2007) ekosistemi bütün olarak değerlendirmede bakteriyolojik verilerin önemini göstermektedir.

Fitoplankton denizel besin zincirinin temelini oluşturmaktadır (Karlusich vd., 2020). Ekosistem için çok önemli olan fitoplanktonik organizmaların bazıları, denizlerde besin tuzlarının artışı ve iklim değişikliği gibi insan kaynaklı faktörler ile aşırı çoğalabilmektedir. Aşırı çoğalan fitoplanktonun sudaki oksijeni tüketmesi ve bazı durumlarda zehirli maddeler oluşturma gibi olumsuz etkileri vardır (Griffith ve Gobler, 2020). Fitoplanktonik organizmalar aynı zamanda müsilajın temel üreticisi olarak kabul görmektedir (Kraus ve Supic, 2015). Günümüze kadar yapılmış araştırma sonuçlarına göre Marmara Denizi'nde 273 fitoplankton türü tanımlanmıştır (Balkıs ve Tas, 2016). Marmara Denizi genelinde "Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı (DEN-İZ)" kapsamında yapılan araştırma bulgularına göre mevsimsel bazı farklılıklar görülse de iki temel grup olan diyatom ve dinoflagellatlar komünite içinde %90'dan fazla bir katkıya sahiptir (ÇŞİDB ve TÜBİTAK MAM, 2017). Bu iki grup aynı zamanda müsilaj oluşumuna en çok katkı yapan fitoplankton gruplarıdır. Marmara Denizi'nde yaz mevsiminde dinoflagellatlar, kış mevsiminde ise diyatomlar daha yoğun olarak bulunmakta; ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde ise ortam koşullarına bağlı olarak her iki gruba ait türlerde artışlar meydana gelebilmektedir (Sur vd., 2010).

Marmara Denizi'nde 2007-2008 yılları arasında gözlenen ilk müsilaj olayı esnasında alınan deniz örneklerinde müsilaj oluşturma potansiyeline sahip fitoplanktondan *Gonyaulax fragilis*, *Skeletonema costatum*, *Cylindrotheca closterium* ve *Thalassiosira rotula*'nın yüksek sayılara ulaştığı tespit edilmiştir (Tüfekçi vd., 2010). Bu müsilaj döneminde ortamdaki izole edilen bu türler ile farklı besin yükleri (N/P oranları) ve kontrollü ışık, sıcaklık koşulları altında laboratuvar deneyleri yapılmış, oluşturulan agregatların sahadan toplanan müsilaj örnekleri ile kimyasal içerik karşılaştırılmaları yapılmıştır (Polat-Beken vd., 2010). 2021 baharından başlayarak yaz sonuna kadar devam eden müsilaj olayı esnasında ise müsilaj öncesi ve başlangıcında alınan örneklerde tespit edilen 83 fitoplankton taksonu arasında müsilaj oluşumu ile ilişkili türler olarak bilinen *Cerataulina pelagica*, *Cylindrotheca closterium*, *Pseudo-nitzschia sp.*, *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira rotula*, *Alexandrium tamarense*, *Dinophysis acuminata*, *Dinophysis caudata*, *Dinophysis fortii*, *Gonyaulax fragilis*, *Gonyaulax spinifera*, *Gymnodinium sp.*, *Gyrodinium sp.*, ve *Prorocentrum micans* 'a rastlanmıştır (Ergül, vd., 2021). Ayrıca 2021 Mayıs ayında toplanan müsilaj örneklerinin yapısında *Phaeocystis pouchetii*, *Skeletonema costatum*, *Cylindrotheca closterium*, *Thalassiosira rotula*, *Gonyaulax fragilis*, *Chrysoreinhardia giraudii* ve *Nematochryopsis marina* gibi potansiyel olarak müsilaj üreten türleri de içeren 47 fitoplankton

türü tespit edilmiştir (Balkis-Özdelice vd., 2021). 6 Mayıs 2021'de Bursa Bölgesinde Kurşunlu'dan, 4 Haziran 2021'de Güzelyalı'dan ve 10 Haziran 2021'de ise Mudanya'dan toplanan müsilaj örneklerinin fitoplanktonunun baskın olarak diyatomlardan oluştuğu tespit edilmiştir (Yılmaz vd., yayınlanmamış bilgi). Bu müsilaj örneklerinden *Skeletonoma* sp., *Fragilaria* sp., *Thalassiosira* sp., *Coscinodiscus* sp., *Cylindrotheca* sp. ve *Achnantes* sp. izole edilerek Bursa Teknik Üniversitesi Alg ve Siyanobakteri Kültür Koleksiyonuna dâhil edilmiştir ve müsilaj oluşum mekanizmalarını anlamak için laboratuvar deneylerinde kullanılmaktadır.

Zooplanktonun (mikrozooplankton ile) pelajik ekosistemde, fitoplanktonun ürettiği organik maddeyi daha üst basamaklara aktarması ve ayrıca fitoplanktonun aşırı artışlarını baskılayıp kontrol altında tutarak pelajik ekosistemi dengede tutması sebebiyle denizel ekosistemde çok önemli bir yeri vardır. Bu sebeple bolluğunda ve tür kompozisyonunda meydana gelen değişimler oldukça önemlidir. Bunun yanında omurgalı ve omurgasız canlılar gibi hayvansal proteine ihtiyaç duyan canlıların besin kaynaklarını oluşturmaları sebebiyle de su ürünleri stoklarının oluşturulmasında en önemli çevresel etkeni oluşturmaktadır. Zooplankton türleri yaşam döngüleri kısa olmasına rağmen yüksek çoğalma hızına sahip olup bu özellikleri nedeniyle çevresel koşulların değişmesi ile ortaya çıkan iklim değişikliği, predatör baskısı ve istilacı türler gibi stres faktörlerine karşı hızlı tepki vermektedirler (İşinibilir, 2010). Günümüze kadar yapılmış araştırma sonuçlarına göre Marmara Denizi'nde toplam Copepoda sayısı 146 olarak bulunmuştur. Denizaneleri miktarındaki ve istilacı türlerin sayılarındaki artış ile birlikte *Anomalocera petersoni*, *Copilia quadrata*, *Corycaeus furcifer*, *Corycella rostrata*, *Eucalanus attenuatus*, *Labidocera brunescens*, *Parapontella brevicornis*, *Pontella lobiancoi*, *Pontella mediterranea* ve *Pontellopsis villosa* gibi herbivor ve hiponöstonik türler Marmara Denizi'nden kaybolmuştur (Yılmaz ve İşinibilir, 2016). Bununla birlikte *Acartia clausi* ve *Oithona minuta* gibi omnivor ve kirliliğe toleransı yüksek türler baskın hale gelmiş, *Acartia tonsa* ve *Oithona davisae* gibi yabancı türler Marmara Denizi zooplanktonuna katılmıştır (İşinibilir vd., 2011; Doğan ve İşinibilir, 2016). Müsilaj oluşumu copepoda nauplii'sinin bolluğunu azaltarak (Krsinic, 1995), beslenme kapasitesini (Malej ve Harris, 1993) veya besin ağı yapısı ve işleyişini değiştirerek (Cataletto vd., 1996) zooplanktonun bolluk ve dağılımını direkt veya dolaylı olarak etkilediği tespit edilmiştir (Fonda Umani vd., 2005). Marmara Denizi'nde görülen müsilaj olayında fitoplanktonda baskın olan türlerden biri de *Cylindrotecha closterium*'dur (Aktan vd., 2008). Bu tür (hücre dışı polimerik maddeler vasıtasıyla) zooplanktonun dokularına zarar vererek; normal hareketini ve davranışını bozar, beslenme, üreme ve yırtıcılardan kaçma yeteneğini azaltarak; konağın ölümüne yol açmaktadır (Khanaychenko, 2018). Ayrıca müsilaj olayı esnasında, deniz suyunun viskozitesi arttığından süzerek beslenme yapan copepod ve cladocera türlerinin yaşamı olumsuz yönde etkilenmektedir (İşinibilir Okyar vd., 2015). Önceki çalışmalarla kıyaslandığında (İşinibilir vd., 2008; İşinibilir, 2009) toplam zooplankton bolluğunun müsilaj döneminde oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir (İşinibilir Okyar vd., 2015). Son yıllarda denizaneleri sayılarındaki artış ve *Discomedusa lobata*, *Aequorea vitrina*, *Cotylorhiza tuberculata*, *Aequorea forskalea*, *Mawia benovici*, *Salpa maxima* gibi (İşinibilir vd., 2015; Yılmaz vd., 2017; İşinibilir vd., 2021; 2022; Yüksek, 2021) yeni türlerin Marmara Denizi'nde görülmesi besin ağına kaymalara neden olmuş (Yılmaz, 2015; Yüksek, 2021) ve pelajik ortamdaki organik madde artışına katkı sağlayarak, balıkçılık endüstrisinde önemli kayıplara neden olan müsilajın oluşmasında önemli bir rol oynamış olabilir. Bu sebeplerden dolayı zooplanktonun bolluk ve tür kompozisyonundaki değişimleri uzun süreli takip etmek ve yorumlamak gerekmektedir.

Marmara Denizi, demersal ve pelajik balık faunası bakımından çok zengin ve dinamik bir yapı sergilemektedir. Marmara Denizi, yüzeyindeki Karadeniz kökenli sular ile alt katmanlarındaki

Akdeniz kökenli suların etkisi altında kalması nedeni ile sıcaklık ve tuzluluk açısından canlı yaşam için oldukça optimum koşullar sağlamaktadır. Özellikle ekonomik değere sahip pelajik türler için barınma, beslenme ve yumurtlama alanıdır. Aynı zamanda bu iki farklı ekosistem arasında meydana gelen periyodik balık göçüne ev sahipliği yapmaktadır. Ekonomik değeri yüksek *Xiphias gladius* (kılıç), *Thunnus thynnus* (orkinos), *Scomber scombrus* (uskumru), *Sarda sarda* (palamut), *Pomatomus saltatrix* (lüfer), *Engraulis encrasicolus* (hamsi) ve pek çok pelajik balığın göç yoludur. Bu türler özellikle üreme ve beslenme için Marmara Denizi'nde de dağılım yaparlar ve yaşamlarının bir kısmını bu denizde geçirirler. Yukarıda belirtilen türlerden kılıç, orkinos ve uskumrunun Marmara Denizi'ndeki dağılımları son zamanlardaki aşırı av baskısı ve deniz kirliliğinden dolayı ne yazık ki olumsuz etkilenmiştir (Yüksek, 2013; Karakulak ve Yıldız, 2016). Marmara Denizi balık stokları hakkında kesin bir bilgi yoktur. Pelajik balıkların dağılım alanları, popülasyon büyüklükleri ve durumları, göç zamanları ve yolları, zamana bağlı değişimleri bilinmemektedir.

Balıkçılık sahası diğer üç denizimize oranla çok daha küçük olmasına rağmen, Marmara Denizi'ndeki balıkçılık 1970'li yıllardan sonra önem kazanmaya başlamış ve ülkemiz balıkçılığında ikinci sıraya yükselmiştir. 1980'li yıllardan sonra bölgedeki nüfus ve sanayi artışına bağlı olarak artan insan aktiviteleri ile oluşan olumsuz çevre koşulları özellikle termoklin altındaki balıkçılık bölgelerini negatif yönde etkilemiştir. 1990'lı yılların başından itibaren, Marmara Denizi'ndeki balık stoklarının aşırı bir av baskısına maruz kaldığı ve bunun sonucu olarak balıkların av miktarlarında belirgin azalmalar kaydedildiği görülmüştür. 1980'li yıllarda 56.000 ton olan avcılık 1990'lı yıllarda 80.000 tona yükselmiştir. 2020 yılındaki av miktarı ise 24.000 tona düşmüştür. Marmara Denizi'nin ülkemiz balıkçılığındaki oranı % 14'den %7'ye gerilemiştir. Toplam 60 türün ticari olarak avcılığı yapılmaktadır. En çok avlanan türler; palamut, lüfer, hamsi, sardalya, istavrit, kolyoz, kefal, berlam, barbunya, tekir, mezigit, derin su pembe karides ve deniz salyangozudur.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın sahibi olduğu DEN-İZ programı kapsamında İstanbul Üniversitesi Su Bilimleri Fakültesi tarafından gerçekleştirilen 2019 deniz çalışmasında balık ve makrozoobentik türlerin; 11 türü devamlı, 15 türü yaygın ve 39 türü seyrek olarak görünmektedir. Kemikli balıklar içinde görünme sıklığı en fazla olan türler *Trachurus trachurus*, *Merluccius merluccius*, *Serranus hepatus*, *Eutrigla gurnardus*, *Chelidonichthys lucerna*, *Merlangius merlangus* ve *Sprattus sprattus*'dir. Kıkırdaklı balıklar içinde görünme sıklığı en fazla olan tür *Raja clavata* ve *Scyliorhinus canicula*, makrozoobentik türler arasında, *Aurelia aurita* ve *Parapenaeus longirostris*'dir (ÇŞİDB ve TÜBİTAK MAM, 2020).

Dünya Doğa ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği (IUCN)'nin türlerin risk durumunu dikkate alarak ilan ettiği kırmızı listeye göre; Marmara Denizi'nde hassas üç tür (*Dasyatis pastinaca*, *Mustelus mustelus*, *Merluccius merluccius*), tehlikeye yakın iki tür (*Oxynotus centrina*, *Raja clavata*), düşük riskli 27 tür (*Torpedo marmorata*, *Scyliorhinus canicula*, *Alosa fallax*, *Blennius ocellaris*, *Arnoglossus laterna*, *Sardina pilchardus*, *Trachurus trachurus*, *Solea solea*, *Callionymus lyra*, *Callionymus pusillus*, *Cepola macrophthalma*, *Citharus linguatula*, *Spicara smaris*, *Engraulis encrasicolus*, *Merlangius merlangus*, *Gobius niger*, *Lesueurigobius friesii*, *Diplodus annularis*, *Mullus barbatus barbatus*, *Serranus hepatus*, *Trachinus draco*, *Chelidonichthys lucerna*, *Eutrigla gurnardus*, *Lepidotrigla cavillone*, *Trigla lyra*, *Uranoscopus scaber*, *Zeus faber*) ve yetersiz verili üç tür (*Squalus blainville*, *Ophidion rochei*, *Sprattus sprattus*) bulunmaktadır (ÇŞİDB ve TÜBİTAK MAM, 2020).

Demersal balık dağılımı incelendiğinde Erdek Körfezi ve Kapıdağı Yarımadası-İmralı arasında kalan geniş şelfde tür çeşitliliği ve yoğunluk yüksektir. Bu dağılım kompozisyonu yıllara bağlı olarak fazla değişmemekle birlikte özellikle algarna ile yapılan avcılık dip yapısını olumsuz olarak etkilemektedir (Yüksek, 2013).

Marmara Denizi'nde balık stoklarının azalmasının birçok sebebi bulunmaktadır. Aşırı balıkçılık baskısı, deniz kirliliği, iklim değişikliği, istilacı türler, kıyasal alanların yanlış kullanımı ve diğer antropojenik etkilerden kaynaklanmaktadır. Gemilerin balast sularıyla kirletilmesi ve/veya iklim değişiminin etkisiyle deniz su sıcaklıklarının artması yeni balık türlerinin Marmara Denizi'ne girmesine ve dağılmasına yol açmaktadır. Yeni türlerin ekosisteme girmesi yerli türlerle rekabet içinde olması balık stoklarını olumsuz etkilemektedir. Son on yılda Marmara Denizi'ne giren balık türleri; *Coryphaena hippurus* (Artüz ve Kubanç, 2015), *Lagocephalus sceleratus* (Irmak ve Altınağaç, 2015; Artüz ve Kubanç, 2015), *Dasyatis tortonesei* (Yıldız vd., 2016), *Aetomylaeus bovinus* (Bilecenoğlu, 2019), *Trachinotus ovatus* (Bilecenoğlu ve Öztürk, 2019; Tuncer vd., 2020), *Siganus rivulatus* (Karakulak vd., 2020) ve *Centrolophus niger* (Bilecenoğlu ve Doyuk, 2021)'dir.

Müsilajın kıyasal alanlarda yoğun olarak görülmeye başlandığı 2021 yılı Nisan ayı ortalarında Erdek ve Bandırma Körfezleri ile Kapıdağ çevresinde her türden çok yoğun balık ölümleri görülmüştür. Toplu balık ölümleri arasında birinci sırada 100 m² alanda 3040 adet ile *Atherina* sp, onu sırasıyla *Engraulis encrasicolus*, *Spicara* sp., *Trachurus trachurus*, ve *Sardina pilchardus* izlemiştir (Karadurmuş ve Sarı, 2022).

Ayrıca, ekosistem temelli balıkçılık yönetim planı oluşturabilmek için balık stoklarının değerlendirme çalışmalarında kullanılacak balıkçılık verilerine ve balıkçılık verilerinden bağımsız araştırmaların yapılmasına ihtiyaç vardır.

Taşkın vd., (2019)'a göre Marmara Denizi'nde 25 noktada yapılan araştırma sonuçlarına göre, Marmara Denizi kıyılarında 4 tür deniz çayırı (*Cymodocea nodosa*, *Posidonia oceanica*, *Zostera marina* ve *Zostera noltii*) ve 320 makro bentik alg türü tespit edilmiştir. Bunlarında 17'si çeşitli yollar ile Marmara Denizi'ne girmiş yabancı türlerdir. Genel olarak baskın grup kırmızı alglerdir (Rhodophyta). Genel olarak bakıldığında, Marmara Denizi deniz çayırları ve algler bakımından en zengin denizimiz olup makrobentik alglerin % 67'sini temsil etmektedir (Aysel vd., 2010; Taşkın 2016). DEN-İZ Programı kapsamında da 2014 yılından beri düzenli olarak yaz dönemlerinde kıyı bölgelerde makro alg çalışmaları yürütülmektedir (ÇŞİDB ve TÜBİTAK MAM, 2017).

Makrozoobentoz; Marmara Denizi'nde T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı'nın desteğiyle İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri Enstitüsü tarafından 2009 ve 2010 yıllarında yapılan bentik örneklemelerde baskın grup her iki dönemde de bolluk bakımından polychaeta grubu olduğu rapor edilmiştir. Marmara Denizi genelinde polychaeta grubunun baskın olması özellikle kuzey bölgesinde organik kirliliğin bir göstergesi olarak gösterilmiştir (Sur vd., 2010). Polychaeta grubundan sonra en bol bulunan grup mollusca'dır. Crustacea ve echinodermata ise 3. ve 4. sırada yer almaktadır. Genel olarak Marmara Denizi makrozoobentik tür komünite yapısı incelendiğinde; Gemlik Körfezi, İzmit Körfezi, Büyükçekmece önleri ve son yıllarda avcılığa bağlı olarak ekosistem tahribatı yaşanan Kapıdağı açıkları, sorunlu bölgeler olarak tanımlanmıştır (Sur vd., 2010). Buna karşın, tüm insan kaynaklı baskı ve etmenlere rağmen Marmara Denizi'nin kuzey ve güneyinde yer alan Prens Adaları ve Güney Marmara Adaları'ndan, ayrıca Çanakkale Boğazı'ndan oldukça zengin ve yoğun olarak nitelenebilecek mercan ve gorgon toplulukları olduğu bildirilmiştir (Özalp ve Alparslan, 2011; Topçu ve Öztürk, 2015; Topçu ve Özalp, 2016) özellikle Prens Adaları bölgesinin bentik süzücüler olarak

tanımlanan mercanlar, süngerler, dev midye *Pinna* ve hidrozoalar bakımından son derece zengin olduğu bildirilmiştir (Topçu vd., 2018; Topçu vd., 2019). Bu topluluklarda bulunan türlerden bazılarının Akdeniz çapında ekolojik durumları IUCN kriterlerine göre tehdit altında kategorilerinde, bazıları ise tehlide açık olarak tanımlanmıştır. Bunlardan kırmızı gorgon, *Paramuricea clavata* duyarlı (tehdit altında kategorisi), *Eunicella cavolini* tehlide açık, *Cladocora caespitosa* ise tehlikede olarak tanımlanmıştır. Ayrıca bu türlerin Marmara Denizi'nde baskın bulunduğu habitat olan "koralijen resifler" AB Denizel Habitatlar kırmızı listesinde dâhil edilmiştir. Öte yandan Marmara Denizi'nde yaygın tür olarak tanımlanmış Akdeniz'e endemik iki gorgon türü, derin denizde dağılım göstermekte olup, dünyada sadece Marmara Denizi'ne özgü bir şekilde tüplü dalışla erişilecek derinliklerde dağılım göstermektedir (Topçu ve Öztürk, 2015; Topçu ve Öztürk 2016). Yakın zamanda dünyada ilk kez Marmara Denizi'nden tanımlanmış yeni mercan tür ve genusları de bildirilmiştir (Ocana ve Çınar, 2018).

2020 sonbaharında, Marmara Denizi'nde görülen müsilaj olayının Prens Adaları'nın mercan kolonileri üzerinde oldukça olumsuz etki oluşturduğu, bazı kolonilerin müsilajla kaplı olduğu, bazı kolonilerin hala sağlıklı olduğu, bazılarının tam ölüm gösterdiği, diğerlerinin ise kısmi ölüm gösterdiği gözlemlenmiş, özellikle geçmiş yıllardan beri ciddi ölçüde azalmış bulunan kırmızı gorgon *Paramuricea clavata* türünün en kötü etkilenen tür olduğu tespit edilmiştir (Topçu ve Öztürk, 2021). Müsilaj etkisinin sona ermesiyle birlikte, bölgedeki mercan kolonilerin iyileşebileceği, ancak müsilaj çökmesi öncelikle küçük kolonileri etkilediği için, gelecekte tekrarlanan müsilaj olaylarının iyileşmeyi önleyebileceği öngörülmektedir. Mercan ve gorgonlarda geçmiş yıllarda (2015 – 2016) Prens Adaları bölgesinde aşırı yoğun çökeltiye bağlı bir toplu ölüm olayı kaydedilmiş ve olaydan sonra İstanbul Üniversitesi BAP birimince desteklenen, azalan sarı gorgon topluluklarını (demografik ve genetik açıdan) zenginleştirme amaçlı bir restorasyon projesi başlatılmıştır. Benzer bir restorasyon, müsilaj sonrası aşırı azalma gösteren kırmızı gorgon için de düşünülebilir, ancak öncelikle Marmara Denizi şartlarının (geniş ölçekli bir başka müsilaj olayına izin vermeyecek ölçüde) iyileşmiş olması gereklidir.

Marmara Adası çevresinde yer alan iki farklı lokasyonda bulunan *P. clavata* türü kırmızı gorgonlar Prens Adaları civarındaki mercan kolonilerinden daha iyi durumda olsa da ciddi hasar almış durumdadır (Sarı, 2021).

Diğer yandan Marmara Denizi'nin derin çukurlarında gaz sızıntıları bölgelerine özel, kemosenetik bakteriler (fotosentez olmaksızın, güneşten bağımsız şekilde kimyasal tepkimelere bağlı organik madde üretebilen bakteriler) ile simbiyotik yaşayan özel derin deniz toplulukları bildirilmiştir (Ondreas vd., 2020). Bunlardan bazıları tipik sızıntı faunasını temsil etmekteyken, bazıları Marmara'nın özel şartlarına bağlı olarak sıra dışı büyük amfipod ve poliket topluluklarından oluşmaktadır.

Ayrıca, Marmara Denizi'nde bir Akdeniz foku (*Monachus monachus*) ve beş Cetacea türleri (*Tursiops truncatus*, *Delphinus delphis*, *Phocoena phocoena*, *Stenella coeruleoalba*, *Grampus griseus*) olmak üzere toplam altı deniz memelisinin varlığında gözlenmiştir (Dede vd., 2016).

Deniz ortamındaki biyoçeşitliliğin belirlenmesi amacıyla dünya çapında yapılan Tara Oceans (plankton çeşitliliği) ve Global Ocean Sampling (mikrobiyal çeşitlilik) gibi seferler olmuştur. Ayrıca, çeşitli ülkelerden bilim insanlarını içeren ve zooplankton çeşitliliğini araştıran MetaZooGene gibi uluslararası gruplar mevcuttur. Bu çalışmalar temelde biyoçeşitliliğin belirlenmesinde çevresel DNA (e-DNA)'nın yeni nesil dizileme (NGS) yöntemi ile dizilenmesi ve elde edilen genom veya genomların doğrudan genetik analizini (metagenomik) içerir. Metagenomik analizler, 16s ribozomal ribonükleik asit (16s rRNA) gibi filogenetik markör

genlerin hedeflenmesi, elde edilen DNA numunesinin hedef gen belirlenmeksizin sekanslanması ve hedef fenotipe özgü aktivite taranması gibi yaklaşımlarla sekans odaklı veya fonksiyon odaklı olarak yapılabilmektedir. Bu analizler sonucunda hedeflenen organizma veya organizma gruplarının çeşitliliği hakkında bilgi sahibi olabilmek veya hedef genlerin varlığını tespit edebilmek mümkündür. Geleneksel kültürleme yöntemlerinden ve mikroskopik görüntüleme bağımsız olarak yapılabilen metagenomik analizler, yeni nesil dizileme teknolojisinin gelişmesi ve uygun fiyatlı hale gelmesi ile birlikte denizlerdeki biyoçeşitliliğin araştırılmasında gittikçe yaygınlaşan bir kullanıma sahiptir. Ayrıca, yukarıda bahsedilen küresel çaptaki metagenomik çalışmalar sonucunda oluşturulan veritabanları, elde edilen ve edilecek olan verilerin işlenmesinde yardımcı olmakta ve analizleri kolaylaştırmaktadır.

Tüm dünyada hız kazanmış olan iklim kaynaklı değişiklikleri göz önüne alındığında, açıkça bozulmuş durumda olan çevresel koşullara sahip Marmara Denizi'nde müsilaj olayları muhtemelen tekrarlayacaktır. Ekolojik durum açıkça endişe vericidir ve bu kadar büyük ölçekli ve uzun süreli bir müsilaj olayının tekrarlamasını önlemek için 22 maddeden oluşan Marmara Denizi Koruma Eylem Planı'nın eksiksiz olarak uygulanması gerekmektedir.

Kaynaklar

Altuğ, G., Çardak, M., Ciftci, P. S., Gurun, S., (2013). First records and microgeographical variations of culturable heterotrophic bacteria in an inner sea (the Sea of Marmara) between the Mediterranean and the Black Sea, Turkey. *Turkish Journal of Biology*, vol.37, no.2, 184-190.

Altuğ G., Türetken P. S., Çiftçi Çardak M, Öztaş M. (2021). Bacterial Levels in Mucilage; Sample Case of Preliminary Study in İstanbul Province, the Sea of Marmara Chapter in: Ecology of the Marmara Sea: Formation and Interactions of Marine Mucilage, and Recommendations for Solutions Ed. M. Şeker,, İ. Öztürk. pp.137-155 ISBN: 978-605-2249-73-4 DOI:10.53478/TUBA.2021.001

Altuğ, G., Kalkan, S., (2017). Occurrence and Distribution of Bacillus Species in Turkish Marine Environments. 12th International Conference on Microbial Interaction and Applications of Beneficial Microbes (pp.42). Munich, Germany.

Altuğ, G., (2011). The Occurrence of Salmonella in Various Marine Environments in Turkey. SALMONELLA - A DANGEROUS FOODBORNE PATHOGEN, 73-90.

Altuğ, G., Aktan Turan, Y., Oral, M., Topaloğlu, B., Dede, A., Keskin, Ç., İşinibilir Okyar, M. (2011). Biodiversity of the northern Aegean Sea and southern part of the Sea of Marmara, Turkey. *Marine Biological Association of the United Kingdom, Marine Biodiversity Records*, vol.4, 1-17.

Altuğ, G., Çardak, M., & Çiftçi Türetken, P. S. , (2019a). Bacterial biodiversity in the Sea of Marmara. 1 st International Symposium on Biodiversity Research (pp.573). Çanakkale, Turkey

Altuğ, G., Türetken, P. S., Gurun, S., Kalkan, S., Tasova, Y. E., & Ozyalvac, M., (2019b). Bacterial Profiles Of The Mud Formations Observed From A Remotely Operated Vehicle (ROV) In The Deep Of The Canakkale Strait (Dardanelles), Turkey. *F. Environmental Bulletin*, vol.28, no.9, 6389-6399.

Altuğ, G., Uysal, Z., Kaçar, A., Yücel, N., Zeki, S., Çardak, M., Çiftçi Türetken, P. S. (2019c). Mikrobiyal Kirlenimler İzleme Kılavuzu. *Deniz İzleme Kılavuzları* (pp.1-32), Kocaeli: TÜBİTAK MAM Matbaası.

Altuğ, G., Çardak, M., & Çiftçi Türetken, P. S., (2010b). Marmara Denizi'nde Müsilaj oluşumu ve Bakteriyel Etkileşimler. *Marmara Denizi 2010 Sempozyumu* (pp.456-463). İstanbul, Turkey

Altuğ, G., Çardak, M., Çiftçi Türetken, P. S., Gürün, S., & Kalkan, S., (2020a). Bacterial Roles in the Marine Ecosystem; A Sample Case of Turkish Marine Bacteria. *Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences*, vol.6, no.2, 217-230.

- Altuğ, G., Çardak, M., Çiftçi Türetken, P. S., & Gürün, S., (2010a). Marmara Denizi Bakteriyolojisi. Marmara Denizi 2010 Sempozyumu (pp.406-414). İstanbul, Turkey
- Altuğ, G., Çardak, M., Gürün, S., Çiftçi Türetken, P. S., & Kalkan, S., (2017). Comparison of Geographical Distribution of Bacterial Species in Terms of Ecosystem and Public Health in Turkish Seas. International Congress of Health and Environment (pp.137). Adana, Turkey.
- Altuğ, G., Çiftçi Türetken, P. S., Gürün, S., & Kalkan, S., (2016). Türkiye Denizlerinden İzole Edilen Bakterilerin Çeşitliliği, Türkiye Denizleri Bakterilerinin Biyoteknolojik Kullanımı Çalıştayı, Ed. G. Altuğ (pp.41-51). İstanbul, Turkey.
- Altuğ, G., Çiftçi Türetken, P. S., Gürün, S., & Kalkan, S., (2018). Determination of the Composition of Heterotrophic Aerobic Bacteria Transported via The Kurbağalıdere River into the Sea of Marmara, Turkey, 2nd International UNIDOKAP Black Sea Symposium on Biodiversity (pp.164). Samsun, Turkey.
- Altuğ, G., Kalkan, S., & Çiftçi Türetken, P. S., (2020b). The Occurrence of Caulobacteraceae Members in the Different Marine Regions of Turkey. 2nd International Symposium on Biodiversity Research, Rize, Turkey.
- Aktan, Y., Dede, A., Ciftci, P.S., (2008). Mucilage events associated with diatoms and dinoflagellates in Sea of Marmara, Turkey. Harmful Algae News, An IOC Newsletter on toxic algae and algal blooms, No: 36, p. 1.
- Artüz, M.L. & N. Kubanç (2015). First record of *Coryphaena hippurus* (Linnaeus, 1758) from the Sea of Marmara. *Thalassas*, 31(1), 9-13
- Aysel V. Erduğan H., Dural B., Akgül R., Aysel O. (2010). Marmara Kıyıları (Türkiye) Deniz Algleri ve Deniz Çayırılarının Kompozisyonu. İn Öztürk B. (Ed.) Marmara Denizi 2010 Sempozyumu Bildiriler Kitabı 25-26 Eylül 2010. Türk Deniz Araştırmaları Vakfı Yayın no 32. 178 – 196.
- Balkıs, N., Taş, S. (2016). Phytoplankton of the Sea of Marmara: A review in Özsoy, E., Çağatay, M.N., Balkıs, N., Balkıs, N., Öztürk, B. (Eds.) (2016). The Sea of Marmara; Marine Biodiversity, Fisheries, Conservation and Governance. Turkish Marine Research Foundation (TUDAV), Publication No: 42, İstanbul, Turkey.
- Balkıs-Ozdelice, N., Durmuş, T., & Balcı, 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. doi:10.30897/ijgeo.954787
- Bilecenoglu, M., & Öztürk, B. (2019). Occurrence of *Trachinotus ovatus* (Linnaeus, 1758) in the Istanbul Strait, Turkish Straits System. *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*, 25, 3, 321-324.
- Bilecenoglu, M. (2019). First record of *Aetomylaeus bovinus* (Geoffroy St. Hilaire, 1817) (Elasmobranchii: Myliobatidae), from the Sea of Marmara. *J. Black Sea/Medit. Environ.*, 25(2), 182-187
- Bileceoğlu, M., Doyuk, S.A. (2021). Uncommon Thermophilic Fishes From The Marmara And Black Seas. *ANNALES · Ser. Hist. Nat. · 31: 95-100. ·*
- Cataletto B, Feoli E, Fonda Umani S, Monti M, Pecchiar I (1996). Analyses of the relationship between mucous aggregates and phytoplankton communities in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea) by multivariate techniques. *Mar Ecol Evo Persp* 17: 291–307.
- Cetecioğlu, Z., Kasapgil Ince, B., Kolukirik, M., Ince, O. (2009). Biogeographical distribution and diversity of bacterial and archaeal communities within highly polluted anoxic marine sediments from the Marmara Sea, *Marine Pollution Bulletin*, 58(3): 384-395, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2008.10.009>.
- Çardak, M., Altuğ, G., & Çiftçi Türetken, P. S. (2018). The Occurrence of *Salmonella* spp. in Various Marine Environments in Turkey . III.Deniz Bilimleri Konferansı (pp.105-106). İzmir, Turkey
- Çardak, M., Altuğ, G., & Çiftçi, P. S., (2013). Comparison of Bacterial Diversity in Eastern Mediterranean, Northern Aegean Sea and the Sea of Marmara, Turkey. 40th CIESM Congress (pp.3). Marsilya, France.

- Çiftçi Türetken, P. S., Altuğ, G., & Çardak, M., (2018). Distribution of *Pseudomonas* species in the Various Marine Areas (Aegean Sea, the Sea of Marmara, the Eastern Mediterranean Sea). 3. Deniz Bilimleri Konferansı (pp.110-111). İzmir, Turkey.
- Çiftçi Türetken, P. S., Altuğ, G., Gürün, S., & Kalkan, S., (2016). The Occurrence and Distribution of *Vibrio* Species in the Various Marine Areas, Turkey. 51st European Marine Biology Symposium (pp.20). Rodos, Greece
- ÇŞİDB ve TÜBİTAK MAM, (2017). Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı 2014-2016 Marmara Denizi Özet Raporu, ISBN:978-605-5294-72-4, TÜBİTAK-MAM Matbaası Gebze/Kocaeli, 71 sy., Ankara.
- ÇŞİDB ve TUBITAK MAM, (2020). Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı 2019 Yılı Marmara Denizi Final Raporu. Ankara.
- Dede, A., Tonay, A., Öztürk, A., Öztürk, B. (2016). Status of the Marine Mammals Population of the Sea of Marmara. The Sea of Marmara; Marine Biodiversity, Fisheries, Conservation and Governance. E. Özsoy, M. N. Çağatay, N. Balkıs, N. Balkıs and B. Öztürk. İstanbul, Turkish Marine Research Foundation (TUDAV). 42: 863-879.
- Dogan, G. and M. İşinibilir (2016). "First Report of a New Invasive Species *Oithona davisae* Ferrari and Orsi, 1984 (Copepoda: Cyclopoida) in the Sea of Marmara." Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 16(2): 471-475.
- Ergül, HA., Balkıs-Özdelice, N., Koral, M., Aksan, S., Durmuş, T., Kaya, M., Kayal, M., Ekmekci, F., Canlı, O. (2021). The early stage of mucilage formation in the Marmara Sea during spring 2021. J. Black Sea/Med. Env. 27(2):232-258
- Fonda Umani, S., Milani, L., Borme, D., De Olazabal, A., Parlato, S., Precali, R., Kraus, R., Lucic, D., Njire, J., Totti, C., Romagnoli, T., Pompei, M., Cangini, M., (2005). Inter-annual variations of planktonic food webs in the northern Adriatic Sea. Sci. Total Environ. 353, 218–231.
- Griffith, A.W, C.J. Gobler, (2020). Harmful algal blooms: A climate change co-stressor in marine and freshwater ecosystems. Harmful Algae, 91,101590.
- Irmak, E., Altağaç, U. (2015). First Record of an Invasive Lessepsian Migrant, *Lagocephalus sceleratus* (Actinopterygii: Tetraodontiformes: Tetraodontidae), In The Sea of Marmara. Acta Ichthyologica et Piscatoria 45 (4): 433–435.
- İşinibilir, M. (2009). "Annual Crustacean Zooplankton Succession (Copepoda and Cladocera) in the Upper Layer of Ahirkapi Coastal Waters (Northeastern Sea of Marmara)." Crustaceana 82(6): 669-678.
- İşinibilir M. (2010). Marmara Denizi zooplanktonunun son yıllardaki değişimi ve müsilaj'ın etkisi. Öztürk B., Ed. Marmara Denizi 2010 Sempozyumu, TUDAV 2010, p. 469-482.
- İşinibilir, M. (2012). "The seasonal occurrence and abundance of gelatinous macrozooplankton in Izmit Bay (the northeastern Marmara Sea)." Journal of Black Sea/Mediterranean Environment 18(2): 155-176.
- İşinibilir, M., Kideys, A. E., Tarkan, A.N., Yilmaz, İ. N. (2008). "Annual cycle of zooplankton abundance and species composition in Izmit Bay (the northeastern Marmara Sea)." Estuarine Coastal and Shelf Science 78(4): 739-747.
- İşinibilir, M., Yilmaz İ. N., Piraino, S. (2010). "New contributions to the jellyfish fauna of the Marmara Sea." Italian Journal of Zoology 77(2): 179-185.
- İşinibilir, M., Svetlichny, L., Hubareva, E., Yilmaz, İ. N., Ustun, F., Belmonte, G., Toklu-Alicli, B. (2011). "Adaptability and vulnerability of zooplankton species in the adjacent regions of the Black and Marmara Seas." Journal of Marine Systems 84(1-2): 18-27.

- İşinibilir Okyar, M., Üstün, F., Orun, D. A. (2015). "Changes in abundance and community structure of the zooplankton population during the 2008 mucilage event in the northeastern Marmara Sea." *Turkish Journal of Zoology* 39(1): 28-38.
- İşinibilir, M., Yılmaz, İ. N., Demirel, N. (2015). "New records of jellyfish species in the Marmara Sea." *Italian Journal of Zoology* 82(3): 425-429.
- İşinibilir, M., Yılmaz İ. N. (2016). Jellyfish Species of the Sea of Marmara. The Sea of Marmara; Marine Biodiversity, Fisheries, Conservation and Governance. E. Özsoy, M. N. Çağatay, N. Balkıs, N. Balkıs and B. Öztürk. İstanbul, Turkish Marine Research Foundation (TUDAV). 42: 390-400.
- İşinibilir, M., Yılmaz İ. N. (2017). Jellyfish dynamics and their socioeconomic and ecological consequences in Turkish Seas. Jellyfish: Ecology, Distribution Patterns and Human Interactions. G. L. Mariottini. New York, Nova Publishers: 51-70.
- İşinibilir, M., Yüksel E., Dalyan C. (2021). "First record of *Cotylorhiza tuberculata* (Macri, 1778) from the Sea of Marmara." *Aquatic Sciences and Engineering* 36(1): 38-41.
- İşinibilir, M., Yüksel, E., Türkeri, E., Doğan, O., Karakulak, S., Uzer, U., Dalyan, C., Furfaro, G., Piraino, S. (2022). New additions to the jellyfish fauna of the Marmara Sea. *Aquatic Sciences and Engineering*, 37(1): 53-57.
- Kalkan, S., & Altuğ, G., (2016). The Occurrence of *Sphingomonas paucimobilis* and *S. thalophilum* in various marine regions of Turkey. 41th CIESM Congress (pp.269). Kiel, Germany.
- Karadurmuş, U., & Sarı, M., (2022). Marine mucilage in the Sea of Marmara and its effects on the marine ecosystem: mass deaths. *Turk J Zool* (2022) 46: 93-102, doi:10.3906/zoo-2108-14.
- Karakulak, F.S., Yıldız, T. (2016). Bluefin tuna fishery in the Sea of Marmara. The Sea of Marmara; Marine Biodiversity, Fisheries, Conservation and Governance. Özsoy, E., Çağatay, M.N., Balkıs, N., Balkıs, N., Öztürk, B. (Eds.) Turkish Marine Research Foundation (TUDAV), Publication No: 42, pp. 655-668, ISBN 978-975-8825-34-9, İstanbul, Turkey.
- Karakulak FS, Yıldız T, Uzer U, Oray İK. (2020). First record of the Lessepsian fish *Siganus rivulatus* (Forsskål & Niebuhr, 1775) in the Sea of Marmara (Izmit Bay, Turkey). *J Appl. Ichthyol.* 36(6):952–954. <https://doi.org/10.1111/jai.14133>.
- Karlusich, JPP., Iberbalz, F.M., Bowler, C. (2020). Phytoplankton in the Tara Ocean. *Annu. Rev. Mar. Sci.* 12:233–65
- Khanaychenko, A. (2018). "How diatom *Cylindrotheca closterium* vanquish invasive copepod *Oithona davisae*." *Marine Biological Journal* 3(3): 77-85.
- Kolukırcık, M., Ince, O., Cetecioglu, Z., Celikkol, S, Ince, B.K. (2011). Spatial and temporal changes in microbial diversity of the Marmara Sea Sediments, *Marine Pollution Bulletin*, 62(11): 2384-2394, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.08.033>.
- Krsinic, F., (1995). Changes in the Microzooplankton assemblages in the northern Adriatic Sea during 1989 to 1992. *J. Plankton Res.* 17, 935–953.
- Kraus R., Supic, N. (2015). Sea dynamics impacts on the macroaggregates: A case study of the 1997 mucilage event in the northern Adriatic, *Progress in Oceanography*, 138: 249-267
- Malej, A., Harris, R.P., (1993). Inhibition of copepod grazing by diatom exudates: a factor in the development of mucus aggregates? *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 96, 33–42.
- Ocana O., Çınar M.E. (2018). Description of two new genera, six new species and three new records of Anthozoa (Cnidaria) from the Sea of Marmara. *Journal of Natural History*, 52: 35-36, 2243-2282.
- Ondréas H, Olu K, Dupré S, Scalabrin C, Alix A-S, Garrocq C, Ruffine L (2020). Geological and biological diversity of seeps in the Sea of Marmara. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 161, 103287.

- Özalp, H.B., Alparslan, M. (2011). The First Record of *Cladocora caespitosa* (Linnaeus, 1767) (Anthozoa, Scleractinia) from the Marmara Sea. *Turkish Journal of Zoology*, 35: 701-705.
- Öztürk, b. Albayrak, S. (2016). Alien Species in Turkish Straits System (TSS: Istanbul Strait, Sea of Marmara, Çanakkale Strait). (Eds.) Özsoy, E., Çağatay, M.N., Balkıs, N., Balkıs, N., Öztürk, B. (2016). *The Sea of Marmara; Marine Biodiversity, Fisheries, Conservation and Governance*. Turkish Marine Research Foundation (TUDAV), Publication No: 42, s. 586-602. Istanbul, TURKEY.
- Polat-Beken Ç., Tüfekçi V., Sözer B., Yıldız E., Mantıkçı M., Atabay H., Telli-Karakoç F., Hocaoğlu S., Ediger D., Tolun L., Olgun A. (2010). Deniz Ortamında Musilaj/mukus Oluşumunu Denetleyen Faktörlerin Laboratuvar Koşullarında İncelenmesi. Proje No: 108Y083 TÜBİTAK, ULAKBİM web sitesinden erişilen adres: <https://app.trdizin.gov.tr/proje/TVRJd016UTA/deniz-ortaminda-musilaj-mukus-olusumunu-denetleyen-faktorlerin-labaratuvar-kosullarinda-incelenmesi>
- Sarı, M., (2021). Marmara Denizinde Müsilaj Oluşumu, Nedenleri, Etkileri ve Alınması Gereken Önlemler, *Deniz Ticaret Dergisi*, Haziran 2021 Sayısı, 54-59.
- Sivri, N., Jones, M., & Allen, M. J., (2014). *Pseudomonas aeruginosa* Isolated from The Marine Environments in The Istanbul Coastal Area (Turkey). *FRESENIUS ENVIRONMENTAL BULLETIN*, vol.23, 3340-3344.
- Stoica, E. Herndl, G.J., (2007). Bacterioplankton community composition in nearshore waters of the NW Black Sea during consecutive diatom and coccolithophorid blooms. *Aquatic Sciences* 69 (3), 413-418.
- Sur H.İ., Apak R., Yüksek A., Altıok H., Taş S., Balkıs N., Ünlü S., Erçağ, E., Yılmaz N., Müftüoğlu A.E., Aksu A., Demirel N., Erşan M.S. (2010). Marmara Denizi Kirlilik İzleme Çalışması. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı.
- Taşkın E., 2016. Biodiversity Of Macroflora Of The Sea Of Marmara, Turkey. in Özsoy, E., Çağatay, M.N., Balkıs, N., Balkıs, N., Öztürk, B. (Eds.) (2016). *The Sea of Marmara; Marine Biodiversity, Fisheries, Conservation and Governance*. Turkish Marine Research Foundation (TUDAV), Publication No: 42, Istanbul, TURKEY.
- Taşkın E., Çakır M., Akçalı M. Ve Sungur Ö., (2019). Benthic marine flora of the Marmara Sea (Turkey). *J. Black Sea/Mediterranean Environment* Vol. 25, No. 1: 1-28 (2019)
- Topçu E.N., Öztürk B. (2015). Composition and abundance of octocorals in the Sea of Marmara, where the Mediterranean meets the Black Sea. *Scientia Marina* 79(1): 125-135.
- Topçu E.N., Öztürk B. (2016). First insights into the demography of the rare gorgonian *Spinimuricea klavereni* in the Mediterranean Sea. *Marine Ecology* 37(5), 1154- 1160.
- Topçu N.E., Özalp H.B. (2016). Anthozoans of the Sea of Marmara in: Emin Özsoy; M. Namık Çağatay; Neslihan Balkıs; Nuray Balkıs; Bayram Öztürk (Eds.) *The Sea of Marmara, Marine Biodiversity Fisheries Conservation and Governance*. Türk Deniz Arastırmaları Vakfı yayınları No 42, 957 pages; pp 428 – 448.
- 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. *J. Black Sea/Mediterranean Environment*, 27-2: 270-278.
- Topcu, NE; Martell, LF; Yılmaz, IN; İşinibilir, M. (2018). Benthic Hydrozoans as Potential Indicators of Water Masses and Anthropogenic Impact in the Sea of Marmara. *Mediterranean Marine Science* 19(2): 273-283.
- Topçu NE, Turgay E, Yardımcı RE, Topaloğlu B, Yüksek A, Steinum TM, Karataş S, Öztürk B (2019). Impact of excessive sedimentation caused by anthropogenic activities on benthic suspension feeders in the Sea of Marmara. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 99(5): 1075-1087.

Tuncer, S., Torcu Koç, H., Erdoğan, Z. (2020). Occurrence of the golden pompano, *Trachinotus ovatus* (Linnaeus 1758) (Osteichthyes: Carangidae) in Dardanelles, the Sea of Marmara. *Natural and Engineering Sciences* 5(1):37-40.

Tüfekçi, V., Balkis, N., Polat Beken, Ç., Ediger, D., & Mantıkçı, M. (2010). Phytoplankton composition and environmental conditions of a mucilage event in the Sea of Marmara. *Turkish Journal of Biology*, 34(2), 199–210. doi:10.3906/biy-0812-1.

Yıldız T., Karakulak, S. (2016). Traditional Fishing in the Sea of Marmara: From the Past to the Present. (Eds.) Özsoy, E., Çağatay, M.N., Balkıs, N., Balkıs, N., Öztürk, B. 2016). *The Sea of Marmara; Marine Biodiversity, Fisheries, Conservation and Governance*. Turkish Marine Research Foundation (TUDAV), Publication No: 42, s 697-709. Istanbul, Turkey.

Yıldız, T., E. Yemişken, F.S. Karakulak, U. Uzer, C. Dalyan & I.K. Oray (2016). A new record of dasyatid fish from the Sea of Marmara: Tortonese's stingray, *Dasyatis tortonesei* Capapé, 1975 (Dasyatidae). *J. App. Ichthyol.*, 32(4), 721-723.

Yılmaz, I. N. (2015). "Collapse of zooplankton stocks during *Liriope tetraphylla* (Hydromedusa) blooms and dense mucilaginous aggregations in a thermohaline stratified basin." *Marine Ecology* 36(3): 595-610.

Yılmaz İ.N. ve İşinibilir M., (2016). Zooplankton Of The Sea Of Marmara. (Eds.) Özsoy, E., Çağatay, M.N., Balkıs, N., Balkıs, N., Öztürk, B. 2016). *The Sea of Marmara; Marine Biodiversity, Fisheries, Conservation and Governance*. Turkish Marine Research Foundation (TUDAV), . Istanbul, TURKEY, 42: 376-389.

Yılmaz, I. N., İşinibilir, M., Vardar, D., Dursun, F. (2017). "First record of *Aequorea vitrina* Gosse, 1853 (Hydrozoa) from the Sea of Marmara: a potential invader for the Mediterranean Sea." *Zoology in the Middle East* 63(2): 178-180.

Yüksek A., (2013). Marmara'da Biyolojik Çeşitliliğin Tarihsel Seyri, Çeşitliliği Etkileyen Faktörler ve Sürdürülebilirlik Açısından Alınacak Tedbirler. Ed. A.C. Kahraman. *Derdimiz, Değerimiz, Denizimiz: MARMARA*. S.187-192. Marmara Belediyeler Birliği Yayın no 79. İstanbul 2013. ISBN: 978-605-63650-8-9

Yüksek A., (2021). Marmara Denizi'nde Deniz Salyası/Müsilajı Oluşturan Sebepler. p85-104. Ed. Öztürk İ. ve Şeker M., *Marmara Denizi'nin Ekolojisi: Deniz Salyası Oluşumu, Etkileşimleri ve Çözüm Önerileri*, Türkiye Bilimler Akademisi, 2021. ISBN: 978-605-2249-73-4. DOI: 10.53478/TUBA.2021.001

Zaitsev Yu ve Öztürk B. (Eds) (2001). *Exotic species in the Aegean, Marmara, Black and Casspian Sea*. Turkish Marine Research Foundation, Istanbul, Turkey, 267pp

Çözüm Önerileri Tablosu

Çözüm Önerileri	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)	Kısa Gerekçe
Ülkemiz denizlerindeki biyoçeşitliliğin belirlenmesinde geleneksel metodların dışında gerek ulusal gerek uluslararası işbirlikleri ile metagenomik çalışmalarını	Kısa/Orta	Kısa vadede ulusal ve uluslararası işbirlikleri ile çevresel numunelerin biyoçeşitliliğinin geleneksel ve yenilikçi yöntemler ile belirlenmesi konusunda deneyim ve tecrübe kazanılmalıdır. Ayrıca, kısa vadede yapılacak olan yayınlar, konferans ve benzeri platformlarda sunulacak bildiriler ile biyoçeşitliliğin belirlenmesinde geleneksel ve yenilikçi yöntemlerin gerekliliği

gerçekleştirilmesi ve yaygınlaştırılması		vurgulanmalı ve bu çalışmaların potansiyeli gözler önüne serilmelidir. Orta vadede ise, elde edilen tecrübe ile uluslararası platformlarda yer edinilmeli ve bu tür çalışmalar yaygınlaştırılmalıdır.
Ülkemiz denizlerindeki biyoçeşitlilik verilerini içeren veri tabanlarının kurulması ve bu veri tabanlarının etkin olarak ileriye dönük çalışmalar için kullanılması	Orta/Uzun	Biyoçeşitlilik verilerini içeren yerli veritabanları oluşturulmalı, bu veritabanları rutin izleme çalışmaları ile güncel tutulmalı ve yerli/yabancı paydaşların kullanımına açık olmalıdır.
Marmara Denizi'ne verilen atıkların kontrol altına alınması	Kısa/Orta/Uzun	Marmara Denizi'nin biyolojik çeşitliliğini etkileyen en önemli etken kontrol edilemeyen atıklardır. Özellikle akıntının düşük olduğu bölgelerde, öncelikle pelajik sistem canlı gruplarının etkilenmesi söz konusudur. Ortamda artan organik maddenin dibe çökmesi sonucu veya alt suya direkt olarak verilen deşarjlara bağlı olarak alt suda artan organik madde yükü; dip çözünmüş oksijeninin tükenmesine, bakteriyel faaliyetlerin artmasına ve önce su ve sediment kalitesinin bozulmasına, daha sonra da habitat ve biyolojik çeşitlilik kaybına sebep olmaktadır.
Aşırı avcılığın önüne geçilmesi	Kısa	Aşırı avcılık besin zincirinde ani kırılmalara sebep olmakta ve tür kompozisyonunun değişimine neden olmaktadır. Bu durum türler arası enerji akışının bozulmasına ve istenmeyen bazı türlerin aşırı artışına sebep olurken, bazılarının da sistemden tamamen çekilmesine neden olmaktadır. Özellikle demersal habitatların tahribatı önlemek için kıyı bölgelerin ve körfez içlerinin koruma alanı olması önem arz etmektedir.
Marmara Denizi'ndeki önemli mercan (gorgon) alanları belirlenerek koruma altına alınması	Orta/Uzun	Marmara Denizi'nde tüplü dalışla görülme/izlenme derinliklerinde dağılım gösteren mercan alanları belirlenerek koruma altına alınmalı, aynı zamanda buralar rehberli dalışlarla ekoturizme kazandırılmalıdır.
T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın yönetiminde, aşırı alg artışları (red-tide, zararlı	Kısa/Orta/Uzun	İklim değişikliği ve besin ağındaki değişimlerle birlikte Akdeniz ve Karadeniz'de yoğun istilacı ve/veya yabancı türler görülmektedir. Bu türlerin sayılarındaki artışlar Doğu Akdeniz

<p>toksik alg artışları vb.), denizanası, müsilaj ve istilacı tür izleme programının oluşturulması (sivil halkın katılımı ile) ve sürdürülebilir kılınması</p>		<p>Havzası'nda ve özellikle antropojenik baskı altında olan Marmara Denizi'nde güncel ve önemli sorunlar oluşturmaktadır.</p> <p>Ayrıca pek çok sebeplere bağlı olarak denizlerimizde görülen aşırı alg artışı (red-tide, zararlı toksik alg artışları vb.), denizanası ve müsilajın oluşumu ekolojik ve ekonomik zararlara yol açmaktadır. Bu çözüm önerisi ile bu olayların takibi yapılarak olası problemlere karşı önlem alabilme imkanı doğacaktır. Ülkemizin denizel canlı kaynaklarının bilinmesine, yabancı türlerin etkilerinin anlaşılmasına fayda sağlayacaktır. Kısaca bu çözümün toplumsal faydaya hizmet etmesi hedeflenmektedir.</p>
--	--	---

Hedef Başlığı

- **Habitat kayıplarının restorasyon süresinin kılmasına katkı sağlayacak araştırmalar (sürdürülebilir balıkçılık, ekosistem temelli balıkçılık yönetimi, kıyı yapılarının biyoçeşitliliğin kaybı üzerindeki etkilerinin ve müsilağ oluşumunu artırma riskinin incelenmesi vb.) yapılması**

Mevcut Durum Tanımlanması:

Habitat kaybı (aynı zamanda habitat tahribatı olarak da adlandırılır), doğal bir habitatın kendi doğal türlerini destekleyemeyeceği bir süreçtir. Bölgede daha önce yaşayan organizmalar yer değiştirir veya ölür, bu nedenle biyoçeşitlilik ve tür bolluğu azalır. Habitat tahribatı, biyolojik çeşitlilik kaybının önde gelen nedenidir. Bir habitat yok edildiğinde, yerli organizmalar için taşıma kapasitesi azalır, böylece popülasyonlar, bazen yok olma seviyesine kadar azalır.

Marmara Denizi ekosistemine yönelik en önemli tehditlerden biri habitat kaybıdır. Gerek dolgu alanları ve kıyı yapılarının kıyı çizgisini değiştirecek ölçüde olması, gerekse yasadışı avcılık faaliyetleri deniz zemininde doğal yaşam alanlarının yok olmasına neden olmaktadır. Bu durum hem sualtı ekosistemine büyük zarar vermekte hem de bölgede faaliyet gösteren küçük ölçekli balıkçıların av sahalarını yok ederek sürdürülebilir avcılık faaliyetlerinin gerçekleştirilmesini imkânsız hale getirmektedir.

Bu tip alanların yapay resifler aracılığı ile rehabilite edilmesi ve olta balıkçılarına yönelik yeni av sahası oluşturulması konusunda bir modelleme ve araştırma projesi 2016-2019 yılları arasında İstanbul Üniversitesi Su Bilimleri Fakültesi tarafından yürütülmüştür (Gül vd., 2019). Kınalıada kıyılarında zarar görmüş bir habitatta oluşturulan yapay resif noktalarının kısa süre içinde birçok deniz canlısını cezbediği rapor edilmiştir. Bu canlılar arasında istavrit (*Trachurus trachurus*) gibi pelajik balık sürülerinin yanı sıra, resiflerde yuvalanan kayabalıkları (*Gobius sp.*), iskorpitler (*Scorpaena scrofa*), hanigiller (Serranidae üyeleri) gözlemlenmiştir. Ayrıca denizati ve deniz iğnelerinin (Syngnathidae familyası üyeleri), teke karideslerinin (*Palaemon serratus*), deniz yıldızlarının (Asteridae familyası üyeleri), çift kabukluların (*Bivalvia* üyeleri) vb. yapay resifleri yuva olarak kullandığı belirlenmiştir.

Bu sonuçlar T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı'nın 2019 yılı itibari ile "İstanbul Yapay Resif Projesi"ni başlatmasına yol açmıştır. Projenin temel amaçları; zarar görmüş habitatların rehabilitasyonu, yasa dışı balıkçılık faaliyetlerini engellemek ve su ürünleri kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını sağlamaktır. Proje kapsamında yasa dışı trol faaliyetleri sebebiyle en çok zarar gören Prens Adaları kıyıları ve Sarayburnu açıkları yapay resif yerleştirilecek alanlar olarak belirlenmiştir. 2020 yılı Ekim ayında yapay resiflerin 24m derinliğe yerleştirme çalışmaları sırasında müsilağ iplikçilerinin oluşmaya başladığı gözlemlenmiştir. Bahar aylarında artan müsilağ yoğunluğunun Eylül 2021 başına dek yapay resifler etrafında oldukça etkin olduğu ve görüş mesafesini 10cm'e dek düşürdüğü belirlenmiştir. Bu dönemde, yapay resif projesinde beklenenin aksine, hiç pelajik balık sürüsüne rastlanmamış olmakla birlikte, kalamar yumurtaları gözlenmiş, kayabalıklarının ve derisi dikenli türlerinin (özellikle genç deniz patlıcanlarının -*Holothuria sp.*) yapay resif blokları üzerinde yoğunlaştığı belirlenmiştir (Şekil 15). Deniz patlıcanlarının zeminin temizlenmesi ve ekolojik dengenin sağlanması konusundaki önemli rolü göz önüne alındığında müsilağ sürecinde yoğunluk artışı dikkat çekicidir. Yapay resiflerin müsilağ etkisi altında nasıl bir habitat gelişimi gerçekleştireceğini

belirlemek amacıyla TÜBİTAK destekli araştırma projesi başlamış olup, sonuçlar rehabilitasyon konusunda yapay resiflerin etkinliğini saptamada yol gösterici olacaktır.



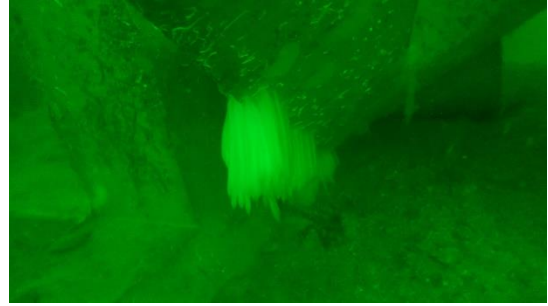
Asterina gibbosa



Marthasterias glacialis



Holothuria sp.



Kalamar yumurtaları

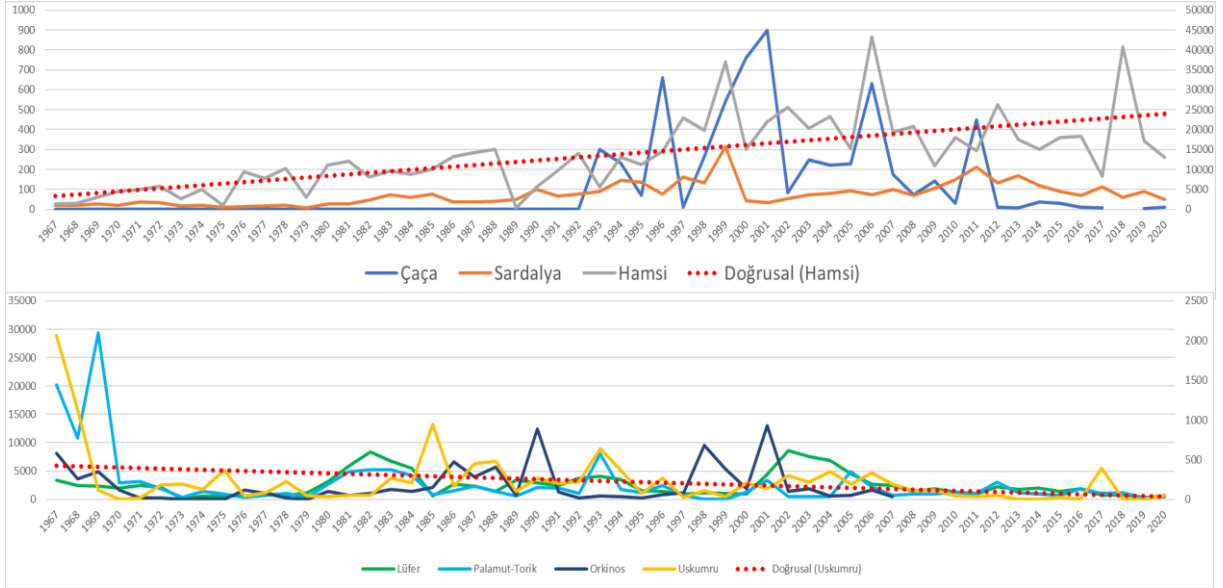
Şekil 15. İstanbul Yapay Resif alanlarında tespit edilen denizyıldızları, deniz patlıcanı ve kalamar yumurtaları (Fotoğraflar: Benal Gül)

Yapay resifler, doğal resif alanlarının olmadığı ya da zarar gördüğü deniz alanları için önemli restorasyon aracı olarak değerlendirilmektedir. Ancak Marmara Denizi çok zengin doğal resif alanlarına sahiptir. Prens Adaları'nın çevresinde, İmralı Adası etrafında, Marmara Adaları ile Kapıdağ Yarımadası çevresinde çoğunluğu balıkçılar tarafından iyi bilinen doğal resif alanları mevcuttur. Bu yüzden Marmara Denizi'nde yapay resif alanlarının çoğaltılmasından önce doğal resif alanlarının belirlenerek restorasyon amacıyla koruma altına alınması düşünülmelidir.

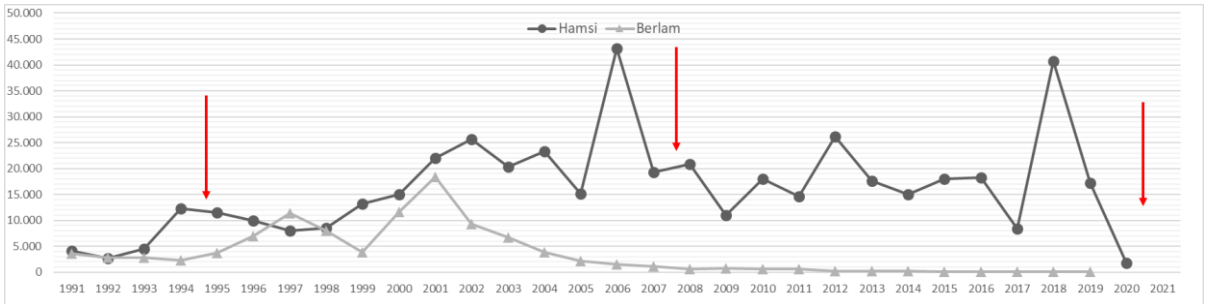
17. yüzyılda "Boğaz'ın balıklar ile dolu olduğu," ve sadece sepetlerle bile Boğaz'ın ve Haliç'in kıyılarından balık avlanabildiği ifade edilir (Özdağ, 2013; Ulman vd., 2020). Fakat uygulanan yanlış avcılık politikaları yüzünden, Marmara Denizi'nin zengin balık kaynakları büyük sömürüye maruz kalmıştır. İlk önce verilen teşvikler ile av gücü artırılmış, daha sonra av boyları küçültülerek balığın üremesine fırsat verilmeyecek şekilde av baskısı uygulanmıştır. Yapılan aşırı avcılık o kadar büyük boyutlara ulaşmış ki avlanan balıklar telef edilmiştir (Can, 2013). Daha sonra ışıkla balık avcılığı belli bir süre serbest bırakılarak pelajik balık stokları ciddi hasara uğratılmıştır. Sonuç olarak Marmara Denizi'nde 19 türün soyunun tükendiği, 22 türün de ticari olarak soyunun tükendiği tespit edilmiş ve buna bağlı olarak ticari balık türlerinin %56'sının yok olma tehlikesi altında olduğu görülmüştür (Ulman vd., 2020).

Av verileri incelendiğinde özellikle 1994'den sonra, zengin biyolojik çeşitliliğe sahip Marmara Denizi, balıkçılığa yapılan teşviklerden dolayı büyük darbe almaya başlamış ve sistemden

büyük miktarda çekilen türlerin fonksiyonlarını başka türler üstlenmeye başlamıştır. İlk önce büyük karnivorlar tüketilmiştir (Şekil 16). Pelajik besin ağında enerji akışı hamsi, sardalya, istavrit gibi küçük pelajik balıklar üzerinden devam etmeye başlamıştır. 1950'li yıllarda uskumru balığı baskın tür iken (Demir, N. yayınlanmamış veri), baskın türler plankton üstünden beslenen hamsi, çaça, sardalye gibi türler olmuştur. Balıkçılık baskısı artık bu grup üstünde artınca, stoktaki balık boylarında da küçülme olmuş ve bir sonraki stoğu destekleyemeyen kırılgan bir popülasyon oluşmuştur. Bundan dolayı Marmara Denizi küçük pelajik stok grafiğinde düzgün eğim yerine zikzaklar izlenmeye başlamış ve her pik noktasının ardından ekosistem problemleri yaşanmaya başlamıştır. Pelajik balıklar üzerindeki av baskısı şiddetini hiç kesmeden devam etmiş, bu arada demersal balık stokları ise aşırı avcılığa ek olumsuz ortam koşullarında etkisi ile (düşük oksijen gibi) hemen hemen tükenme noktasına gelmiştir (Şekil 17) (Yüksek 2021). Pelajik avcılık yapan balıkçılar müsilağ oluşumundan -%61 oranında maddi kayıp yaşarken, demersal balıkçılık fazla etkilenmemiştir (Keleş vd., 2021). Bunun sebebi demersal balık stoklarının, baskılardan dolayı zaten yok olma durumuna gelmesinden dolayı olabilir (Şekil 17) (Yüksek, 2021).



Şekil 16. Marmara Denizi avcılık verilerine göre pelajik balıkların av miktarının yıllara göre değişimi (TÜİK, 2020).



Şekil 17. Hamsi (Pelajik) ve Berlam (Demersal) balığının Marmara Denizi'ndeki avcılık verileri (Ton) (Not: Kırmızı işaretler müsilağ dönemlerine işaret etmektedir.) (Yüksek, 2021).

Deniz çayırları, birçok deniz canlısı için beslenme, barınma, yumurtlama ve yaşam alanı sağlamaktadır. Ayrıca oksijen üretirler, akıntı ve dalgaların şiddetini azaltırlar, suda asılı kalan

katı maddeleri bünyelerine alarak suyu berraklaştırırlar ve ölü yapraklarının kıyı şeridinde birikimi sayesinde bariyer görevi görür, kıyı erozyonunu engellerler. Kısacası denizel ekosistem için çok önemlidirler. Ancak, deniz kirliliği, kıyısız alanların tahrip edilmesi, bilinçsiz kullanılan balıkçılık aletleri ve iklim değişikliği nedeniyle deniz suyu sıcaklığının artışı gibi etkenler bu türler için önemli tehditler oluşturmaktadır. Deniz çayırının tahrip ederek yok edilmesi ile oksijen miktarındaki azalma ile birlikte özellikle üreme ve beslenme alanını kaybeden canlıların ortamdaki göçmesi biyoçeşitliliği azaltacak, toksik alg ve denizaneleri gibi fırsatçı türlerin sayılarında artış görülecektir.

Marmara Denizi'nin fizikokimyasal ve trofik yapısı yabancı/fırsatçı türlerin yerleşmesine ve ani popülasyon artışlarına olanak tanımaktadır. Ötrofikasyon, aşırı avcılık, habitatların tahrip edilmesi gibi çevre sorunları *Aurelia aurita* gibi yerel türlerin olduğu kadar *Mnemiopsis leidyi*, *Beroe ovata*, *Liriope tetraphylla*, ve *Chrysaora hysoscella* gibi yabancı türlerin hem bolluklarını hem de tür sayılarını arttırmalarına neden olmaktadır (Altıok, 2021; Çelikkale ve Sivri, 2016; Demirel vd., 2020; İşinibilir 2012; 2010; 2015; 2021; 2022; Yüksek ve Sur, 2010; Yüksek, 2021). Habitatların tahrip edilmesine bağlı olarak azalan biyoçeşitlilik sebebiyle ekosistemin ortama giren yabancı türler ile mücadele yolları ve imkanları azalmaktadır. Buna bağlı olarak özellikle yabancı denizanası türlerinin alt besin zincirlerinde neden olduğu kırılma tüm ekosistem üzerinde baskıya ve sosyoekonomik yapıda hasara neden olabilmektedir (Kideys, 2002; Yılmaz, 2015; İşinibilir vd., 2017). 2000'li yıllardan sonra Marmara Denizi'nde ilk defa gözlenen denizanası türleri (İşinibilir, 2015, İşinibilir vd., 2010, 2021; 2022) ve yerli türler (İşinibilir, 2011, 2012) hızlı ve yüksek üremenin yanı sıra aktif predatör olmalarından dolayı, plankton üstünde baskı kurmuşlardır (İşinibilir, 2012; Yılmaz, 2015). Ayrıca bu predatör formlar balıkların besini olan zooplanktonu aşırı miktarda tükettiklerinden (Mutlu, 2001; İşinibilir, 2012) balık stokları üzerinde olumsuz bir rol oynayabilirler. Denizanelerinin aşırı artışı sonrasında meydana gelen kitlesel ölüm ise, doğal degradasyon nedeniyle çözünmüş oksijen konsantrasyonunun azalmasına (Sweetman vd., 2016; Yüksek 2021) ve parçalanmış denizanelerinin balıkçı ağlarının göz açıklıklarını kapatmalarından dolayı balıkçılık uygulamalarında sorunlar yaşanmalarına neden olabilirler (Palmieri vd., 2014).

Marmara Denizi'nin doğal denizanası türleri olan *Rhizostoma pulmo* ve *Aurelia aurita* yaz sonu ve sonbahar sonu gibi kıyısız bölgelerde aşırı artış gösterirler (İşinibilir, 2011, 2012). En son Kasım 2020 tarihinde Silivri-Avcılar arasında *Rhizostoma pulmo*'nun kitlesel ölümleri kaydedilmiş (Öztürk ve Sümen, 2020), daha sonra ise baskın olarak *A. aurita* artışları gözlemlenmiştir (Yüksek, 2021). Ergin denizaneleri zooplankton, balık yumurta ve larvaları üzerinden beslenirken (Richardson vd., 2009; Mutlu, 2001), efitra evreleri yüksek oranda bakterioplankton ve fitoplanktonu tercih ederler (Bamstedt vd., 2001). Denizel ortamdaki bu aşırı denizanası yoğunluğu, her ilkbahar ve sonbahardaki fitoplankton artışından sonra bu grubu baskılayan zooplanktonun artışını sınırlandırarak (İşinibilir, 2012), ortamdaki besin tuzu artışını fırsata çeviren zararlı fitoplankton türlerinin artışına (Balkıs-Özdelice vd., 2021) sebebiyet vermiş olabilir. Aşırı denizanası artışı sonrasında olgun ve yaş almış denizaneleri, sezon boyunca su kolonunda birikerek ve zarar görek kademeli olarak parçalanır (Mills, 2001). Bu ayrışma süreci (dekompozisyon) mikrobiyal üretimi destekleyebilmektedir (Tinta vd., 2012; Yüksek, 2021). Bu arada, mukus üretimi ve dekompozisyon yoluyla rejenere organik C mikrobiyal üretimi desteklerken, salgılama ve dekompozisyon ile rejenere inorganik N ve P alg üretiminin artışına neden olmaktadır (Pitt vd., 2009; Condon vd., 2010).

Pelajik sistem üzerindeki baskıların müsilağ oluşumuna da pozitif katkı yaparak, dipte biriken müsilağ yüzünden demarsal sisteme organik madde taşınımını artırma olasılığı söz konusudur. Bu da alt tabakada oksijen seviyesinin daha hızlı düşmesine neden olabilir (Yüksek, 2021). Genel olarak Marmara Denizi'nde artan organik madde miktarına bağlı olarak, saprotrof

organizmalar yaygınlaşmaktadır, örneğin 1990'lı yılların başlarında nadir tür olarak tanımlanan *Spatangus purpureus* O.F. Müller, 1776 (deniz kirpisi), Marmara Denizi demersal ekosisteminin baskın türü olmuştur (Yüksek, 2013; Yüksek, 2016).

Marmara Denizi balıkçılığının, Avrupa Birliği Deniz Strateji Çerçeve Direktifinde (DSÇD) yer alan sağlıklı stok tanımlanması ve İyi Çevre Durumu (İÇD) sınıflamasını belirlemek için, Demirel vd., (2020)'de yaptığı araştırmanın sonuçlarına göre, değişik trofik seviyelerden seçtikleri 17 türün 1999-2017 yılları arasında "**oldukça kötü**" sınıfında olduğunu tespit etmişlerdir (Demirel vd., 2020).

Sonuç olarak Yüksek (2010, 2021), her iki müsilağ dönemi öncesi fitoplankton üretiminin, yani klorofil-a konsantrasyonunun düştüğünü ve klorofil-a miktarının müsilağ oluştuktan sonra degradasyondan hızla arttığını ifade etmiş olsa da, bugüne kadar yapılan çalışmalar (Aktan vd., 2008, a, b; Tüfekçi vd., 2010; Balkıs vd., 2011; Balkıs-Özdelice, 2021) ışığında yoğun algal üretim ile birlikte çoklu faktörlerin ortak katkısıyla ortaya çıkan kompleks müsilağ oluşumu, son yıllarda birçok kıyıda görsel kirliliğin yanı sıra balıkçılık ve turizmi de etkilemiştir (Sarı, 2022). Bu sektörlerde neden olduğu ekonomik etkilerle birlikte bentik ve pelajik ekosistemde de ağır tahribatlara (oksijensizlik, viskozitede artış, toksik algal artışlar, habitat kaybı) neden olarak uzun vadede olumsuz sonuçlar doğuracak kayıplara neden olmuştur. (Aktan vd., 2008b). Marmara Denizi'nde bu oluşumdan doğrudan etkilenen sektörlerin başında balıkçılık gelmektedir. Aslında müsilağ bir taraftan balıkçılığı etkilerken, diğer yandan da balıkçılık faaliyetlerinden etkilenmektedir. Zira müsilağ, Marmara Denizi besin ağını da etkileyerek pelajik ve demersal sistemin enerji akışını değiştirmiştir (Yüksek, 2021). Avcılık şiddeti ile stokların dengede kalması arasında çok hassas bir ilişki mevcuttur. Sadece üreme şansı vermek veya belli büyüklük gruplarını avlamanın her zaman stok sürekliliğini sağlamayacağı bilinen bir gerçektir (Froese vd., 2016).

Aslında Marmara Denizi balıkçılığı, ülkemizin diğer denizleri ile içsularında uygulanan balıkçılık yönetimine benzer şekilde, Hilborn ve Walters (1992) tarafından ifade edilen kontrolsüz balıkçılığın gelişim aşamalarıyla uyumlu görünmektedir. Marmara Denizi balıkçılığında meydana gelen değişimler, hem Ege Denizi hem Karadeniz balıkçılığını doğrudan etkilediği dikkate alındığında tam kontrollü balıkçılık yönetimine (proaktif yönetim) geçiş yapılması bir zorunluluk olarak görülmektedir (Sarı, 2022).

Kaynaklar

Aktan, Y., A. Dede and P. S. Çiftçi (2008a). "Mucilage event associated with diatoms and dinoflagellates in Sea of Marmara, Turkey." Harmful Algae News.

Aktan, Y., Altuğ, G., Topaloğlu, B., İşinibilir, M. (2008b). İzmit Körfezi Müsilağ Çalışması. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, 72 sayfa.

Altıok H., Dökümcü K., Mutlu S., Öztürk İ.D., Ediger D., Yüksek A., (2021). İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi'nde İklim Değişikliği Göstergeleri. Salıhoğlu, B., Öztürk, B. (Ed.) 2021. İklim Değişikliği ve Türkiye Denizleri Üzerine Etkileri. Türk Deniz Araştırmaları Vakfı (TÜDAV) s. 48-62. Yayın no: 60, İstanbul, Türkiye, 266s)

Bamstedt, U., Wild, B., Martinussen, M. (2001). Significance of food type for growth of ephyrae *Aurelia aurita* (Scyphozoa). Marine Biology. 139. 641-650. 10.1007/s002270100623.

Balkıs, N., H. Atabay, I. Türetgen, S. Albayrak, H. Balkıs and V. Tüfekçi (2011). "Role of single-celled organisms in mucilage formation on the shores of Buyukada Island (the Marmara Sea)." Marine

Biological Association of the United Kingdom. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 91(4): 771.

Balkıs-Özdelica, N., T. Durmuş and M. Balcı (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.

Can, K. (2013). Balık Ağalara Takıldı. İstanbul: Ekin Yayın Grubu, 288 sayfa.

Çelikkale, M.S., ve Sivri, N. (2016) Değişen Marmara Denizi ve Değişen Su Ürünleri, Şehir&Toplum Dergisi, 4, 19-27. ISSN: 7897678343213

Condon, R. H., D. K. Steinberg and D. A. Bronk (2010). "Production of dissolved organic matter and inorganic nutrients by gelatinous zooplankton in the York River estuary, Chesapeake Bay." Journal of Plankton Research 32(2): 153-170.

Demirel, N., Zengin, M., Ulman, A. (2020). First large-scale Eastern Mediterranean and Black Sea stock assessment reveals a dramatic decline. Frontiers in Marine Science, 7:103

Froese, R., Walters, C., Pauly, D., Winker, H., Weyl, O., Demirel, N., Tsikliras, A., Holt, S. (2016). A critique of the balanced harvesting approach to fishing. ICES Journal of Marine Science. 73. 1640-1650. 10.1093/icesjms/fsv122.

Gül, B., İbin, T., Aksu, A., Sorarlı, G., Uzer, U., Yıldız, T., Karakulak, F.S., Emecan, İ.T. (2019). Olta Balıkçılığına Yönelik Yapay Resif Uygulaması. İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri. Proje No: Fyd-2016-21476

Hilborn, R. and Walters, C.J. (1992). Quantitative fisheries stock assessment, choice, dynamics and uncertainty. Chapman and Hall, London. doi:10.1007/978-1-4615-3598-0

İşinibilir, M. (2011). Distribution of gelatinous zooplankton in the southern Marmara Sea during 2006-2007. First National Workshop on Jellyfish and Other Gelatinous Species in Turkish Marine Waters, 20-21 Mayıs 2011, Bodrum, Turkey.

İşinibilir, M. (2012). "The seasonal occurrence and abundance of gelatinous macrozooplankton in Izmit Bay (the northeastern Marmara Sea)." Journal of Black Sea/Mediterranean Environment 18(2): 155-176.

İşinibilir, M. (2015). Distribution of *Chrysaora hysoscella* (Linnaeus, 1767) in the Marmara Sea. ASLO 2015 Aquatic Sciences Meeting: Aquatic sciences: Global and regional perspectives – north meets south, Granada, İspanya, 22 - 27 Şubat 2015, ss.97

İşinibilir, M., Yılmaz İ. N., Piraino, S. (2010). "New contributions to the jellyfish fauna of the Marmara Sea." Italian Journal of Zoology 77(2): 179-185.

İşinibilir, M. and İ. N. Yılmaz (2017). Jellyfish dynamics and their socioeconomic and ecological consequences in Turkish Seas. Jellyfish: Ecology, Distribution Patterns and Human Interactions. G. L. Mariottini. New York, Nova Publishers: 51-70.

İşinibilir, M., Yüksel, E, Dalyan, C. (2021). "First record of *Cotylorhiza tuberculata* (Macri, 1778) from the Sea of Marmara." Aquatic Sciences and Engineering 36(1): 38-41.

İşinibilir, M., Yüksel, E., Türkeri, E., Doğan, O., Karakulak, S., Uzer, U., Dalyan, C., Furfaro, G., Piraino, S. (2022). New additions to the jellyfish fauna of the Marmara Sea. Aquatic Sciences and Engineering, 37(1): 53-57.

Keleş G., Yılmaz S. Zengin M. (2020). Possible economic effects of musilage on Sea of Marmara fisheries. Agric For Life Sci (2020) 4(2): 173-.

Kideys, A. E. (2002). "Fall and rise of the Black Sea ecosystem." Science 297(5586): 1482-1484.

- Mutlu, E. (2001). "Distribution and abundance of moon jellyfish (*Aurelia aurita*) and its zooplankton food in the Black Sea." *Marine Biology* 138(2): 329-339.
- Mills, C. E. (2001). Jellyfish blooms: are populations increasing globally in response to changing ocean conditions?. *Hydrobiologia*, 451(1), 55-68.
- Özdoğan, U. (2013). For the health of the sea: In search of an expansive "land ethic" ~in Turkish maritime literature. *Interdiscipl. Stud. Literat. Environ.* 20, 5–30. doi: 10.1093/isle/ist003"
- Öztürk, İ. D., & Sümen, S. G. (2020). Unusual mass mortality of jellyfish *Rhizostoma pulmo* on the coast of the Sea of Marmara in December 2020. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment*, 26(3).
- Palmieri, M. G., A. Barausse, T. Luisetti and K. Turner (2014). "Jellyfish blooms in the Northern Adriatic Sea: Fishermen's perceptions and economic impacts on fisheries." *Fisheries Research* 155: 51-58.
- Pitt, K. A., D. T. Welsh and R. H. Condon (2009). "Influence of jellyfish blooms on carbon, nitrogen and phosphorus cycling and plankton production." *Hydrobiologia* 616: 133-149.
- Richardson A.J., Bakun A., Hays G.C, and Gibbons, M.C., (2009). The jellyfish joyride: causes, consequences and management responses to a more gelatinous future. *Trends in Ecology and Evolution* Vol.24 No.6. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.01.010>.
- Sarı, M., (2022). Müsilaj ve Marmara Denizi Balıkçılığı, Şehir & Toplum Dergisi Marmara Denizi & Müsilaj Krizi, Sayı: 20-21, Ocak-Nisan 2022, pp: 85-99, ISSN: 2564-7067.
- Sweetman, A. K., A. Chelsky, K. A. Pitt, H. Andrade, D. van Oevelen and P. E. Renaud (2016). "Jellyfish decomposition at the seafloor rapidly alters biogeochemical cycling and carbon flow through benthic food-webs." *Limnology and Oceanography* 61(4): 1449-1461.
- Tinta, T., T. Kogovsek, A. Malej and V. Turk (2012). "Jellyfish modulate bacterial dynamic and community structure." *PLoS One* 7(6): e39274.
- Tüfekçi, V., N. Balkis, Ç. P. Beken, D. Ediger and M. Mantikci (2010). "Phytoplankton composition and environmental conditions of the mucilage event in the Sea of Marmara." *Turkish Journal of Biology* 34(2): 199-210.
- Ulman A, Zengin M, Demirel N and Pauly D (2020). The Lost Fish of Turkey: A Recent History of Disappeared Species and Commercial Fishery Extinctions for the Turkish Marmara and Black Seas. *Front. Mar. Sci.* 7:650. doi: 10.3389/fmars.2020.00650.
- Yılmaz, I.N., (2015). Collapse of zooplankton stocks during *Liriope tetraphylla* (*Hydromedusa*) blooms and dense mucilaginous aggregations in a thermohaline stratified basin. *Marine Ecology*, 36, 595-610.
- Yüksek A., (2013). Marmara'da Biyolojik Çeşitliliğin Tarihsel Seyri, Çeşitliliği Etkileyen Faktörler ve Sürdürülebilirlik Açısından Alınacak Tedbirler. Ed. A.C. Kahraman. *Derdimiz, Değerimiz, Denizimiz: MARMARA*. S.187-192. Marmara Belediyeler Birliği Yayın no 79. İstanbul 2013. ISBN: 978-605-63650-8-9.
- Yüksek A., (2016). Biodiversity of Sea of Marmara Sea and the Affecting Factors. Özsoy, E., Çağatay, M.N., Balkıs, N., Balkıs, N., Öztürk, B. (Eds.) (2016). *The Sea of Marmara; Marine Biodiversity, Fisheries, Conservation and Governance*. P. 570-580. Turkish Marine Research Foundation (TUDAV), Publication No: 42, İstanbul, TURKEY.
- Yüksek A., (2021). Marmara Denizi'nde Deniz Salyası/Müsilaj Oluşturan Sebepler. Ed. Prof. Dr. İzzet Öztürk, Prof. Dr. Mustafa Şeker. *Marmara Denizi'nin Ekolojisi: Deniz Salyası Oluşumu, Etkileri ve Çözüm Önerileri*. s. 87-104. 268s. ISBN 978-605-2249-73-4.
- Yüksek, A., Sur, H.I. (2010). First Observation of the Mucilage Formation in The Sea of Marmara in October 2007. Report of the Workshop on Algal and Jellyfish Blooms in the Mediterranean and Black Sea. İstanbul, Turkey, 6-8 October 2010; S9-10. GFCM: SAC13/2011/Inf.17.

Çözüm Önerileri Tablosu

Çözüm Önerileri	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)	Kısa Gerekçe
Habitat kayıplarının engellenmesine yönelik olarak sürdürülebilir balıkçılık ve ekosistem temelli balıkçılık yönetiminin hayata geçirilmesi	Kısa/Orta	<p>Avcılık baskısının azaltılabilmesi için öncelikle doğal kaynaklarımızın durumu tespit edilip, ona göre yönetim planı uygulamamız gerekir. Buna "Ekosistem Temelli Yönetim Planı" denir. Ancak denizimizdeki stokların baskılarını, biyolojik süreçlerini, avlanabilir durumlarını tayin edebilirsek "Sürdürülebilir Balıkçılık" için uygun yönetim planını çıkarabiliriz. Bunun için öncelikle küçük pelajik balık stoklarının Marmara Denizi'ndeki durumu belirlenip avlanabilir stok kriterlerinin ortaya konması gerekir (avlanabilir boy, avlanma sahası, avlanma miktarı, avlanma tekniği vb.). İkinci sırada etkilenen ortam; demersal ekosistemdir. Bu alandaki biyolojik çeşitlilikle ilgili bilgi eksiklikleri tamamlandıktan sonra, gerekli ekosistem restorasyonları ve avcılık yönetimi hazırlanarak acilen uygulanması gerekir.</p> <p>1- Pek çok balık türü ve larvası denizanası üzerinden beslenmelerinden dolayı, bu canlıların artışlarında bir baskı oluşturarak ekosistemi dengede tutarlar. Ne yazık ki Marmara Denizi'nde plankton üzerinden beslenen balık türleri üzerinde av baskısı çok yüksektir ve bu türler özellikle Gırgır Avcılığı ile sistemden çekilmektedir. Pelajik sistem üzerinde büyük baskı yaratan bu balıkçılık faaliyetinin Marmara Denizi'nde kontrol altında tutulması çok önemlidir. Fakat gıda talepleri göz önüne alındığında bu her zaman uygulanabilir bir çözüm önerisi değildir. Bu nedenle bu avcılık grubuna ek denetimler ve uygulamalar getirilmelidir. Örneğin tekne boy ve güçlerinin düşürülmesi, küçük pelajiklerde av boylarının büyütülmesi, avcılığa yasak alanların artırılması, yüksek cezalar uygulanması gibi önlemler acilen yürürlüğe konmalıdır.</p> <p>2) Su ürünleri (Midye) yetiştiriciliği ile doğal sistemler desteklenmeli,</p> <p>3) Hedef av dışı avcılık kontrolü yapılmalı,</p> <p>4) Balıkçılık yönetiminde önemli düzenlemeler gözden geçirilmeli (Av mevsiminin daraltılması, kota konulması, Marmara'da av kayıtlarının düzenli tutulması)</p> <p>5) Önemli habitat alanları, yumurtlama alanları, Boğaz sistemleri ve Körfez içleri her türlü profesyonel balıkçılık faaliyetlerinden korunmalı.</p>

Doğal resif alanları belirlenerek koruma altına alınması	Orta/Uzun	Marmara Denizi'nde Prens Adaları ile Marmara Adaları çevresi başta olmak üzere çok zengin doğal resif alanı mevcuttur. Bu alanların belirlenmesi ve uygun koruma statüsüyle korunmaya alınması, Marmara Denizi biyoçeşitliliğinin restorasyonu açısından hayati önem arz etmektedir.
Hayalet ağların temizlenmesi	Kısa/Orta/Uzun	Hayalet ağlar canlıların barınma ve beslenme gibi davranışlarını olumsuz etkileyerek, göç yollarının bozulmasına, genel anlamda habitatlarının parçalanmasına veya yok olmasına sebep olmaktadır. Denizel habitatların üzerini kaplayıp ışık ve oksijen geçirgenliğini azaltarak deniz çayırları, mercan resifleri gibi habitatların yaşamını tehdit ederken bir yandan da mikro plastik kirliliğine neden olmaktadır. Bu durum denizlerdeki biyoçeşitliliği olumsuz etkilediği gibi geçimini balıkçılıktan sağlayanları da etkilemektedir.
Teknelerin çapa atma bölgelerini belirlemek için çalışmalar yapılması	Kısa/Orta/Uzun	Teknelerin çapa atması ve taraması sonucu deniz çayırları önemli bir zarar görmektedir.
Alternatif balıkçılık aletleri geliştirilmesi	Kısa/Orta/Uzun	Özellikle algarna, trol gibi balıkçılık aletleri dibi tarayarak habitata zarar vermekte, özellikle deniz çayırlarını kökten kopararak onları yok etmektedir.

Hedef Başlığı

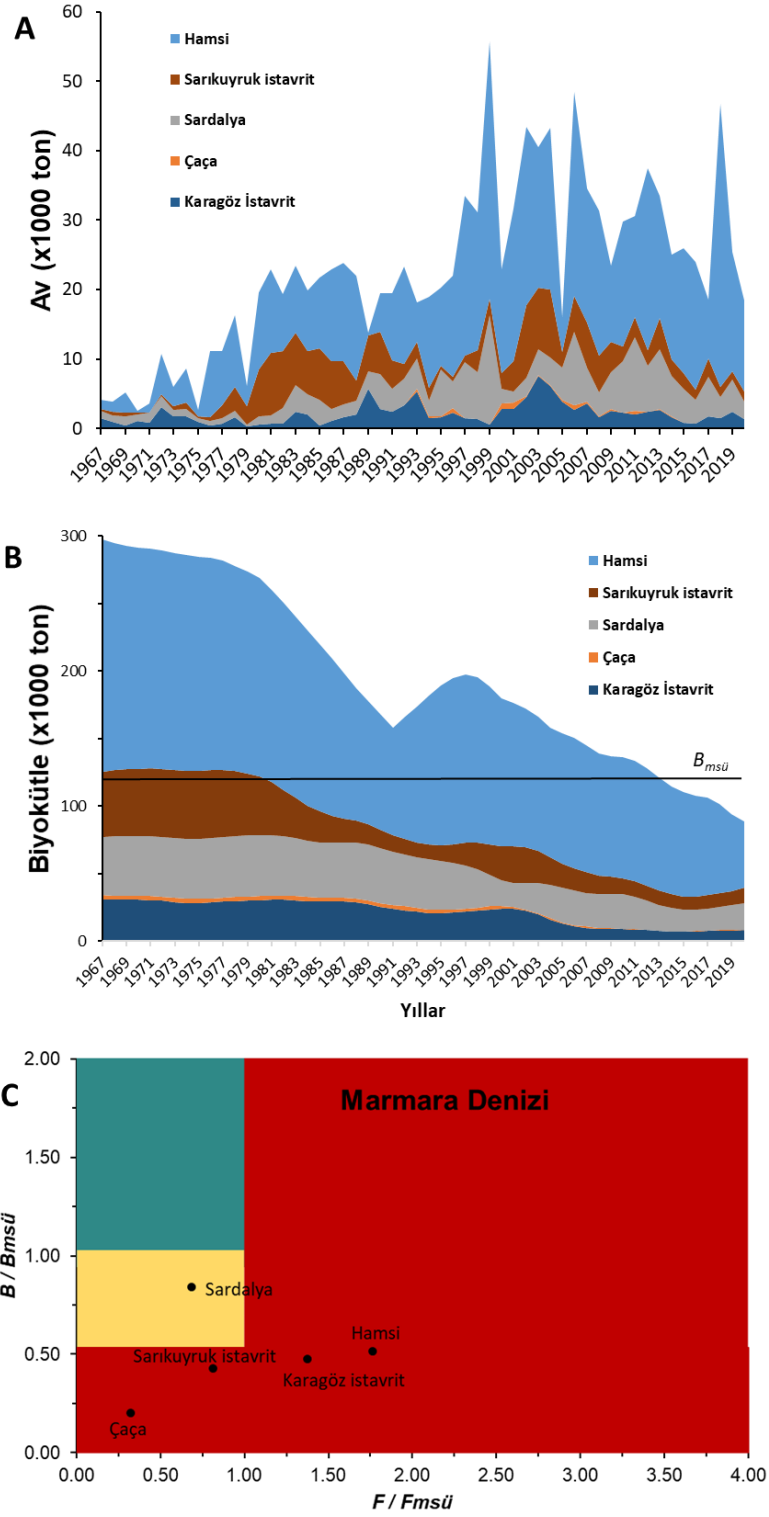
- **Küçük pelajik balık avlanabilir stoklarının belirlenmesi ve sürdürülebilir yönetimi**

Mevcut Durum Tanımlanması:

Türkiye İstatistik Kurumu, 2020 yılı avlanan deniz balıkları istatistiklerine göre; hem Türkiye balıkçılığı hem Marmara Denizi balıkçılığı av verimi açısından pelajik türler tarafından domine edilmektedir. Hamsi, istavrit ve sardalya balıklarının toplam av miktarı, Türkiye için 2020 yılı içerisinde yakalanan tüm deniz balıkları av miktarının yaklaşık %63'ünü, Marmara Denizi için %71'ini oluşturmaktadır (TÜİK, 2021).

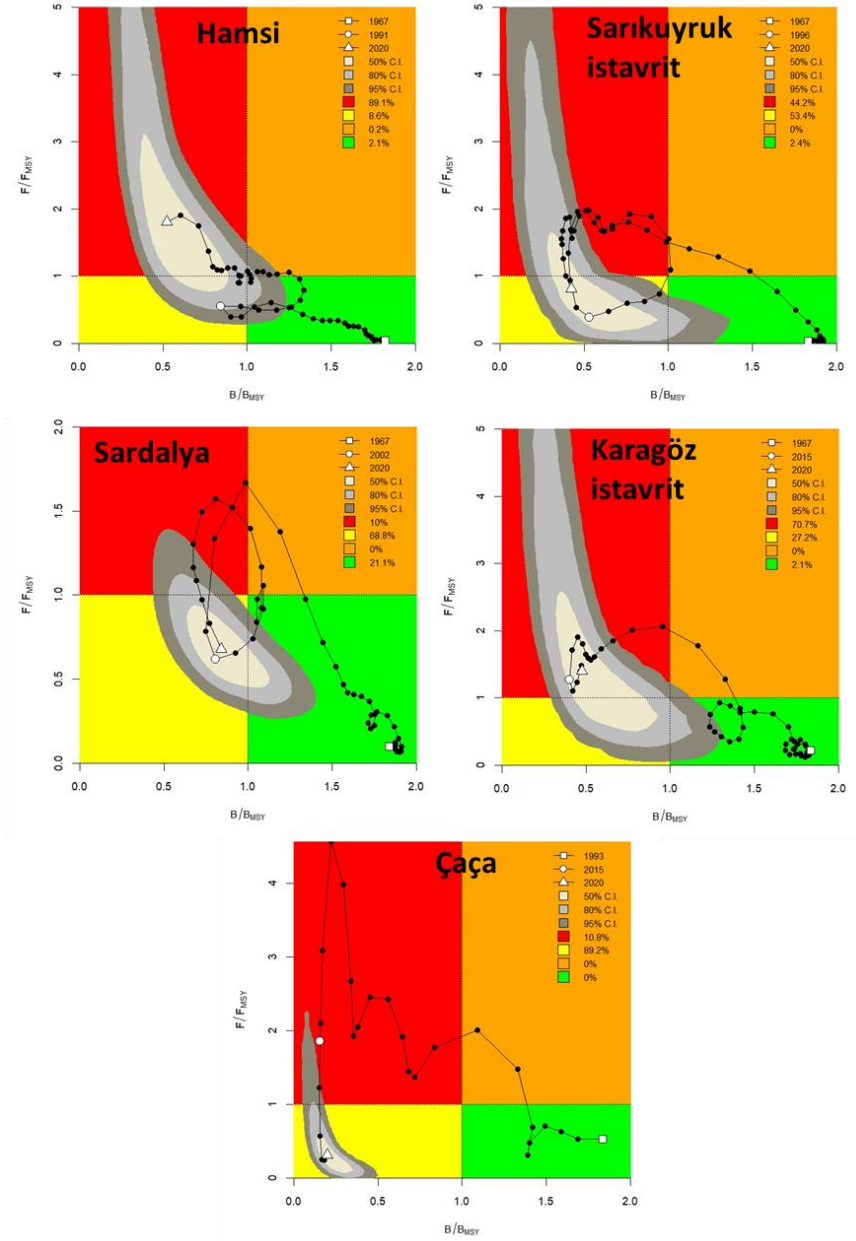
Ülkemizde, balık stoklarına dair kısıtlı veri setlerinin stok değerlendirmede etkin olarak kullanımına dair yöntem eksikliği bulunmaktadır. Bugüne kadar yapılan kapsamlı stok çalışmaları, uzun süreli izlemeye dayalı maliyeti yüksek ve yoğun çaba gerektiren araştırmalar olduğu için, araştırmacıların balıkçılık yönetimi üzerine yoğunlaşması sınırlanmakta ve ne yazık ki ülkemizde bu çalışmalar gerçekleştirilememektedir. Oysa Türkiye'de uygulanan balıkçılık politikasındaki eksiklikler ve aksaklıklar, ülkemizde stok çalışmalarının aciliyetini ortaya koymakta ve temel verilerle sürdürülebilirlik düzeyi modelleri üzerinde çalışılarak balıkçılık yönetiminin oluşturulmasına duyulan ihtiyacı da gözler önüne sermektedir. Yetkin stok değerlendirme çalışmalarına duyulan ihtiyaca karşın, stok değerlendirme için gerekli ayrıntılı veri setlerinin eksikliği, dünyada da önemli bir sorundur ve uzun yıllardır pek çok balıkçılık araştırmacısı kısıtlı veri setleri ile stok durumunu tahmin edebilmek için modelleme çalışmaları üzerine çalışmaktadır. Ülkemizde de tüm denizlerimizde bulunan 54 balık stoğu böyle bir modelleme çalışmasıyla incelenmiş ve stok durumu ile ileriye dönük senaryolar ortaya konmuştur (Demirel vd., 2020).

TÜİK 2020 yılı Marmara Denizi deniz balığı avcılık verileri eklenerek güncellenen av verisiyle yeniden çalıştırılan bu stok değerlendirme modeliyle (CMSY), (Froese vd., 2017), hamsi, sardalya, çaça, karagöz istavrit ve sarıkuyruk istavrit balıklarının stok durumu araştırılmıştır. Av verisi 1967-2020 yılları arasını kapsayacak şekilde hazırlanmıştır (Şekil 18A). Stok değerlendirme modeli (CMSY) sonuçlarına göre küçük pelajiklerin biyokütle miktarında ciddi düşüşler gözlenmiştir. En güçlü dalgalanmalar ve sert düşüşler, Marmara Denizi'nin iki baskın türü hamsi ve sarıkuyruk istavrit balığında görülmektedir (Şekil 18B). Karagöz istavrit ve sardalya balıkları 2000'lerin ortasına kadar biyokütle açısından iyi durumdayken bu tarihle birlikte düşüş eğilimine geçtiği bulunmuştur. Avrupa Birliği Deniz Strateji Çerçeve Direktifinde (DSÇD) yer alan sağlıklı stok tanımlanması ve İyi Çevre Durumu (İÇD) sınıflamasına göre burada kullanılan iki önemli kriter vardır: 1) Biyokütle miktarının (B), maksimum sürdürülebilir biyokütle (BMSÜ) değerine eşit veya büyük olması ($B/Bmsü=1$) ve 2) Balıkçılık kaynaklı mevcut ölüm oranının (F), maksimum sürdürülebilir balıkçılıktan kaynaklı ölüm oranına ($Fmsü$) eşit veya az olması ($F/Fmsü=1$). Stok modeli sonuçlarına göre Marmara Denizi'nde sardalya balığı "orta" düzeyde stok durumuna sahip bulunmuş, diğer türler ise "kötü" kategoride yer almıştır (Şekil 18C). Özellikle hamsi ve karagöz istavrit üzerindeki balıkçılık baskısı çok yüksek bulunurken, çaça balığı biyokütlesinin son 5 yıldır ciddi oranda düştüğü ve av verecek balığın ortamda bulunmadığı söylenebilir. $B/Bmsü$ oranının 0,5 değerinin altına düşmesi stok için güvenli biyolojik sınırların aşıldığına işaret eder, yani stok bir sonraki yıl için üreme yapacak yeterli bireye sahip değildir ve stoğa katılım düşük olacağı için ileriki yıllarda biyokütle değerleri de ciddi olarak düşecektir. Bu durumun acil ve yegâne çözümü; balıkçılık baskısının azaltılması, stoğun üreme ve stoğa katılım yapmasını sağlayacak önlemlerin alınmasıdır.



Şekil 18. A) Marmara Denizi'nde avlanan küçük pelajik balıkların 1967-2020 yılları arasındaki av miktarları (TÜİK, 2021). B) Stok değerlendirme modeli (CMSY) sonuçlarına göre küçük pelajik balıkların biyokütle değerlerinin 1967-2020 arasındaki değişimi. C) CMSY analizine göre 2020 yılında Marmara Denizi'ndeki küçük pelajik türlerin stok durumu. Renk sınıflaması, AB - İyî Çevre Durumu kriterlerine göre yapılmıştır. Kırmızı alan "çok kötü", sarı alan "orta", yeşil alan ise "iyî" durum göstergesidir.

Küçük pelajik balık popülasyonlarındaki dalgalanmalar, besin ağındaki trofik kontrol üzerinde belirgin değişikliğe yol açar. Bu canlılar, sürü oluşturma, kısa veya uzun göçlerle sürekli hareket halinde olma, kısa yaşam süresi ve yüksek yumurta verimliliği sayesinde çok yüksek bolluk değerlerine ulaşabilmeleri, çevresel değişimlere oldukça hassas olmaları ve hızlı tepki vermeleriyle karakterizedirler. Marmara Denizi'nde küçük pelajiklerin 1967-2020 arasında stok durumlarının nasıl olduğunu gösteren KOBE grafikleri, her bir tür için kırılmaların ne zaman gerçekleştiği ve stoklar alarm vermeye başladıktan sonra balıkçılık yönetimindeki eksikler nedeniyle stokların "iyi" halden "kötü" ve hatta "çökmüş" stok durum kategorilerine nasıl geçtiği izlenebilir (Şekil 19).



Şekil 19. Marmara Denizi'nde bulunan küçük pelajik balıkların 1967-2020 yılları arasındaki stok durumu göstergelerinin değişimi. Renk sınıflaması, AB - İyi Çevre Statüsü kriterlerine göre yapılmıştır. Kırmızı alan "çok kötü", sarı alan "orta", yeşil alan ise "iyi" durum göstergesidir.

Marmara Denizi, Karadeniz gibi, denizanası artışlarından ekolojik ve ekonomik boyutlarda etkilenmektedir. *Mnemiopsis leidyi* istilasının 1990'lı yıllarda Karadeniz'de gösterdiği etki, düzeyi daha düşük olsa da Marmara Denizi'nde de yaşanmış (Yüksek vd., 2002), ancak trofik ilişkiler ve pelajik besin ağının yapısı üzerine mevcut çalışmaların yetersizliği nedeniyle istilanın etki düzeyi belirlenememiştir. Şekil 19'da görüldüğü üzere, hamsi stokları Marmara Denizi'nde ilk olarak bu dönemde düşüş göstermiş, ilerleyen yıllarda ise hep stok biyokütlesi azalmaya devam etmiştir. Marmara Denizi'nde 2000'li yılların başından beri denizanalarının gerek çeşitlilik gerek bolluk açısından aşırı artışlarının (İşinibilir vd., 2010, 2015, 2021, 2022; Yüksek ve Sur, 2010) zooplankton üzerinde oluşturduğu etki (İşinibilir, 2011, 2012; Yılmaz, 2015) ve bu etkinin müsilaj oluşumuyla (İşinibilir, 2014; Yılmaz, 2015) ilişkisi incelenmelidir.

Kasım 2020 tarihinden itibaren Marmara Denizi'nin her tarafından müsilaja bağlı balıkçı şikayetleri gelmeye başlamış; Şubat-Mart 2021 tarihi itibarıyla Marmara Denizi'nin kuzey bölgelerinde balıkçılar yoğun "salya" oluşumu olduğunu ve ağ atamadıklarını bildirmişlerdir (Anadolu Ajansı <https://www.aa.com.tr/tr/yasam/deniz-salyasi-tekirdagli-balikcilara-paydos-ettirdi-/1726309>). Özellikle 2021 yılı başlangıcından itibaren Marmara Denizi'nin hemen hemen her noktasında gözlemlenen yoğun müsilaj olayının pelajik balıkların stok durumunu ne düzeyde etkilediği henüz bilinmemektedir.

Sonuç olarak, Marmara Denizi'nde küçük pelajikler üzerindeki balıkçılık baskısının azaltılması gerekmektedir. Bu stokların düşüşü besin zincirinin üst basamağındaki lüfer palamut, tuna, kılıç, yunus gibi avcıları etkilediği gibi alt basamaklardaki zooplankton ve fitoplankton kompozisyonlarını da etkileyerek pelajik sistemde bir dizi değişime yol açmıştır ve açmaya devam edecektir. Yapılan olası balıkçılık senaryosu çalışmasına göre, balıkçılık baskısının %60 oranında azaltılması, Marmara Denizi'ndeki balık stoklarının 10 yıl içinde mevcut kötü stok durumundan, orta-iyi düzeye çıkabileceğini göstermektedir (Demirel vd., 2020).

Kaynaklar

- Demirel, N., Zengin, M., Ulman, A. (2020). First large-scale Eastern Mediterranean and Black Sea stock assessment reveals a dramatic decline. *Frontiers in Marine Sciences*, 7: 103. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00103>
- Froese, R., Demirel, N., Coro, G., Kleisner K., Winker, H. 2017. Estimating fisheries reference points from catch and resilience. *Fish and Fisheries*, 18: 506-526.
- İşinibilir, M., I. N. Yılmaz and S. Piraino (2010). "New contributions to the jellyfish fauna of the Marmara Sea." *Italian Journal of Zoology* 77(2): 179-185.
- İşinibilir, M. (2011). Distribution of gelatinous zooplankton in the southern Marmara Sea during 2006-2007. First National Workshop on Jellyfish and Other Gelatinous Species in Turkish Marine Waters, 20-21 Mayıs 2011, Bodrum, Turkey.
- İşinibilir, M. (2012). "The seasonal occurrence and abundance of gelatinous macrozooplankton in Izmit Bay (the northeastern Marmara Sea)." *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment* 18(2): 155-176.
- İşinibilir, M. (2014). Changes in jellyfish populations during mucilage event in Izmit Bay (the northeastern Marmara Sea). ICES Annual Science Conference 2014: Sustainability in a Changing Ocean.
- İşinibilir, M. (2015). Distribution of *Chrysaora hysoscella* (Linnaeus, 1767) in the Marmara Sea. ASLO 2015 Aquatic Sciences Meeting: Aquatic sciences: Global and regional perspectives – north meets south, Granada, İspanya, 22 - 27 Şubat 2015, ss.97

İşinibilir, M., E. Yüksel and C. Dalyan (2021). "First record of *Cotylorhiza tuberculata* (Macri, 1778) from the Sea of Marmara." *Aquatic Sciences and Engineering* 36(1): 38-41.

İşinibilir, M., Yüksel, E., Türkeri, E., Doğan, O., Karakulak, S., Uzer, U., Dalyan, C., Furfaro, G., Piraino, S. (2022). New additions to the jellyfish fauna of the Marmara Sea. *Aquatic Sciences and Engineering*, 37(1): 53-57.

TÜİK (2021). Su Ürünleri İstatistikleri. www.tuik.gov.tr

Yılmaz, I. N. (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.org/10.1111/maec.12166

Yüksek, A., Sur, H.I. (2010). First Observation of the Mucilage Formation in The Sea of Marmara in October 2007. Report of the Workshop on Algal and Jellyfish Blooms in the Mediterranean and Black Sea. İstanbul, Turkey, 6-8 October 2010; S9-10. GFCM: SAC13/2011/Inf.17

Yüksek, A., Yılmaz, N., Okuş, E., Uysal, Z., Shmeleva, A. A., Gubanova, A. D., Altukhov, D., Polat-Beken, S. C. (2002). "Spatio-temporal variations in zooplankton communities and influence of environmental factors on them in SW Black Sea and the Sea of Marmara". *Oceanography of the Eastern Mediterranean and the Black Sea—Similarities and differences of two interconnected basins*, 774-784.

Çözüm Önerileri Tablosu

Çözüm Önerileri	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)	Kısa Gerekçe
Pelajik balıklar için eksik olan popülasyon bilgilerinin giderilmesi	Kısa	Marmara Denizi'nde bulunan popülasyonların stok durumlarının belirlenmesi, üreme ve büyüme popülasyon parametrelerinin belirlenmesi önem arz etmektedir.
Balıkçılık yönetiminin tekrar düzenlenmesi	Kısa	Avlanma boyu, miktarı ve alanı konusunda yeni düzenlemelerin oluşması gerekmektedir.
Pelajik balıklarda beslenme alışkanlıklarının belirlenmesi	Kısa	Pelajik besin ağının en önemli unsurlarından olan küçük pelajiklerin plankton üzerinden beslenme seçeneklerinin belirlenmesi faydalı olacaktır.
Denizanası artışlarının pelajik balık stokları ve balıkçılığı üzerine etkileriyle ilgili eksik bilgilerin giderilmesi	Orta/Uzun	Marmara Denizi'nde son yıllarda yoğun denizanası artışları olmaktadır. Bu artışların sonucunda aynı besin üzerinden beslenmeleri sebebiyle rekabet halinde oldukları ve yumurta ve larvalarını tükedikleri pelajik balık stokları üzerindeki etkileri ve balıkçılığın üzerine olan etkilerinin bilinmesi önem arz etmektedir.

Pelajik balık türlerine yönelik stok tahmini çalışmaları yapılması	Orta/Uzun	Ne kadar kaynağa sahip olduğu bilinmeden bu kaynakların etkin ve verimli işletilmesi mümkün değildir. Bu yüzden bilimsel çalışmalarda stok durumu riskli görülen türler öncelikli olmak üzere ticari balıkçıların hedef türü olan bütün balıklar için stok tahmini çalışmaları yapılmalıdır.
Göç eden balıkların küçük pelajik balık stoklarıyla ilişkisinin tanımlanması	Orta/Uzun	Lüfer, palamut, uskumru gibi yoğun av baskısına maruz kalarak göç eden türler hayatlarının belli dönemlerinde beslenme/kışlama/üreme amacıyla Marmara Denizi'nde bulunmaktadır. Çoğunluğu küçük pelajik balık stokları üzerinden beslenen bu türler ile küçük pelajik balık stokları arasındaki çok boyutlu ilişki net olarak bilinmemektedir. Bu da ekosistem esaslı balıkçılık yönetimine geçiş sürecinde alınacak kararların netliğini etkileyecektir. Bu yüzden ticari balıkçılığa konu göçücü balıklar ile küçük pelajik balık stokları arasındaki ilişki belirlenmelidir.
Pelajik balık avcılığında kullanılan av araçlarının seçiciliğinin artırılması	Kısa/Orta	Küçük pelajik balıklar yoğun olarak gırgır gibi çevirme ağlarla avlanmaktadır. Bu ağların seçiciliği avcılık tekniğinin doğası gereği düşüktür. Seçiciliği artırılmış avcılık teknikleri üzerinde araştırmalar yapılarak, bu av araçlarının seçiciliklerinin artırılması, küçük pelajik stokların etkin yönetimi için gereklidir.
Zararlı denizel alg artışları ve müsilaj oluşumunun pelajik balıklarının, özellikle de larvaların beslenme alışkanlıklarını nasıl etkilediğinin araştırılması	Orta/Uzun	Küçük pelajik balıklar besin olarak zooplankton üzerinden beslenmektedir. Müsilaj esnasında azalan zooplankton miktarının bu balıkların (özellikle larvalarının) beslenme alışkanlıklarını etkilediği ve buna bağlı olarak gelişimini nasıl etkilediğinin belirlenmesi faydalı olacaktır.

MÜSİLAJIN OLUŞUM MEKANİZMALARININ ORTAYA ÇIKARILMASI/MÜSİLAJİ TETİKLEYEN FAKTÖRLERİN AÇIĞA ÇIKARILMASI

Hedef Başlığı

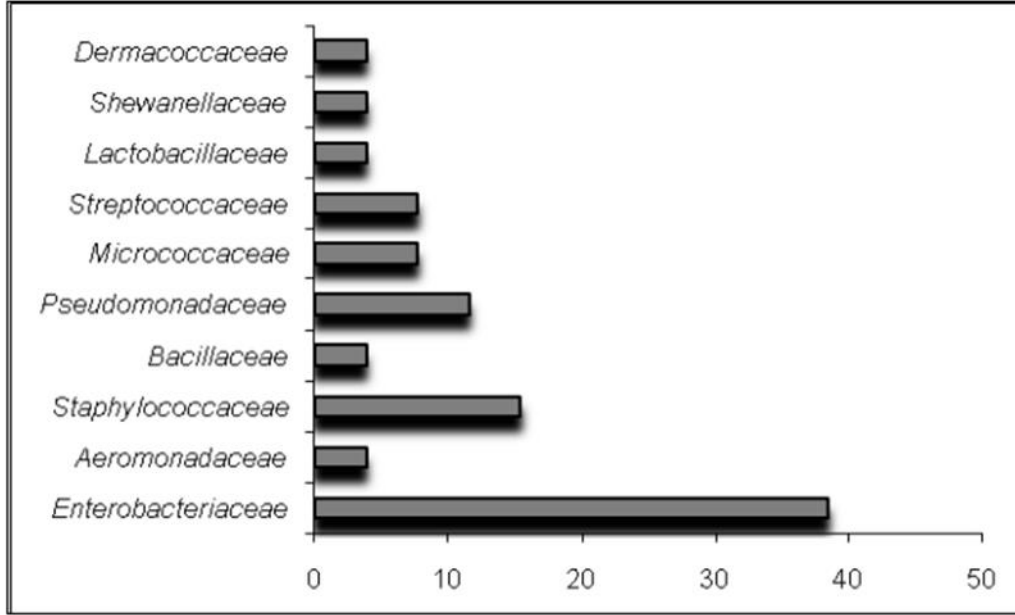
- ***Marmara denizi besin ağı, biyoçeşitliliği ve ekosistem dayanıklılığının azalması, algler, bakteriler, yabancı ve fırsatçı türlerin yayılışı ile müsilaj oluşumu arasındaki ilişkilerin açığa çıkarılması***

Mevcut Durum Tanımlanması:

Bakterilerin substratlara karşı reaksiyonları ve bakteriyel metabolik aktivasyon düzeylerine yönelik veriler, Türkiye denizlerinde bakteriyel oluşumların çevresel faktörlere maruz kalış şekline göre karakterize olmuştur. Kıyusal alanlarda karbonhidrat metabolizması ile ilgili enzimleri üreten ayrıca lipolitik ve proteolitik enzim aktivitesine sahip Bacilli, Gammaproteobacteria, Alphaproteobacteria, Betaproteobacteria, Actinobacteria, Flavobacteria ve Sphingobacteria sınıflarına ait izolatların yüksek düzeyde bulunması karasal kaynaklı insan aktivitesinin kıyusal alanlarda baskısının bakteri metabolizmasına bağlı olarak tanımlanabileceğini göstermiştir. 2000-2016 yılları arasında Türkiye denizlerinden izole edilen bakterilerin enzim profillerine bağlı metabolik özellikleri bakımından karşılaştırılmasının yapıldığı çalışmada deniz alanlarımızın bakteriyel karakterleri karşılaştırılmış ve coğrafik alanlara göre ekosistem fonksiyonlarına yönelik veriler sunulmuştur (Altuğ vd., 2020a). Bakteriyel metabolik aktivite oranının yüksek bulunduğu denizel alanların ortamdaki besin elementlerinin artışı ile ilişkili olduğu bilinmektedir. Bu durum Marmara Denizi ve İstanbul Boğazı'nda besin tuzları girdilerine bağlı olarak toplam aerobik heterotrofik bakteri sayısının diğer istasyonlara göre daha fazla olduğunu, heterotrofik bakteri artışının da (bakteriyel metabolik aktivite verileri ile gösterilerek) aktivite frekansını artırdığını göstermiştir. Tüm alanlarda izolatların %28'i Bacilli ve Gammaproteobacteria sınıfına ait bulunurken, bunu %16 ile Alphaproteobacteria ve Betaproteobacteria sınıfı izlemiştir. İzolatların % 6'sı Actinobacteria, % 3'ü Sphingobacteria ve % 3'ü Flavobacteria sınıfına ait bulunmuştur. En sık rastlanan bakteri izolatlarının Enterobacteriaceae (% 62) familyasına ait olması çalışma alanlarının evsel ve endüstriyel kaynaklı kirlilik baskısı altında olduğunu göstermiştir. Ayrıca Bacillaceae (% 60), Staphylococcaceae (% 36) ve Pseudomonaceae (% 21) familyalarına ait türler de sık rastlanan bakteri familyaları olarak kaydedilmiştir (Altuğ vd., 2016, 2020a).

Marmara Denizi bakteriyolojik çeşitliliğinin Kuzey Ege Denizi ile karşılaştırıldığı çalışmada (Tablo 13) karasal kaynaklı girdilere bağlı olarak Gama Proteobacteria grubu bakterilerin Marmara Denizi'nde baskın olması sekresyon kapasitesi yüksek doğal ortam bakterileri arasında olan Bacilli türlerinin Kuzey Ege Denizi'nde daha fazla olması müsilaj gibi çözünmeden kalan organik maddelerin birikimi açısından Marmara Denizi'nin bakteriyolojik kompozisyonunun ekosistem sürdürülebilirliği açısından daha kırılgan olduğunu göstermektedir (Altuğ vd., 2013). Marmara Denizi'nden izole edilen bakterilerin metabolik özellikleri de benzer şekilde Kuzey Ege Denizi'nden farklılıklar göstermekte; protein, karbonhidrat ve lipit katabolizmasına yönelik substratlara pozitif reaksiyon veren bakterilerin Marmara Denizi'nde daha fazla oranda gözlenmesi organik madde artışına maruz kaldıklarına işaret etmektedir (Altuğ vd., 2013; Altuğ vd., 2020b). Bandırma ve Erdek Körfezi başta olmak üzere Marmara Denizi güneyinde tespit edilen baskın bakterilerin Gram negatif patojen

bakterilerin bulunduğu karasal kaynaklı etkilere işaret eden Enterobacteriaceae üyesi bakterilerden oluştuğu tespit edilmiştir (Şekil 20).

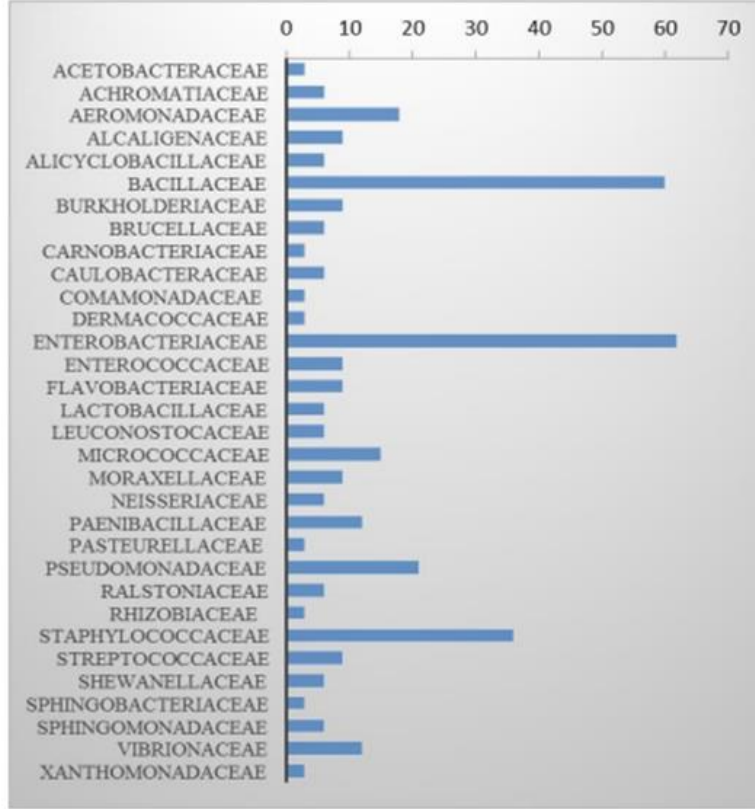


Şekil 20. Güney Marmara Denizi (Bandırma Körfezi Mola Adası, Bandırma Körfezi içi, Kapıdağ, Kapıdağ Yarımadası-Güneyli, Erdek Körfezi-Narlı, Erdek Körfezi, Erdek Körfezi-Gönen, Çanakkale Boğazı Girişi) yüzey sularında (0-30 cm) kültür edilebilir bakterilerin dağılımı (Altuğ vd., 2010a)

Marmara Denizi'ne farklı denizel alanlardan gelen gemilerin balast tanklarında tespit edilen patojen bakteri varlığı, gemi balast suları ile taşınan bakteri izolatlarının horizontal gen transferi için uygun ortamlar olan balast tanklarından denizlere ulaşması ekosistem döngülerinde yer alan doğal ortam bakterileri yerine dirençli ve patojen bakterilerin baskın hale gelmesi ile ekosistem dayanıklılığının azalması bakımından kritik öneme sahiptir (Altuğ vd., 2012).

Türkiye denizlerinde yapılan çalışmalarda kültür edilebilir bakterilerin dağılımı incelendiğinde (Şekil 21) Marmara Denizi'nde gözlemlendiği gibi Enterobacteriaceae üyelerinin ağırlıkta olması diğer denizel alanlarımız için de ekosistem dayanıklılığının azalmasını önleyecek tedbirlerin alınmasının önemi görülmekte ve sağlıklı bakteriyolojik flora için ekosistem bütünlüğünün korunmasına yönelik çözümler üretilmesi ihtiyacı ortaya çıkmaktadır (Altuğ vd., 2016).

Müsilaj benzeri oluşumların görüldüğü dönemlerde tespit edilen heterotrofik bakteri ve yüksek indikatör bakteri düzeyleri müsilaj oluşumunun bakteri varlığı üzerinde ekosistem aleyhine dağılımını değiştirebileceğini göstermektedir (Altuğ vd., 2010b; Altuğ vd., 2021).



Şekil 21. Türkiye denizlerinde tespit edilen kültür edilebilir bakteri türlerinin ait olduğu familyaların dağılımı (Altuğ vd., 2016).

2008 yılı Ekim ve Kasım aylarında ve Mart 2010'da Marmara Denizi'nde görülen müsilajdan ve müsilajı çevreleyen alandan alınan deniz suyu örneklerinde heterotrofik bolluk, bakteriyel metabolik aktivite ve çözülmüş karbonhidrat verileri müsilaj oluşumunda bakteriyel roller olarak ilişkilendirildiğinde müsilaj örneğinde ortalama 47,16 mg/L bulunan çözülmüş karbonhidrat oranının çevresindeki deniz suyunda ortalama 2,34 mg/L, referans istasyonda 1,01 mg/L olarak bulunduğu heterotrofik bakteri bolluğunun müsilaj örneğinde $2,7 \times 10^{10}$ CFU/100 mL referans istasyonda 1×10^5 CFU/100 mL olduğu bildirilmiştir (Altuğ vd., 2010). Bakteriyel metabolik aktivite müsilaj örneğinde % 77 bulunurken, referans deniz suyu örneğinde % 22 olarak kaydedilmiştir. Bu durum müsilaj süresince bakteri aktivasyonunu etkileyecek sıradışı koşulların oluştuğunu göstermektedir (Altuğ vd., 2010b). Bu ilişkilerin toplam mikrozooplankton, fitoplankton ve bakteriyoplankton düzeylerini ortaya koyarak detaylandırılması zooplankton ve bakteri arasında olan besin rekabetinin fitoplanktonik artışlara eşlik eden bakteri türlerinin ve rastlanma sıklığının müsilaja bağlı değişimlerinin sadece yeni nesil analizlerle değil kültürel analizlerle de ortaya konması gerekmektedir.

Denizel müsilaj oluşumunda, genel olarak fitoplankton miktarında artışlar olduğu ve tür çeşitliliğinde azalma olduğu, müsilaj başlangıcında ve süresince ise bazı diatom ve dinoflagellat türlerinin sayılarında belirgin artışlar olduğu tespit edilmiştir (Tüfekçi vd., 2010; Taş vd., 2020). Deniz ekosistemi içerisindeki fitoplankton türleri arasında müsilaj oluşumuna katkı verdiği bilinen ve/veya müsilaj vakalarında yüksek miktarlarda tespit edilen bazı diatom ve dinoflagellat türleri ön plana çıkmaktadır. Bunlar arasında, *S. costatum*, *C. closterium*, *T. rotula* gibi diatomlar ve *G. fragilis* gibi dinoflagellat türleri Ekim 2007'deki Marmara Denizi müsilaj olayında da baskın türler olarak tespit edilmişlerdir (Tüfekçi vd., 2010; Taş vd., 2020).

Farklı araştırmacılar tarafından incelenen müsilaj olaylarında, süreç öncesinde, sırasında ve bitiminde fitoplankton topluluklarının kompozisyonlarında değişimlerden, türlerde farklılaşmalardan, ardıl oğalmalardan bahsedilmektedir (ztrk vd., 2021).

Yaz aylarında kuzey Adriyatik Denizi'nde gözlenen müsilaj olayları ile ilgili bir çalışmada, bahar aylarında denizel organik topaklanmaların göründüğü, yaz aylarında başlayan müsilaj hemen öncesinde ve başlangıcında yüksek miktarda primnesiofitlerin tespit edildiği; yaz ayları ile birlikte müsilajın belirgin hale geldiği, taze müsilajın fırsatçı diatomların büyümesi için uygun bir ortam oluşturduğu ve zamanla olgunlaşan/yaşlanan msilajında diatomların sayısının giderek arttığı kaydedilmiştir (Flander-Putrlle ve Malej, 2008). 2017-18'de Yunanistan-Selanik'te gözlenen aşırı fitoplankton artışları, Red-tide, ve müsilaj olayları sırasında fitoplankton türlerinde belirgin farklılaşmalar, ardıl çoğalmalar tespit edilmiştir. 2017 yılında, Mart ayında gözlenen kızıl gel-git sırasında dinoflagelat türlerinden *Noctiluca scintillans* ve *Spatulodinium pseudonociluca*, takip eden bahar-yaz döneminde gözlenen fitoplankton aşırı artışlarında diatomlardan *Cylindrotheca closterium*, *Chaetoceros spp.*, *Leptocylindrus minimus*, *Leptocylindrus danicus*, *Skeletonema costatum*, Haziran ayında gözlenen müsilaj vakasında diatomlardan *C. closterium*, *Chaetoceros spp.*, *L. minimus*, *L. danicus*, *S. costatum*, *Phaeocystis sp.*, ve dinoflagellat türü *Gonyaulax cf. fragilis*, Aralık ayındaki red-tide olaylarında *Mesodinium rubrum*, ve 2018 Ocak-şubat dönemindeki fitoplankton patlamasında diatomlardan *Chaetoceros tenuissimus* ve *S. costatum* baskın tür olarak ya da yüksek miktarlarda tespit edilmiştir (Genitsaris vd., 2019). Fitoplankton topluluğu içinde müsilaj oluşumuna neden olan diatom ve dinoflagellat türlerinin müsilaj vakası öncesinde de var olduğu, bahar aylarının (Mart-Mayıs) müsilaj için inkübasyon süreci oluşturduğu ve gözlenen müsilaj olayının Selanik koyuna özgü meteorolojik ve oşinografik koşullar ile koyda organik madde birikiminin birleşik etkisi sonucu ortaya çıktığı kaydedilmiştir (ztrk vd., 2021).

Denizel sistemlere dışardan gelen besin tuzu girdilerinin birincil üretimi ve plankton çoğalmasını tetikleme potansiyeli nedeniyle önem taşıdığı, bu dış kaynaklardan birinin de atmosferik taşınımlar olduğu ve bunların özellikle kıyı bölgeleri için yeni besin maddesi kaynakları oluşturduğu kaydedilmektedir (ztrk vd., 2021). Akdeniz Havzası'na yoğun şekilde ulaşan Sahra tozunun esas olarak silikatın yanı sıra azot ve fosfor bileşenleri de içerdiği belirtilmektedir. Sahra kaynaklı tozun Akdeniz'e ulaşması ile özellikle su kolonunda tabakalaşmanın olduğu dönemlerde, atmosferik taşınım ve depozitlerin bir çeşit gübreleme etkisi yarattığı ve denizdeki planktonik mikroorganizmaların çoğalmasını teşvik ettiği belirlenmiştir (Marin vd., 2017). Bu bağlamda, tüm Akdeniz Havzası'na benzer şekilde ülkemizin ve Marmara Bölgesi'nin aralıklarla tecrübe ettiği Sahra tozu fırtınalarının ve bunlarla gelen atmosferik taşınımların, Marmara Denizi'nin inorganik besin tuzu (azot, fosfor, silikat, vb.) içerikleri üzerine olası etkileri ve dolayısıyla Marmara Denizi ekosisteminde birincil üretim artması, fitoplankton çoğalması, aşırı alg artışları ve denizel müsilaj olayları ile olası etkileşimleri de incelenmeye değer görünmektedir (ztrk vd., 2021).

Özellikle Adriyatik Denizi'nde yapılan çalışmalar müsilaj oluşumunun kış aylarında deniz karları ile başladığını işaret etmiştir. Deniz karlarının biyolojik komünitesi polisakkarit salgılamaya devam etmekte, bu jelimsi yapı çeşitli katyonlarla, organik ve inorganik partiküllerle etkileşime girerek daha stabil hale gelmektedir (Turk vd., 2010). Haftalar süren dönüşümlerle bu yapılar metrelerce uzunluktaki müsilaj oluşumuna neden olabilmektedir. Arazi alışmaları müsilaj oluşumundan sorumlu canlı gruplarının fitoplankton, makroalgler ve bakteriler olabileceğini ortaya koymuştur (Pistocchi vd., 2005). Büyük ölçekte etkili olan çevresel koşulların bu organizma grupları üzerinde stres oluşturabileceği ve müsilaj oluşumunu tetikleyebileceği düşünülmektedir (Urbani vd., 2005). Gerek laboratuvar gerekse

saha çalışmaları müsilajı oluşturan temel faktörlerden birinin yüksek N/P oranı olduğunu işaret etmektedir. Ayrıca geniş müsilaj oluşumları ılıman kışları takiben sıcak bahar ve yaz aylarında görülmüştür (Ricci vd., 2014).

Marmara Denizi'nde 2008 ve 2021 yıllarında geniş ölçekli görülen müsilaj olaylarının oluşum mekanizmasının aydınlatılması için daha çok bilimsel çalışmaya ihtiyaç vardır. Bu doğrultuda Marmara Denizi'nde bütüncül bir yaklaşımla uzun süreli ve sürekli izleme çalışmaları ile deniz suyunun fiziksel ve kimyasal bileşenleri ile tüm biyotik bileşenleri sık aralıklarla takip edilmelidir. Siyanobakterileri de içeren bakteriyoplankton toplulukları ile fitoplankton klasik mikrobiyolojik yöntemler yanında metagenomik yöntemlerle izlenmelidir. Burada uygun DNA izolasyon yöntemleri ve yüksek kapsayıcılığa sahip primerler kullanılarak ribozomal RNA küçük alt ünite genlerine dayalı yüksek çözünürlüklü ampikon dizileme yöntemlerinin tercih edilmesi faydalı olacaktır (Parada vd., 2016).

Ekosistemin tanımlanması ve modellerinin çalıştırılabilmesi için gereken yıllık ortalama toplam bakterioplankton, fitoplankton, zooplankton canlı biyokütleri, klorofil değerleri ve bölgelere göre değişkenlik gösteren önemli balık türlerinin yıllık ortalama biyokütle verisi ve beslenme tercihleri konusunda bilgi eksiklikleri olmasından dolayı, ekosistem modelleme çalışmaları ile sağlıklı besin ağı analizi yapılması oldukça güçtür.

Yukarıda da bahsedildiği gibi, Marmara Denizi son derece değişken bir sisteme sahiptir. Değişen fiziksel, kimyasal ve biyolojik koşullara göre türler arası etkileşim de değişmektedir. Sıcaklık artışına bağlı yeni türlerin sisteme girmesi ve yeni alanlarda baskınlık kurması (Doğan ve İşinibilir, 2016; İşinibilir vd., 2010, 2015, 2021, 2022), av baskısı sonucu plankton üstünden beslenen balık türlerinin yerini denizanalarının alması veya artan kirlilik yüküne dayanıklı toksik plankton türlerinin ani ve aşırı artışı gibi olaylar buna örnek olarak verilebilir (Aktan vd., 2008; Balkıs-Özdelice vd., 2021). Bu mekanizmanın iyi tanımlanması için iç denizimizdeki biyolojik değişkenlerin iyi bilinmesi gerekir.

Dünya'da farklı denizlerde meydana gelen müsilaj olaylarında farklı organizma grupları sorumlu tutulmuştur. Genel olarak müsilaj (deniz salyası, deniz karı); fazla besin tuzu bulunan güçlü tabakalaşmış sulara, uygun sıcaklık ve sakin havanın ve bazı diğer faktörlerin eşlik etmesi ile ortamda bulunan bazı fotosentetik canlıların birey sayısının aşırı artması, bunun sonucu olarak besin tuzlarının hızla tükenmesi, ardından gelen kitlesel ölümler ile hücre içeriğinde doğal olarak bulunan büyük şekerlerin (polisakkarit ve diğer hidrokarbonlar) dış ortama çıkması ile oluşan salya benzeri bir yapı olarak tanımlanabilir. Ayrıca biyofilm (polimer: protein, hücre dışı DNA ve polisakkarit) oluşturan bazı bakterilerin aşırı çoğalması ve fotosentetik canlıların ölümüne neden olan bazı patojen bakteri ve mantarların artışı diğer nedenler olarak gösterilebilir.

Tablo 13. Marmara Denizi ve Kuzey Ege Denizi Heterotrofik Bakteri Çeşitliliği (Altuğ vd., 2013)

Family	Species	Sampling areas						Phylum/Class
		1	2	3	4	5	6	
Enterobacteriaceae	* <i>Klebsiella pneumoniae</i> subsp. <i>pneumoniae</i> (Schroeter 1886), Trevisan 1887	+	-	-	-	+	+	Proteobacteria/ Gammaproteobacteria
	* <i>K. oxytoca</i> (Flügge 1886) Lautrop 1956	+	-	+	-	+	+	
	* <i>Citrobacter freundii</i>	+	-	+	-	+	+	
	* <i>Serratia fonticola</i> (Gavini et al. 1979)	+	-	+	+	+	+	
	<i>S. liquefaciens</i> (Grimes and Hennerty 1931) Bascomb et al. 1971	+	-	+	+	-	-	
	<i>Escherichia coli</i> (T. Escherich, 1885)	+	+	+	+	+	+	
	<i>Enterobacter cloacae</i> (Jordan 1890) Hormaeche and Edwards 1960	+	-	+	-	+	+	
	<i>E. sakazaki</i> (Farmer et. al., 1980)	+	-	+	-	+	+	
	<i>E. aerogenes</i> Hormaeche and Edwards 1960	+	-	+	-	-	-	
	* <i>Salmonella enterica</i> subsp. <i>arizonae</i> (Boorman 1957) Le Minor and Popoff 1987	+	-	+	-	-	-	
Pseudomonadaceae	<i>Pseudomonas luteola</i> Kodoma, et al. 1985	+	-	+	-	+	+	Firmicutes/ Bacilli
	* <i>P. putida</i> Trevisan, 1889	+	-	+	+	-	-	
Xanthomonadaceae	<i>P. aeruginosa</i> (Schroeter 1872) Migula 1900	+	-	+	+	-	-	Firmicutes/ Bacilli
	* <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> Palleroni and Bradbury 1993	+	-	+	-	+	+	
Shewanellaceae	* <i>Shewanella algae</i> Simidu et al. 1990	-	+	-	+	-	-	Proteobacteria/ Alphaproteobacteria
Brucellaceae	<i>S. putrefaciens</i> (Lee et al. 1981), MacDonell and Colwell 1986	+	-	+	-	+	+	
	* <i>Brucella melitensis</i> (Hughes 1893), Meyer and Shaw 1920	-	-	-	-	+	-	
Sphingomonadaceae	* <i>Sphingomonas paucimobilis</i> (Holmes et al. 1977), Yabuuchi et al. 1990	+	-	+	-	+	+	
Caulobacteraceae	* <i>Brevundimonas vesicularis</i> (Büsing et al. 1953) Segers et al. 1994	+	-	+	-	+	+	Firmicutes/ Bacilli
Aeromonadaceae	<i>Aeromonas hydrophila</i> (Chester, 1901) Stanier, 1943	+	-	+	-	+	+	
Alicyclobacillaceae	* <i>A. caviae</i> Eddy 1962, Popoff 1984	+	-	+	-	-	-	Firmicutes/ Bacilli
	* <i>Alicyclobacillus acidoterrestris</i> (Deinhard et al. 1988) Wisotzkey et al. 1992	+	-	+	-	+	+	
Bacillaceae	* <i>Bacillus cereus</i> Frankland and Frankland 1887	+	-	+	+	+	+	Firmicutes/ Bacilli
	* <i>B. mycoides</i> Flügge 1886	+	-	+	-	+	+	
Streptococcaceae	* <i>B. pumilus</i> Meyer and Gottheil 1901	+	-	+	-	+	+	Firmicutes/ Bacilli
	* <i>B. thuringiensis</i> Berliner 1915	+	-	+	-	+	+	
	* <i>Streptococcus pneumoniae</i> (Klein 1884) Chester 1901	+	-	+	-	-	+	
Staphylococcaceae	<i>E. faecalis</i> (Andrewes and Horder 1906) Schleifer and Kilpper-Balz 1984	+	-	+	-	+	+	Firmicutes/ Bacilli
	* <i>Staphylococcus hominis</i> Kloos and Schleifer 1975 emend. Kloos et al. 1998	-	+	-	+	-	-	
Noctuoidea	* <i>Virgibacillus pantothenicus</i> (Proom and Knight 1950) Heyndrickx et al. 1998	+	-	-	-	+	+	Bacteroidetes/ Flavobacteria
Flavobacteriaceae	* <i>Chryseobacterium indologenes</i> (Yabuuchi et al. 1983) Vandamme et al. 1994	+	-	+	-	+	+	
	Micrococcaceae	* <i>Micrococcus luteus</i> Lehmann and Neumann 1896	+	+	+	-	+	+
Alcaligenaceae		* <i>Alcaligenes faecalis</i> subsp. <i>faecalis</i> (King 1959) Kim et al. 2005	+	+	-	+	-	+
Gram-negative fermenting and nonfermenting bacteria	23	23	3	3	7	15	15	
Gram-positive cocci and nonspore-forming bacilli	4	3	2	2	0	2	3	
Spore-forming gram-positive bacilli	6	6	0	5	1	6	6	
Total number of species	33	30	5	27	9	23	24	

1: Northwestern part of the Sea of Marmara, 2: eastern part of the Sea of Marmara, 3: northeastern coastal areas of Istanbul, 4: western part of the Sea of Marmara, 5: southern coastal areas of Istanbul, 6: northern coastal areas of Istanbul. *First record for the Sea of Marmara.

ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü tarafından 2021 yılının Haziran, Temmuz ve Eylül aylarında gerçekleştirilen araştırma seferleri kapsamında, genetik teknikler kullanarak müsilajın yapısında bulunan prokaryotik (arkea ve bakteri) ve ökaryotik organizmaları (mantar, protist, bitki ve hayvan) belirlemek ve nisbi bolluklarını (relative abundance) tespit etmek için örneklemeler yapılmıştır. Ön analizler belirtilen organizma gruplarını tanımlamak için 16S ve ITS gen bölgelerinin Yeni Nesil Dizileme (YND) tekniği ile dizilenmesi ve biyoinformatik analizler ile içerisindeki tür çeşitliliğinin tespit edilmesi hedeflenmiştir. Bu bir ön çalışma niteliğindedir.

Müsilajın yapısında tuttuğu canlıların tespiti için gerçekleştirilen genetik analizler ile toplamda % 11'lik oranı ile protein ve polisakkarit gibi biyopolimerleri (müsilajı) parçalayan *Polaribacter*

cinsi bireylerin varlığını göstermiştir. Yine polisakkarit (müsilaj) parçalama yeteneği olan Verrucomicrobia (% 10,20) şubesi bireylerin varlığı ve aynı şubede yer alan ağır metal biyoremediyasyon potansiyeli olan (% 4 *Coralimargarita sinensis*) bakteriler tespit edilmiştir. Ayrıca % 7 bolluk ile tetradotoxin üreten *Pseudoalteromonas tetradonis* varlığı tespit edilmiştir.

Kaynaklar

Aktan, Y., Dede, A., Ciftci, P.S., (2008). Mucilage events associated with diatoms and dinoflagellates in Sea of Marmara, Turkey. Harmful Algae News, An IOC Newsletter on toxic algae and algal blooms, No: 36, p. 1.

Altuğ, G., Çardak, M., Çiftçi Türetken, P. S., & Gürün, S., (2010a). Marmara Denizi Bakteriyolojisi. Marmara Denizi 2010 Sempozyumu (pp.406-414). İstanbul, Turkey

Altuğ, G., Çardak, M., & Çiftçi Türetken, P. S., (2010b). Marmara Denizi'nde Müsilaj Oluşumu ve Bakteriyel Etkileşimler. Marmara Denizi 2010 Sempozyumu (pp.456-463). İstanbul, Turkey

Altuğ, G., Aktan Turan, Y., Oral, M., Topaloğlu, B., Dede, A., Keskin, Ç., İşinibilir Okyar, M. (2011). Biodiversity of the northern Aegean Sea and southern part of the Sea of Marmara, Turkey. Marine Biological Association of the United Kingdom, Marine Biodiversity Records, vol.4, 1-17.

Altuğ G., Gürün S., Çardak M., Çiftçi P.S., Kalkan S. (2012). Occurrence of Pathogenic Bacteria in Some Ships' Ballast Water Incoming from Various Marine Regions to The Sea of Marmara, Turkey", Mar Environ Res, 81.:35-42.

Altuğ, G., Çardak, M., Ciftci, P. S., & Gurun, S., (2013). First records and microgeographical variations of culturable heterotrophic bacteria in an inner sea (the Sea of Marmara) between the Mediterranean and the Black Sea, Turkey. Turkish Journal of Biology, vol.37, no.2, 184-190.

Altuğ G., Çiftçi Türetken, Gürün S., Kalkan S. (2016). Türkiye Denizlerinden İzole Edilen Bakterilerin Çeşitliliği, Türkiye Denizleri Bakterilerinin Biyoteknolojik Kullanımı Çalıştayı Bildiriler Kitabı Edit. G. Altuğ, S. 41-50. 20 Ekim 2016, İstanbul

Altuğ, G., Çardak, M., Gürün, S., Çiftçi Türetken, P. S., & Kalkan, S., (2017). Comparison of Geographical Distribution of Bacterial Species in Terms of Ecosystem and Public Health in Turkish Seas. International Congress of Health and Environment (pp.137). Adana, Turkey.

Altuğ, G., & Kalkan, S., (2017). Occurrence and Distribution of Bacillus Species in Turkish Marine Environments. 12th International Conference on Microbial Interaction and Applications of Beneficial Microbes (pp.42). Munich, Germany.

Altuğ, G., Çiftçi Türetken, P. S., Gürün, S., & Kalkan, S., (2018). Determination of the Composition of Heterotrophic Aerobic Bacteria Transported via The Kurbağalıdere River into the Sea of Marmara, Turkey. 2nd International UNIDOKAP Black Sea Symposium on Biodiversity (pp.164). Samsun, Turkey

Altuğ, G., Çardak, M., & Çiftçi Türetken, P. S., (2019a). Bacterial biodiversity in the Sea of Marmara. 1 st International Symposium on Biodiversity Research (pp.573). Çanakkale, Turkey

Altuğ, G., Türetken, P. S., Gurun, S., Kalkan, S., Tasova, Y. E., & Ozyalvac, M., (2019b). Bacterial Profiles Of The Mud Formations Observed From A Remotely Operated Vehicle (ROV) In The Deep Of The Canakkale Strait (Dardanelles), Turkey. F. Environmental Bulletin, vol.28, no.9, 6389-6399.

Altuğ, G., Uysal, Z., Kaçar, A., Yücel, N., Zeki, S., Çardak, M., Çiftçi Türetken, P. S. (2019c). Mikrobiyal Kirleticiler İzleme Kılavuzu. Deniz İzleme Kılavuzları (pp.1-32), Kocaeli: TÜBİTAK MAM Matbaası.

Altuğ, G., Çardak, M., Çiftçi Türetken, P. S., Gürün, S., & Kalkan, S., (2020a). Bacterial Roles in the Marine Ecosystem; A Sample Case of Turkish Marine Bacteria. Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences, vol.6, no.2, 217-230.

Altuğ, G., Kalkan, S., & Çiftçi Türetken, P. S., (2020b). The Occurrence of Caulobacteraceae Members in the Different Marine Regions of Turkey. 2nd International Symposium on Biodiversity Research, Rize, Turkey.

Altuğ G., Türetken P. S., Çiftçi Çardak M, Öztaş M. (2021). Bacterial Levels in Mucilage; Sample Case of Preliminary Study in İstanbul Province, the Sea of Marmara Chapter in: Ecology of the Marmara Sea: Formation and Interactions of Marine Mucilage, and Recommendations for Solutions Ed. M. Şeker, İ. Öztürk. pp.137-155 ISBN: 978-605-2249-73-4 DOI:10.53478/TUBA.2021.001

Balkıs-Özdelica, N., T. Durmuş and M. Balcı (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.

Flander-Putrlle, V. & Malej, A. (2008). The evolution and phytoplankton composition of mucilaginous aggregates in the northern Adriatic Sea. Harmful Algae, 7, 752-761. doi:10.1016/j.vhal.2008.02.009

Genitsaris, S., Stefanidou, N., Sommer, U. & Moustaka-Gouni, M. (2019). Phytoplankton Blooms, Red Tides and Mucilaginous Aggregates in the Urban Thessaloniki Bay, Eastern Mediterranean. Diversity, 11, 136; doi:10.3390/d11080136.

İşinibilir, M., I. N. Yılmaz and S. Piraino (2010). "New contributions to the jellyfish fauna of the Marmara Sea." Italian Journal of Zoology 77(2): 179-185.

İşinibilir, M., I. N. Yılmaz and N. Demirel (2015). "New records of jellyfish species in the Marmara Sea." Italian Journal of Zoology 82(3): 425-429.

İşinibilir, M., Yüksel, E., Dalyan, C. (2021). "First record of Cotylorhiza tuberculata (Macri, 1778) from the Sea of Marmara." Aquatic Sciences and Engineering 36(1): 38-41.

İşinibilir, M., Yüksel, E., Türkeri, E., Doğan, O., Karakulak, S., Uzer, U., Dalyan, C., Furfaro, G., Piraino, S. (2021). New additions to the jellyfish fauna of the Marmara Sea. Aquatic Sciences and Engineering, 37(1): 53-57.

Marín, I., Nunes, S., Sánchez-Pérez, E.D., Txurruka, E., Antequera, C., Sala, M.M., Marrasé, C., Peters, F. (2017). Coastal bacterioplankton metabolism is stimulated stronger by anthropogenic aerosols than Saharan dust. Frontiers in Microbiology, 8:2215. doi:10.3389/fmicb.2017.02215

Öztürk, İ., Dülekğürgen, E., Erşahin, M.E. (2021). Marmara'da Deniz Salyası Sorunu: Tanımı, Sebepleri, Boyutları, Değerlendirme ve Çözüm Önerileri. Kitap içi bölüm. (Kitap: Marmara Denizi'nin Ekolojisi: Deniz Salyası Oluşumu Etkileşimleri ve Çözüm Önerileri, Editör: Öztürk, İ., Şeker, M. (2021), TÜBA, Ankara.)

Taş S., Kus D., Yılmaz I. N. (2020). "Temporal variations in phytoplankton composition in the northeastern Sea of Marmara: potentially toxic species and mucilage event." Mediterranean Marine Science 21(3): 668-683.

Turk, V., Hagström, Å., Kovač, N., & Faganeli, J. (2010). Composition and function of mucilage macroaggregates in the northern Adriatic. *Aquatic Microbial Ecology*, 61(3), 279–289. doi:10.3354/ame01447.

Tüfekci, V., Balkıs, N., Polat Beken, Ç., Ediger, D. & Mantıkci, M. (2010). Phytoplankton composition and environmental conditions of a mucilage event in the Sea of Marmara. Turkish Journal of Biology, 34, 199-210.

Pistocchi, R., Trigari, G., Serrazanetti, G. P., Taddei, P., Monti, G., Palamidesi, S., Borgatti, A. R. (2005). Chemical and biochemical parameters of cultured diatoms and bacteria from the Adriatic Sea as possible biomarkers of mucilage production. Science of the Total Environment, 353(1–3), 287–299. doi:10.1016/j.scitotenv.2005.09.020

Urbani, R., Magaletti, E., Sist, P., & Cicero, A. M. (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(1–3), 300–306. doi:10.1016/j.scitotenv.2005.09.026

Parada, A.E., Needham, D.M. and Fuhrman, J.A. (2016). Primers for marine microbiome studies. Environ Microbiol, 18: 1403-1414. https://doi.org/10.1111/1462-2920.13023

Çözüm Önerileri Tablosu

Çözüm Önerileri	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)	Kısa Gerekçe
Aylık izleme istasyonlarının kurulması ile fiziksel, kimyasal ve biyolojik izleme çalışmalarının yapılması	Kısa	Marmara Denizi dinamik bir yapıya sahiptir. Özellikle pelajik sistem akıntıya bağlı olarak anlık değişebilir bu da bazı mekanizmaların tetiklenmesine sebep olabilir. Aynı şekilde sisteme yeni giren türlerin beslenme alışkanlıkları veya sistemden çıkan türlerin yerini alan türlerin davranışlarının bilinmesi, sağlıklı ekosistemler için önemlidir. DEN-İZ Programı çerçevesindeki izleme sıklıkları (yılda 3 kez) değerlendirme açısından yeterli değildir. Bu nedenle sınırlı istasyon sayısı ile aylık izlemelere geçilmelidir ki bu değerlendirme ilgili programın raporlarında da yer almaktadır.
Sahra tozu kaynaklı besin tuzu girdilerinin izleme çalışması yapılması	Kısa/Orta/Uzun	Marmara Denizi ekosisteminde birincil üretim, aşırı algal artışlar ve müsilaj oluşumunda sahra tozu kaynaklı besin tuzunun etkileri bilinmemektedir.
Avcılık verilerinin sağlıklı tutulması	Kısa	Balıkçılık bakımından son derece önemli olan bu Marmara Deniz’inde avlanan türlerin miktarları, boyutları, ıskarta türlerin miktarları yeterince bilinmemektedir.
Besin akışının değişen ekosistem unsurlarına bağlı olarak besin ağında belirlenmesi (özellikle pelajik ve demersal balık besin ağının tanımlanması)	Kısa	Sisteme yeni giren türlerin beslenme alışkanlıkları veya sistemden çıkan türlerin yerini alan türlerin davranışlarının bilinmesi, sağlıklı ekosistemler için önemlidir.
Geleneksel metodların yanı sıra yenilikçi araştırma metodlarının (barkodlama, metabarkodlama vb.) kullanımının teşvik edilmesi	Kısa/Orta	Geliştirilecek yenilikçi metodlar zaman, işgücü ve maliyet açısından tasarruf sağlayacaktır. Bu konu DEN-İZ Programı çerçevesinde de pilot ölçekte ele alınmış (2016), ilk çalışma yapılarak, raporlanmış ancak kaynak yetersizliğinden programa dahil edilememiştir.

<p>Müsilaj gibi çözünmeden kalan organik madde birikiminde sağlıklı mikrobiyal floranın önemini gösteren, bölgesel farklılıkları ortaya koyan, ortamdaki bakteri katabolizmalarına yönelik çalışmaların yapılması</p>	<p>Kısa/Orta</p>	<p>Bakterilerin substratlara karşı reaksiyonları ve bakteriyel metabolik aktivasyon düzeylerine yönelik veriler Türkiye denizlerinde bakteriyel oluşumların çevresel faktörlere maruz kalış şekline göre karakterize olduğu mevcut durum metninde verilerle ifade edilmiştir. Kıyasal alanlarda karbonhidrat metabolizması ile ilgili enzimleri üreten ayrıca lipolitik ve proteolitik enzim aktivitesine sahip Bacilli, Gammaproteobacteria, Alphaproteobacteria, Betaproteobacteria, Actinobacteria, Flavobacteria ve Sphingobacteria sınıflarına ait izolatların yüksek düzeyde bulunması karasal kaynaklı insan aktivitesinin kıyasal alanlarda baskısının bakteri metabolizmasına bağlı olarak tanımlanabileceğini göstermiştir. Bu gerekçe ile özellikle kıyasal alanlarda kültür edilebilir bakteri faaliyetlerinin metabolik özelliklerinin belirlendiği ve müsilaj benzeri oluşumlarda alarm belirtisi olarak kullanılacak bakteriyel karbonhidrat katabolizmasında yetersiz kalan alanlar dikkatle izlenmelidir. Kültürel yöntemlerin tercih sebebi; o bölgede baskın bulunan türlerin kültür edilebilirlik frekansının yüksek olmasından kaynaklanır. Bu nedenle bu türlerin metabolik özelliklerinin takibi doğal ortam bakterilerinin yerine karasal kaynaklarla giren baskın türlerin olası artışı ile mikrobiyal flora sağlığını takip etmemizi sağlayarak erken önlem alınması için önemli veri sağlayacaktır. Bakterilerin maruz kaldıkları çevresel koşullara göre geliştirdiği reaksiyonlar müsilajın çözünmeden kalması veya bakteriyel ayrışmayı sağlaması için kritiktir. Yapılan izleme çalışmalarına bakteriyel metabolik özelliklerin tespitini sağlayan bakterilerin substratlara yanıt mekanizmalarının eklenmesi önemli ihtiyaçtır.</p>
<p>Gemi balast suları ile Marmara Denizi'ne farklı coğrafik alanlardan gelen hem ekosistem hem de halk sağlığını tehdit edebilecek türlerin varlığına ilişkin çalışmaların yürütülmesi</p>	<p>Orta</p>	<p>Marmara Denizi'ne farklı denizel alanlardan gelen gemilerin balast tanklarında tespit edilen patojen bakteri varlığı, gemi balast suları ile taşınan bakteri izolatlarının horizontal gen transferi için uygun ortamlar olan balast tanklarından denizlere ulaşması ekosistem döngülerinde yer alan doğal ortam bakterileri yerine dirençli ve patojen bakterilerin baskın hale gelmesi ile risk oluşturmaktadır. Bu durum mevcut durum tanımlamasında belirtildiği gibi ekosistem sağlığı bakımından kritik öneme sahiptir.</p>

		<p>Marmara Denizi'nin ulusal deniz olması sebebi ile IMO yönergelerinin dışında ulusal önlemleri geliştirebilmesi için dış kaynaklı bu tehdidi tanımlayacak –mevcut verilerin dışında- güncel risk tanımını oluşturacak verileri sağlaması ve patojen taşıma riskini ortaya koyan çalışmalara yer açılması ihtiyacı vardır. Balast tankları ile taşınan patojen bakterilerin -mevcut durum metninde belirtildiği gibi- aynı zamanda antibiyotiklere direnç kazanmış bakteriler olması hem Marmara Denizi hem de dirençliliğin bakteriler yoluyla küresel dağılımı bakımından risk teşkil etmektedir. Karasal kaynaklı kirleticilerin tamamen kontrol altına alınması sağlansa bile gemi balast suları nedeniyle gelen patojen bakteri riski önlem alınmaması halinde varlığını koruyacaktır. Ülkemizin Marmara Denizi'ne taşınan bu riskin önlenmesi için oluşturacağı kararlar bu verilerin sağlanması ile mümkün olacağı için bu konuda yapılacak çalışmalar önemli bir ihtiyaçtır.</p>
--	--	---

Hedef Başlığı

- **Marmara Denizi noktasal ve yayılı kaynaklardan giren su ve besin maddesi (nutrient) bütçesinin müsilaaj oluşumuna etkisinin ortaya konmasına yönelik araştırmalar**

Mevcut Durum Tanımlanması:

Marmara Bölgesi, sahip olduğu endüstri ve sanayi tesisleri ile 25 milyondan fazla insanın yaşadığı (TÜİK verileri), birim alana düşen nüfus yoğunluğunun en çok olduğu bölgedir. Tek başına İstanbul, dünyadaki birçok ülkeden daha kalabalık nüfusa sahiptir. Marmara bölgesindeki şehirler, aynı isimle anılan Türkiye'nin bir iç denizini çevrelemektedir. Marmara Denizi ortalama 40 ve 80 metre derinliğe sahip iki dar geçitle, İstanbul Boğazı ile Karadeniz'e, Çanakkale Boğazı ile Akdeniz'e bağlanır. Her iki boğazın sığ olması Marmara Denizi'ni yarı kapalı bir deniz haline getirmektedir. Özellikle Kuzey Anadolu Fay hattı boyunca oluşmuş derinlikleri 1200 metreye ulaşan derin havzalardaki suların yenilenme zamanı oldukça uzundur.

Denizel veriler incelendiğinde 2000'li yıllara kadar olan dönemde tüm bu derin havzalarda çözünmüş oksijen olduğu görülmektedir. Ancak ilerleyen yıllarda bu çözünmüş oksijen oranında önemli bir azalma göze çarpmaktadır. 1990'ların başında tüm havzalarda 80 μM civarında çözünmüş oksijen oranına karşın bugün özellikle doğu havzalarda oran 20 μM 'ın altına düşmüş durumdadır. Bunun nedenleri arasında Karadeniz'den gelen besin yüklerinin etkisi ile nüfus yoğunluğu, tarım ve endüstriyellemenin artmasına paralel yükselen kara girdilerinin en önemli bileşenler olduğu düşünülmektedir.

Karadeniz kaynaklı besin tuzu yüklerinin azalım eğilimi gösterdiği son on yıllık dönemde Marmara'ya karasal kaynaklardan giren yüklerdeki "artış" eğiliminin devam ettiği, daha da kötüleşen Marmara Denizi biyo-kimyasal özelliklerinden ve yapılan ölçümlerden görülmektedir.

Yapılan çalışmalar Marmara alt tabaka sularının geçen 20 yılda giderek oksijensiz hale geldiğini göstermiştir. Özellikle doğu bölgesi derin baseninde oksijen seviyesi %95 azalmış, 9,4 μM 'ın altına kadar düşmüş ve 2016 sonbahar döneminde 600 metrenin altındaki derin sularda tamamen oksijensiz koşullar dahi görülmeye başlanmıştır. 2016'dan beri DEKOSIM Türkiye Denizleri seferleri kapsamında Marmara Denizi'nde ODTÜ-DBE imkanları ile devam eden gözlemler ile özellikle doğu baseninde dipteki oksijensiz durumun devam ettiği bulunmuştur.

2014 yılından beri düzenli olarak yürütülen Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı ile de benzer sonuçlara ulaşılmış, yapılan raporlamalarda oksijen eksikliğinin ara, alt ve dip sularda hem tarihsel hem de bölgesel olarak değişimleri detaylı haritalar ve veri analizleri ile sunulmuştur.

Marmara Bütünleşik Modelleme Sistemi (MARMOD) - Faz I ve Faz II Projeleri Bulguları Özeti

Marmara alt tabakasının yegâne oksijen kaynağı Çanakkale alt akıntısı ile giren Ege'nin tuzlu sularıdır. Marmara'ya boğaz alt akıntısıyla giren Kuzey Ege suları yıl boyunca 7,5-8,0 mg/L seviyesinde çözünmüş oksijen taşır ve bu tuzlu suların oksijen içeriği doygunluk (%100) seviyesindedir. Ancak Marmara'nın doğal diffüzörü olan bu su kütlesi, Marmara'nın doğu bölgesine ulaştığında, özellikle yaz sonu dönemde neredeyse içerisindeki çözünmüş oksijenin çoğu tükenmiş haldedir (<20 μM). Bu nedenle, özellikle Marmara'nın doğu derin baseninde ve

İzmit Körfezi'ne giren alt tabaka sularında oksijen derişimi çok düşük seviyelerdedir. Son dönemde derin çukurda 500 metrenin altında oksijenin tükendiği, denitrifikasyonun arttığı ve 3-4 µM seviyesinde, az da olsa hidrojen sülfür varlığı gözlenmiştir. Bunun çevre bilimlari açısından anlamı ise açıktır; doğu bölgesinde ve körfez içlerinde yüzeiden derine çökelen organik maddenin alt suda parçalanmasının havalı arıtma/oksidasyonu için oksijen girdisi yetersiz kalmıştır.

Buna paralel olarak demersal balıklar açısından ele alındığında, özellikle Marmara Denizi'nin kuzeyinde yer alan Çınarcık Çukuru bölgesinde oksijen yetersizliğinden ($O_2 < 20 \mu M$) dolayı son 35-40 yıllık dönemde 150-250 m'deki önemli balıkçılık alanları tehdit altına girmiştir. Diğer yandan, pelajik ve demersal yaşamı olumsuz yönde etkileyen, Marmara baseni boyunca alt ve ara tabakadaki dramatik şekilde incelen düşük oksijenli yaşam alanı üzerinde her türlü insan kaynaklı baskıların giderek artması canlı yaşamı tehdit eder durumdadır.

Oksijen azalmasının da aralarında olduğu birçok çevresel göstergenin değişimine neden olan Marmara Denizi üzerindeki baskı unsurları çok çeşitlidir ve sektörel çözümler yeterli değildir. Bunun yerine bütüncül ve sorumlulukların paylaşıldığı yaklaşım ve önlemlere ihtiyaç vardır. Bu kapsamda, Marmara Denizi'nin mevcut durumu açısından fotoğrafının ortaya konması, modelleme çalışması ile kirlilik yüklerinin azaltılması, noktasal kirlilik kaynaklarının belirlenmesi, ekosistem temelli yaklaşım esas alınarak Marmara Denizi'nin korunmasına yönelik eylemlerin oluşturulması gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Bu kapsamda T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ve ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü arasında ilki 2017 yılında, ikincisi ise 2021 yılında imzalanan protokollerle Marmara Bütünleşik Modelleme Sistemi (MARMOD) - Faz I ve Faz II projeleri kapsamında çalışmalar başlatılmış ve devam etmektedir. MARMOD projeleri ile Marmara Denizi için bir bütünleşik modelleme sistemi oluşturularak model uygulaması, Marmara Denizi'ne özgü çevresel yönetim ve ekolojik yaklaşımlı planlara katkı sağlamak hedeflenmektedir.

Marmara Denizi için Çevresel Master Plan ve Yatırım Stratejileri Projesi (MEMPİS) Bulguları

MEMPİS Projesi; 2005 yılında, "Marmara Havzası Çevre Mastır Planı ve Yatırım Stratejisi"nin geliştirilmesi amacıyla, Hollanda menşeli Grontmij NV firması önderliğinde Avrupa Yatırım Bankası (European Investment Bank – EIB) ile T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı arasında MEMPİS Konsorsiyumu kurulmuştur. Kısaca MEMPİS Projesi diye anılan proje, 2005-2006 yılları arasında yürütülerek sonuçları bir rapor halinde sunulmuştur (MEMPİS, 2006). Projenin çalışma alanı, Marmara Denizi'ni ve Marmara Denizi'nin etkileşim içerisinde olduğu havza ve bölgeleri kapsamaktadır (Şekil 22). MEMPİS Projesi kapsamında bir su kalitesi modeli (Delft 3D Hidrodinamik ve Su Kalitesi Modülleri) yapılandırılmış, bu model kapsamında temel olarak, İSKİ'nin 2000-2004 dönemi için aylık verileri ile Ortadoğu Teknik Üniversitesi'nin (ODTÜ) 1989-1991 dönemi için derlenmiş verileri kullanılmıştır. Model kapsamında, mevcut durum senaryosu da dahil olmak üzere toplam 7 adet kirlilik yükü azaltım senaryosu çalıştırılmıştır. MEMPİS Projesi kapsamında fitoplankton, nütrient ve çözünmüş oksijen parametreleri için Marmara Denizi'ne özgü "gösterge hedefler" belirlenmiştir. Bu noktada, kesin konsantrasyonları tanımlayan bir hedef seti yerine, hedef aralıklarının önerilmesi yoluna gidilmiştir.

Mevcut Durum senaryosuna göre, 2005 yılı verileri ile Marmara ve Susurluk havzası kaynaklı besi maddesi (N, P) yükleri havzadaki toplam yükün ~%50'sini oluşturmaktadır. Geri kalan %50'lik yük girdisi ise Karadeniz'den kaynaklanmaktadır (Şekil 23). Marmara Denizi alt tabaka akımlarının (özellikle İstanbul Boğazı güney girişine deşarj edilen Yenikapı ve Kadıköy

atıksularının) %20 -25'inin İstanbul Boğazi'nda (bilhassa Üsküdar eşiğinde) Karadeniz'den gelen üst tabakaya geçerek Marmara'ya geri döndüğü esas alınmıştır.



Şekil 22. Marmara Denizi Havzası ve İdari Sınırlar (MEMPİS, 2006)



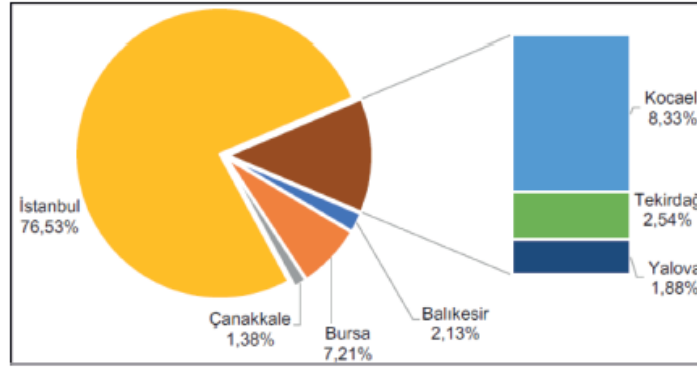
Şekil 23. Muhtelif Belediyelerin Evsel Atıksulardan Kaynaklı Azot Yüklerine Katkıları (ton/yıl) (MEMPİS, 2006)

Marmara Denizi ile İlişkili Atıksu Altyapı Durumu ve Deşarjları Raporu (MBB, 2021) Bulguları

Marmara Belediyeler Birliği'nce hazırlanan bu rapora göre, Marmara Bölgesi'nde Meriç-Ergene, Marmara, Susurluk, Kuzey Ege ve Sakarya olmak üzere 5 su koruma havzası bulunmaktadır (Şekil 24). Sularını Marmara Denizi'ne ulaştıran iller ise; Balıkesir, Bursa, Çanakkale, İstanbul, Kocaeli, Tekirdağ ve Yalova'dır (Şekil 25).

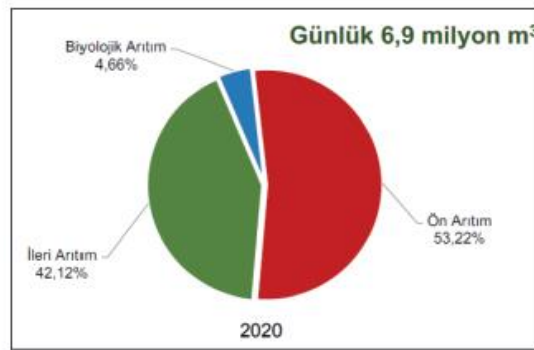


Şekil 24. Marmara Bölgesinin İller Haritası (MBB, 2021)



Şekil 25. Marmara Denizi'ne Yapılan Deşarj Miktarının Şehirlere Göre Dağılımı (%) (MBB, 2021)

Yapılan deşarjların yarısından fazlasının sadece fiziksel bir arıtmayı içeren ön arıtım proseslerinden geçirilerek Marmara Denizi'ne verilmesi, denizdeki kentsel kirlilik yükünün önemli bir kısmını oluşturmaktadır (Şekil 26).



Şekil 26. Marmara Denizi'ne Yapılan Deşarjların Arıtma Seviyeleri (MBB, 2021)

İstanbul Boğazi'na mekanik arıtma sonrası derin deşarjı yapılan günlük yaklaşık 279 bin m³ atıksuyun, Karadeniz'e ulaşmaksızın Marmara'da kaldığı (üst tabakaya geçtiği) hesaplanmaktadır. İstanbul'da Küçükçekmece ve Adalar Belediyesi kentsel atıksuları da mekanik ön arıtma sonrası Marmara'ya derin deşarjla verilmektedir.

Marmara Denizi'ne Kocaeli tarafından yapılan toplam deşarjın yaklaşık 388 bin m³ olduğu, Bursa'nın ise 336 bin m³'lük atıksuyun sadece ön arıtmadan geçirilerek herhangi bir Azot (N), Fosfor (P) giderimi yapılmaksızın deşarj edilmesi Marmara Denizi'nde önemli bir kirlilik kaynağı olarak değerlendirilmektedir.

Baltalimanı AAT'nin biyolojik AAT seviyesine yükseltilmesi için inşa çalışmalarının devam ettiği, Yenikapı AAT'nin biyolojik prosesleri gerçekleştirecek şekilde yükseltilmesi inşa işinin başladığı ancak tarihi yarımadanın sit alanı olmasına ilişkin kısıtlardan dolayı fiili olarak durduğu belirtilmektedir (İSKİ, 2021).

Kocaeli tarafından Marmara Denizi'ne hiç mekanik ön arıtım atıksuyu deşarj edilmediği görülmektedir. Ancak İzmit Körfezi'nin hassas yapısı dikkate alındığında Kocaeli Belediyesi kentsel atıksu arıtma tesisleri deşarjlarınının %72'sinin ileri biyolojik arıtmaya tabi tutulduğu, %28'inin de biyolojik arıtmadan ileri biyolojik arıtmaya çevrilme aşamasında olmasının çözünmüş oksijen seviyesinde iyileşmeye zemin hazırlayacağı değerlendirilmektedir.

Balıkesir'in Marmara Denizi ile ilişkili atıksu deşarjlarının yaklaşık dörtte biri neredeyse hiç arıtmaya tabi tutulmadan (sadece kaba ızgara) denizin derinliklerine deşarj edilmektedir. Geri kalan atıksuyun da sadece %21'i ileri biyolojik proseslerden geçirildikten sonra deşarj edilmektedir. Balıkesir'in arıtmaksızın derine deşarj ettiği atıksular yazlık nüfusun yoğun olduğu Erdek ve Bandırma'dan kaynaklanmaktadır.

Marmara'daki Kentsel Atıksu Deşarj Yükleri Dağılımıyla ilgili Güncel (Kavramsal) Durum Analizi (Öztürk vd., 2021).

Marmara Denizi Havzası'ndaki kentsel yerleşimlerden deşarj edilen güncel kirlilik yükleri ile ilgili olarak, belirli kabullerle, aşağıdaki gibi bir değerlendirme yapılabilir:

Nüfus:

Havzada yaşayan nüfus: ~25 milyon kişi

İstanbul: ~15 milyon kişi (%60)

Diğer şehirler: ~10 milyon kişi (%40)

Atıksu Arıtma Durumu:

İstanbul: Mekanik Arıtmaya Bağlı Nüfus ~%55 (8.250.000 kişi)

İleri Biyolojik Arıtmaya Bağlı Nüfus %45 (6.750.000 kişi)

Diğer Yerleşimler : ~%75'i İleri Biyolojik Arıtmaya,

~%25'i Mekanik Arıtmaya Bağlı,

İleri Biyolojik AAT'de ~%70 TN ve TP giderimi

Nüfusun %85'ine Merkezi AAT hizmeti verilmekte (%15 kırsal nüfus)

- Alt tabakaya verilen deşarjların ~%50'si belli bir süreçte üst tabakaya geçebilir.

Marmara Denizi Üst Tabakasına Verilen Kirlilik Yükü Hesabı:

İstanbul kaynaklı TN ve TP yükleri, yaklaşık olarak;

$$TN = 48.772 \text{ kg/gün} = 17.802 \text{ ton/yıl}$$

$$TP = 6.649 \text{ kg/gün} = 2.427 \text{ ton/yıl}$$

alınabilir. Diğer yerlerden gelen yükler de;

$$\begin{aligned} TN &= 10 \times 106 \times 0,85 \times 12 \text{ g TN/kişi.gün} \times 10^{-3} (1-0,70) \times 0,75 \\ &= + [10 \times 106 \times 0,15 \times 12 \times 10^{-3} \times 0,25] \times 0,5 = 22.950 + 2.250 \\ &= 25.200 \text{ kg/gün} = 9.198 \text{ ton/yıl} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} TP &= 10 \times 106 \times 0,85 \times 2 \text{ g TP/kişi.gün} \times 10^{-3} (1-0,70) \times 0,75 \\ &= + [10 \times 106 \times 0,15 \times 2 \times 10^{-3} \times 0,25] \times 0,5 = 3.825 + 375 \\ &= 4.200 \text{ kg/gün} = 1.533 \text{ ton/yıl} \end{aligned}$$

olarak hesaplanır.

Bu verilerle İstanbul'un; Marmara Denizi üst tabakasına verilen kentsel deşarjlar kaynaklı;

Toplam Azot'un $48.772 / (48.772 + 25.200) \cong \%66$ 'sından,

Toplam Fosfor'un $6.649 / (6.649 + 4.200) \cong \%61$ 'inden

sorumlu olduğu söylenebilir. Dolayısıyla, Marmara Denizi Havzası'ndaki Türkiye kaynaklı en büyük noktasal besi maddesi (N, P) yükü İstanbul'dan gelmektedir.

Kaynaklar

İSKİ (2021). MBB ve İSKİ Çevrimiçi Toplantısı., İstanbul.

MEMPIIS Consortium (2006). Environmental Master Plan and Investment Strategy for the Marmara Sea Basin - Turkey, Water Quality Modeling of the Sea of Marmara, Model Development and Scenario Simulations. European Investment Bank and Turkish Ministry of Environment & Forestry.

MBB (2021). Marmara Denizi ile ilişkili Atıksu Altyapı Durumu ve Deniz Deşarjları Raporu.

Öztürk, İ., Dülekürgen, E., Erşahin, M.E. (2021). Marmara'da Deniz Salyası Sorunu: Tanımı, Sebepleri, Boyutları, Değerlendirme ve Çözüm Önerileri. Kitap içi bölüm. (Kitap: Marmara Denizi'nin Ekolojisi: Deniz Salyası Oluşumu Etkileşimleri ve Çözüm Önerileri, Editör: Öztürk, İ., Şeker, M. (2021), TÜBA, Ankara.)

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü (2017). Marmara Bütünleşik Modelleme Sistemi (MARMOD) - Faz I.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü (2021). Marmara Bütünleşik Modelleme Sistemi (MARMOD) - Faz II (devam ediyor).

Çözüm Önerileri Tablosu

Çözüm Önerileri	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)	Kısa Gerekçe
Besin yükü azaltım planlarının yapılması	Orta/Uzun	Marmara Bütünleşik Modelleme Sistemi (MARMOD) farklı kaynaklardan gelen besin yüklerinin Marmara Denizi'nde yarattıkları etkileri ayrı ayrı değerlendirerek hangi kaynakların hangi sürede ve ne ölçüde azaltılacağına bilgisini verecektir. Bu yük azaltım planlarının verimli olarak gerçekleştirilmesini sağlayacaktır.
Otomatik izleme sistemlerinin kurulması	Kısa/Orta	Yük girdisinin olası olduğu kıyısal alanlarda, yayılı kaynak yüklerini taşıyan nehir ağızları ve atık su çıkışlarına yakın bölgelerde olası sık periyotlarda sisteme giren yük miktarının daha iyi anlaşılması için önemlidir. İlk aşamada MARMOD Faz II ile gerçekleştirilmekte olan bu çalışmaların orta vadede sürekli ve kesintisiz bir programa dönüştürülmesi önemlidir.

Hedef Başlığı

- **Marmara Denizi oşinografisi, biyojeokimyasal yapısı ve müsilaj ilişkisinin çalışılması (Karadeniz ve Ege Denizi arasındaki çift yönlü su/madde değişimleri, atmosferik taşınım, sedimandan besin maddesi pompalanması da dikkate alınarak)**

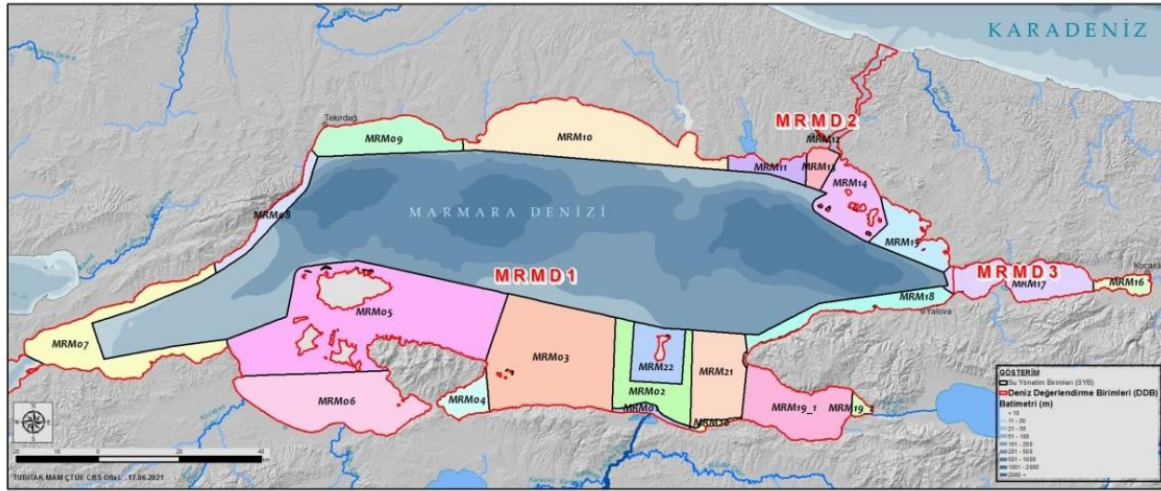
Mevcut Durum Tanımlanması:

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından, ekosistem temelli izleme yaklaşımı benimsenerek yürütülen “Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı DEN-İZ” 2011’de ve 2014 yılından beri üçer yıllık programlar olarak TÜBİTAK MAM ÇTÜE koordinasyonunda birçok araştırma kurumu, üniversiteler ve kamu kurumu işbirlikleri ile sürdürülmektedir.

DEN-İZ Programı ile, Türkiye denizlerinde meydana gelen kirlilik ve bu kirliliğin etkileri ile kimyasal ve ekolojik kalite durumunun izlenmesi, bu yolla, ulusal deniz ve kıyı yönetimi politikalarının ve stratejilerinin belirlenmesi/gözden geçirilmesi ve alınan önlemlerin etkilerinin takibine altlık oluşturulması amaçlanmaktadır. Program kapsamında, Türkiye denizleri ve kıyı sularının fizikokimyasal özellikleri, ekolojik durumunu yansıtacak bileşen ve göstergeleri, kirlilik durumu ile radyoaktivite seviyeleri, kıyı ve denizde biriken katı atıklar, deniz çayıruları dahil olmak üzere deniz tabanı biyoçeşitliliği ve ekonomik balıkçılığa yönelik hedef türler ile bunlardaki kirlenici seviyeleri izlenmektedir.

İzleme Programı ile tüm denizlerimizde meydana gelen kirlilikler ulusal mevzuatımız, uluslararası sözleşmeler ve AB direktifleri çerçevesinde izlenerek; denizlerimizin durumunun periyodik değerlendirmesi, kirlilik parametrelerinin sediman ve biyotada zamansal yöneliminin tespiti ve kirliliğin önlenmesi için alınan önlemlerin etkinliğinin ulusal ve uluslararası mevzuata uygunluğunun değerlendirilmesi yapılmaktadır. Bu program, taraf olduğumuz Bölgesel Deniz Sözleşmeleri (Barselona ve Bükreş Sözleşmeleri) çerçevesindeki bölgesel izleme ve değerlendirme stratejilerinin de dikkate alınması ile geliştirmiş ve “iyi çevresel durum” hedeflerinin belirlenmesi ve takibi yönündeki çalışmalar programın ana ögesi haline almıştır. UNEP/MAP’ın IMAP (2016) Programı ve BSC’nın yenilenen BSIMAP Programı (2017-2022)’na uyum sağlamada, DEN-İZ Programı kapsamında benimsenen güncel ve yenilikçi yaklaşımlar ülkemiz ve bölgemizdeki uygulamalara önemli katkılar sağlamaktadır.

Türkiye denizlerinin tümünü kapsayan ve farklı uzmanlıkların bir araya getirilmesini gerektiren bu kapsamlı çalışmanın Marmara Denizi bölümüne TÜBİTAK MAM araştırmacılarının yanı sıra, üniversiteler (İstanbul Üniversitesi-Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü ve Su Bilimleri Fakültesi, Sinop Üniversitesi-Su Ürünleri Fakültesi ve Fen Edebiyat Fakültesi, Celal Bayar Üniversitesi-Fen Edebiyat Fakültesi) ve TAEK-ÇNAEM katkıda bulunmuştur. Program sürekli olarak kış ve yaz dönemlerinin yanı sıra 2017-2019 dönemi ile beraber ilkbahar dönemlerini de kapsayacak şekilde 3’er yıllık periyodlar olarak planlanmıştır. Bu sayede tüm denizlerimiz için uzun dönemdir eksik olan kış verileri 2015 yılından bu yana ve ilkbahar verileri ise 2017’den itibaren toplanmaya başlanmış ve Marmara Denizi’nin yıl içindeki değişimleri bu verilerin birlikte değerlendirilmesiyle daha iyi takip edilir hale getirilebilmiştir. DEN-İZ Programı çerçevesinde 85 kıyı su kütlesi (21’i Marmara Denizi için) ile 15 deniz değerlendirme alanı (3’ü Marmara Denizi için) izleme ve değerlendirmeye alınmıştır.



Şekil 27 Marmara Denizi SYB ve DDB (Kaynak: ÇŞİDB-ÇEDİDGM ve TÜBİTAK-MAM (2020) Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme İşi 2017-2019 Marmara Denizi Özet Raporu, TÜBİTAK MAM Matbaası Gebze/Kocaeli, ANKARA-2020.)

- Marmara Denizi Su Yönetim Birimlerinin Ekolojik Durumu

Bu değerlendirmede, Deniz ve Kıyı Suları Sınıflandırma Projesi (DeKoS) kapsamında Marmara Denizi kıyı suları için belirlenen 22 kıyı su yönetim birimi (SYB)'den 20'si dikkate alınmış (TÜBİTAK-MAM ve ÇŞİDB-ÇYGM, 2014) olup Gemlik Körfezi'ni tanımlayan MRM19 yapılan izleme çalışmaları sonuçlarına göre ikiye ayrılarak iç ve dış körfez olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, öncelikle kıyı suları için SÇD'de belirtildiği gibi 3 Biyolojik Kalite Elemanı (BKE) olan fitoplankton, makro alg ve bentik omurgasızlara yönelik arazi çalışmaları gerçekleştirilmiş ve her SYB mümkün olduğunca temsil edilmeye çalışılmıştır. Destekleyici parametreler olarak TP, NO₃+NO₂-N (NO_x) ve SDD dikkate alınmıştır.

Biyolojik kalite sınıflandırmasında, makro alg ve bentik omurgasızlar için 2019 yılında da uzman gruplar tarafından yapılan çalışmalar ve ekolojik kalite indekslerinden (makro alg için EEI ve 2017 yılından itibaren DENFEİ ile bentos için m-AMBI ve TUBI) yararlanılmıştır.

Bu bilgiler ışığında Marmara Denizi kıyı su kütlelerinin ekolojik durumu hakkındaki değerlendirmelerin metodolojik bir özeti aşağıda (Tablo 14) verilmiş ve sonuçların bir özeti aşağıda değerlendirilmiştir.

Tablo 14. Marmara Denizi kıyı su kütlelerinin ekolojik durumu değerlendirme yöntemi

YSKY 2016 - Ek 6'ya göre sınıflandırma		SÇD'ye göre sınıflandırma	
oligotrofik	Destekleyici parametreler, YSKY (2016) / EK 6 Tablo 8b dikkate alınarak, her SYB içine düşen ortalama yüzey tabaka (0-10 m) verilerin en kötüsüne göre sınıflandırılmıştır. 4-sınıflı bir değerlendirme cetvelidir.	çok iyi	Bu bölüm SÇD sınıflandırma prensiplerine göre değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede 3 biyolojik kalite elemanı dikkate alınmış, 1. BKE için fitoplankton göstergesi olarak klorofil kullanılmıştır. Değerlendirmeler, YSKY (2016) Ek 6 Tablo 8b'ye göre, öncelikli olarak ilkbahar (büyüme) ve kış dönemleri ile sonbahar dönemi örneklemesi olmadığı için yaz değerleri dikkate alınarak yapılmıştır.
mezotrofik		iyi	
ötrofik		orta	
hipertrofik		zayıf	
		kötü	
Oligotrofik sınıf (SÇD-çok iyi ve iyi mavi) olarak değerlendirilmiştir. TP ve Nox için kış (öncelikli) ve ilkbahar (ikincil) verisi, Seki disk için yaz verileri dikkate alınmıştır. Ayrıca, Yönetmelikte yer alan TP, NOx, SDD ve Klorofil-a değişkenleri için 2014-2019 izleme sonuçlarının kış, ilkbahar ve yaz dönemleri persentil analizleri ile bulunan 5 sınıflı sınıflandırma da ilk kez 2019 yılında kullanılmıştır.		Makrofitobentos için ekolojik kalite değerlendirme indisi (EEI) ile Marmara Denizi için geliştirilen indeks Denfei kullanılmıştır. Makrozoobentos için uzmanlar tarafından geliştirilen veya denizlerimize uyarlanan ekolojik kalite indeksleri (TUBİ ve m-AMBI) kullanılmıştır. Ortak değerlendirmede tedbirlilik ilkesi "one-out-all-out prensibi" dikkate alınmış olmakla beraber uzman görüşlerine de yer verilmiş ve alana bağlı olarak ortalama kalite de nihai değerlendirmede kullanılmıştır.	

MRM01 (Susurluk Nehri Ağzı), MRM02 (Susurluk Nehri Açığı), MRM03 (Susurluk Nehri – Karacabey arası), MRM20 (Susurluk Nehri – Mudanya kıyısı), MRM21 (Susurluk Nehri – Mudanya açığı) (Şekil 27): Susurluk ağzı, doğu ve batısı ile açığını temsil eden bu su yönetim birimlerinin tümü geçen dönemlerde de olduğu gibi riskli bölgeler olarak değerlendirilmiştir. Ekolojik Kalite Durumları genelde "orta/zayıf" olarak değerlendirilmektedir (Şekil 28).

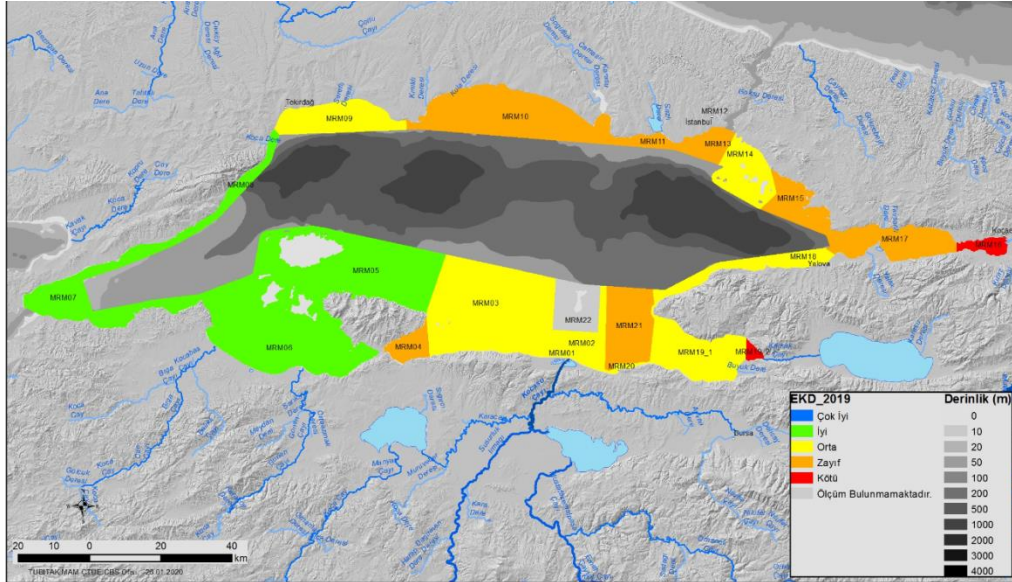
MRM04 (Bandırma Körfezi) MRM11 (Küçükçekmece), MRM15 (Maltepe – Tuzla), MRM16 (İzmit İç Körfezi), MRM17 (İzmit Dış Körfezi), MRM19_2 (Gemlik İç Körfezi): Bandırma Körfezi, İzmit Körfezi, Gemlik İç Körfezi, Küçükçekmece ve Tuzla bölgelerinde bu dönemde "zayıf/kötü" kalite bulunmuştur. 2014-2019 dönemi için ortak değerlendirmenin aynı olduğunu söylemek mümkündür (Şekil 28). Biyolojik kalite göstergelerine ayrı ayrı bakıldığında ve istasyonlar ile alanlara tek tek odaklanıldığında ise önlem gerektiren bölge ve faaliyetler daha net anlaşılabilir.

MRM09 (Tekirdağ), MRM10 (Silivri), MRM18 (Yalova), MRM19_1 (Gemlik Dış Körfezi): Bu SYB'ler daha ziyade açık körfezleri, daha büyük alanları ve görece daha az etkilenmiş bölgeleri tanımlamaktadır. MRM09 (Tekirdağ) geçen dönemde olduğu gibi "orta" kalitede bulunmuştur. Bu SYB'de 2015 ve 2016 da iyi kalite izlenmişken 2017, 2018 ve 2019'da bir seviye alta inmesi olumsuz bir değişim olmuş ve Marmara Denizi'nin bu su kütlesi de riskli SYB'ler arasına girmiştir. MRM10, 2019'da 2018'de olduğu gibi ikinci kez "zayıf" kalitede değerlendirilmiştir. Bu SYB'de bentik kalitenin zamanla bozulduğu izlenmektedir. Gemlik Körfezi dış bölge ise yüksek kış ve ilkbahar klorofil konsantrasyonları nedeni ile "orta" kalitede bulunmuş, bentik kalitede bozulma belirgin olarak tespit edilmemiştir. MRM18, açık bir sistem olmasına rağmen biyolojik kalite göstergeleri orta/zayıf kaliteyi vurgulamaktadır. 2019 yılında da hem bentik hem de pelajik habitat göstergelerinin bazılarının sonuçları ortak değerlendirmenin "orta" kalitede bulunmasına neden olmuştur.

MRM11 (Küçükçekmece), MRM12 (Haliç), MRM13 (İstanbul Boğazı), MRM14 (Kadıköy – Maltepe): Bu SYB'lerin tümü İstanbul ve Boğaz dinamiklerinden etkilenir. MRM11'in durumu ise biraz farklıdır ve Küçükçekmece bölümü daha yoğun baskı altındadır, Yenikapı kısmı Boğaz akıntılarının etkisindedir. MRM12 Haliç'i tanımlamakta olup Haliç girişindeki istasyon tüm

sistemi anlatmak için yeterli değildir bu nedenle Haliç DEN-İZ Programı kapsamında değerlendirilememektedir. MRM13, Boğaz jet akıntısından etkilenen su değişimleri açısından oldukça yoğun bir SYB olup, yoğun baskı altında olmasına rağmen kalitesini “orta” kalitede muhafaza etmekte birlikte 2019 yılında ilk kez bentik kalite “zayıf” özellik göstermiştir. MRM11’de değerlendirilen Yenikapı makro alg istasyonunda da “zayıf” kalite ile karşılaşılmış olması hem kıyıda hem de görece derin zeminde kalitenin 2019 yılında bir sınıf daha azaldığını göstermektedir. MRM14, arıtımsız evsel atıksu deşarjlarının alt sulara verildiği bir SYB’dir ve 2016 yılından beri fazla sayıda istasyonla izlenmeye başlanmıştır. 2019 yılında, izleme sistemine 2018’de dahil edilen Kadıköy kıyı makro alg istasyonunun bir kalite daha iyi durum sergilemesi, genel değerlendirmenin “orta” kaliteye yükselmesine neden olmuştur. Ancak halen riskli özellik taşımaktadır.

MRM06 (Erdek Körfezi), MRM05 (Adalar Bölgesi), MRM07/08 (Çanakkale Boğazı Girişi – Şarköy): Bu SYB’ler Marmara Denizi’nde en iyi durumda olan su birimleridir. Erdek Körfezi, Kapıdağ bölgeleri ile Şarköy/Tekirdağ tarafları iyi/çok iyi kalitede belirlenmiştir. Özellikle MRM07 ve MRM08 nolu SYB’ler kıyı suları için “referans” alan özellikleri taşımaktadır (TÜBİTAK-MAM ve ÇŞİDB-ÇYGM, 2014). Ancak, 2018 yılında MRM08 ilk kez bir sınıf altta, “iyi” olarak değerlendirilmiş ve bu durum 2019’da da devam etmiştir. Aslında bu değerlendirme uzman görüşü ile ortalama kaliteyi yansıtmaktadır. En kötüsüne göre değerlendirme yapılması durumunda kış döneminde ölçülen yüksek klorofil nedeniyle değerlendirme orta kalitede bulunacaktır. Bu MRM08’in de risk altında olduğunu işaret etmektedir. MRM06’da Erdek kıyı bölgede (ER1 istasyonu) arıtımsız evsel atıksuların derin deniz deşarji etkisi ile bentik kalite “zayıf”tır. Bu konu hassasiyetle ele alınmalıdır. Ayrıca, körfezin genelinde kış klorofil konsantrasyonu orta kaliteyi yansıtmaktadır. Bu SYB, uzman görüşü ile (bentik habitat kalitesinin genelde iyi olması nedeniyle) “iyi” kalitede değerlendirilmiş olsa da yer yer ve dönemsel olarak orta/zayıf kalite özellikleri de yansıttığından riskli bir bölge olarak değerlendirilmelidir.



Şekil 28 Marmara Denizi kıyı su yönetim birimlerinin 2019 yılı ekolojik kalite değerlendirmesi (Kaynak: ÇŞİDB-ÇEDİDGM ve TÜBİTAK-MAM (2020) Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme İş 2017-2019 Marmara Denizi Özet Raporu, TÜBİTAK MAM Matbaası Gebze/Kocaeli, ANKARA-2020.)

Bu sonuçlar, Marmara Denizi kıyı su kütlelerinin durumunun büyük ölçüde “orta” ve altı kalitede olduğunu göstermekte, özellikle de körfezler, Marmara'nın doğusu ve Susurluk etkisindeki güney bölgede bu durumun neredeyse sabitlendiği anlaşılmaktadır. Kuzey batı bölgelerdeki kalite durumunun ise giderek kötüleştiği sinyalleri mevcuttur. Buna ek olarak, derin basende özellikle oksijenin, tarihsel ve güncel veriler birlikte incelendiğinde, özellikle doğu basende neredeyse tamamen yok olduğu bilinmektedir (Bkz. Üst bölümler ve DEN-İZ raporları).

Program kapsamında, İstanbul ve Çanakkale Boğazları'nın denizlerle bağlantılı kesitlerinde su kolonu boyunca düzenli fiziksel ve kimyasal ölçümler yapılmaktadır, ancak, aynı döneme denk gelen akıntı ölçümleri mevcut değildir. Bu nedenle, dönemsel madde taşınım hesaplarına gidilmemiştir. Bu yöndeki en güncel çalışma MARMOD Faz I ile ortaya konulmuş ve ilgili projenin raporunda daha önceki yıllarda yapılan çalışmalar da değerlendirilmiştir (ÇŞİDB ve ODTÜ-DBE, 2017).

Denizcilik faaliyetlerinin artmasıyla birlikte ülkemiz kıyı alanlarında bulunan liman, marina ve dere ağızlarında, zaman içerisinde biriken sediman tabakasının taranarak, bu yerlerin derinleştirilmesi ihtiyacı büyük ölçüde artmıştır. “(111G036) (T1007) **Deniz Dip Tarama Uygulamaları ve Tarama Malzemesinin Çevresel Yönetimi (DİPTAR)**” Projesi, ülkemizde dip tarama aktivitelerinin ve dip tarama malzemesinin, ekosisteme ve insan sağlığına zarar vermeden sürdürülebilir kullanım ilkeleri doğrultusunda yönetimine duyulan ihtiyacı karşılamak amacıyla 1 Ekim 2013 tarihinde TÜBİTAK KAMAG 1007 Programı desteği ile başlatılmıştır. Proje 1 Ekim 2016 tarihinde tamamlanmıştır. TÜBİTAK MAM ÇTÜE, ODTÜ DBE ve İÜ DBİE ortaklığı ile gerçekleştirilmiş olan **DİPTAR projesi** kapsamında, uluslararası kriterleri dikkate alan, güncel veri ve bilgiyi, mevcut ve yeni ölçümlerle ülkemize özgü koşullara uygun dip tarama malzemesinin denize boşaltımı, faydalı kullanımı ve bertaraf koşullarına uygun yönetmelik altlıkları hazırlanmıştır (TÜBİTAK MAM, 2016a). Söz konusu, çalışmalara istinaden T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından **2020 yılı 31008 sayılı Deniz Dibi Taraması ve Dip Tarama Malzemesinin Çevresel Yönetimi Yönetmeliği ve 2020 yılı Dip Taraması ve Boşaltım Faaliyetleri Uygulama ve Yetki Devri Genelgesi yayımlanmıştır.**

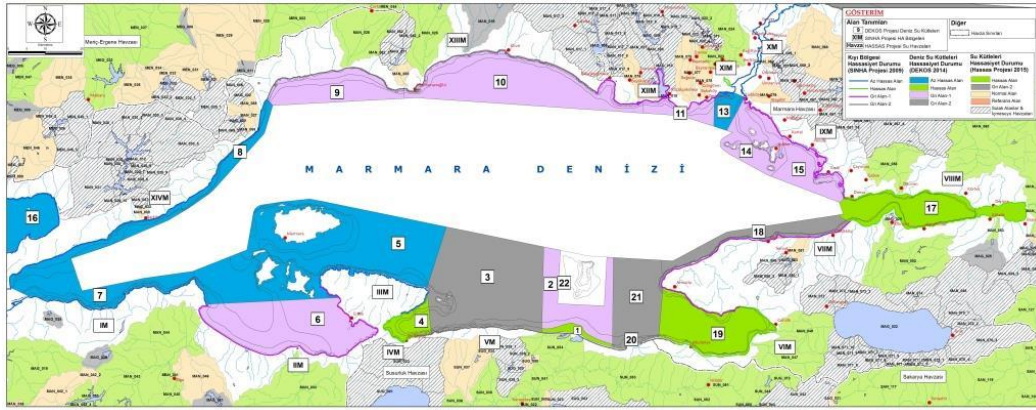
Proje kapsamında; dip tarama malzemesi yönetimi ile ilgili uluslararası protokoller, kılavuzlar, veri tabanları ile temel kaynaklar incelenmiştir. Türkiye kıyılarından seçilen, farklı insan aktivitelerinin baskısı altındaki 15 pilot tarama alanında ve bunların açığındaki potansiyel boşaltım alanlarında gerçekleştirilen biyojeokimyasal ölçüm/analiz çalışmaları ile tarama ve potansiyel boşaltım alanlarının mevcut su kalite özellikleri ortaya koyulmuştur. Proje ile Boşaltım Alanları belirleme metodolojisi ve kriterleri, Tarama Alanı Numune Alma Yöntemi, Tarama İhtiyaçları Haritaları, Denizlerimizdeki Boşaltım Yapılamayacak Alanlar, Denizlerimizde Belirlenen ve döküye izin verilebilir Boşaltım Alanları belirlenmiştir.

Ülkemiz Kıyı ve Geçiş Sularında Tehlikeli Maddelerin Tespiti ve Ekolojik Kıyı Dinamiği (KIYITEMA) Projesi kapsamında, kıyı dinamiklerinin de ortaya konularak “Spesifik kirleticiler için Çevresel Kalite Standartları” belirlenmiş ve buna göre deşarj standartları oluşturulmuştur. Ayrıca, alıcı ortama spesifik, atıksu deşarj limitlerinin belirlenmesi için geliştirilen metodoloji ve veritabanı hazırlanmıştır. 10 Ağustos 2016 tarihinde Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğinde, yerüstü su kaynakları için belirli kirleticiler ve çevresel kalite standartları yayımlanmıştır.

Türkiye Kıyılarında Kentsel Atıksu Yönetimi Projesi (SINHA) kapsamında (TÜBİTAK MAM, 2011), Türkiye Kıyıları Sıcak Nokta (SN) ve Hassas Alanlarının (HA) Güncellenmesi / Değerlendirilmesi

- Ülkemiz SN/HA Kıyusal Alanlarında Sınırlayıcı Besin Elementlerinin Belirlenmesi ve Ötrofikasyon (Su Kalitesi) + Açık Deniz Model Uygulamaları
- Ülkemiz Kıyusal Alanları SN/HA'ları İçin En Uygun/Sürdürülebilir Atıksu Arıtım Yönetim Modellerinin Belirlenmesi çalışmaları tamamlanmıştır.
- Türkiye kıyı yerleşimlerinde kara kökenli kirlilik kaynaklarının değerlendirilmesi, kıyı yerleşimleri için mevcut kentsel atıksu arıtma tesislerinin iyileştirilmesi yatırım planı, kentsel atıksu arıtma tesisleri için arıtım ve atıksu geri kazanım alternatifleri ve kıyı yerleşimleri için yeni kurulacak kentsel atıksu arıtma tesisleri yatırım planı hazırlanmıştır.

Ayrıca, uluslararası sözleşmelere göre ülkemiz kıyıları için belirlenen “Türkiye Kıyıları Sıcak Nokta ve Hassas Alanları” listesi ve Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği'ne uygun olarak kıyı alanlarında belirlenen hassas/az hassas alanlar listesi hazırlanmıştır. 2009 Yılında mülga T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği hassas/az hassas alanlar tebliği yayınlanmıştır. **2016 yılında ise SINHA, DEKOS projelerinin çıktıkları, Hassas Projesi kapsamında tekrar değerlendirilmiş olup, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından “Hassas Su Kütleleri İle Bu Kütleleri Etkileyen Alanların Belirlenmesi ve Su Kalitesinin İyileştirilmesi Hakkında Yönetmelik” yayınlanmıştır.**



Şekil 29 SINHA – DEKOS – Hassas Projesi sonuçlarına göre Marmara Denizi Durum tespiti
(Kaynak: HASSAS Proje Sonuç Raporu 2016)

Marmara Denizi kritik körfezlerin mevcut durumun ortaya konulması ve önerilerin hazırlanması amacı ile aşağıdaki proje çalışmaları devam etmektedir;

- İSKİ - Denizde ve Haliç'te Su/Sediment Kalitesi ve Haliç'te Biyoçeşitliliğin İzlenmesi - Haliç'te 10 örnekleme noktasında aylık olarak, Marmara Denizi'nin İstanbul çevresi olan deniz çalışması ise 32 noktada iki aylık periyotlarla yapılmaktadır. Bu çalışmada, İstanbul Boğazı yolu ile alt ve üst suların taşıdığı su ve madde miktarları takip edilebilmektedir.
- İzmit Körfezi - Su Kalitesinin ve Karasal Girdilerin İzlenmesi ve Kirliliğin Önlenmesine Yönelik Önerilerin Geliştirilmesi (İK-İZ) - İzmit Körfezi'nde Ekim 2007 tarihinde gözlemlenen beyaz renkli mukus oluşumlarının nedenini anlamak ve sistemdeki değişiklikleri gözlemek için zamana bağlı izleme çalışmalarının süreklilik arz edecek şekilde yapılması gerekliliği 2007 yılı sonlarında Kocaeli Büyükşehir Belediyesi'ne (KBB) aktarılmıştır. İzmit Körfezi'nde yapılan/yapılacak yatırımların etkilerinin izlenmesi, başarılı kıyı yönetim planlarının oluşturulması ve temiz bir İzmit Körfezi'ne kavuşmak için proje 2008 yılında başlatılmış olup 13 yıldır düzenli ve sık aralıklı olarak devam etmektedir (KBB, TÜBİTAK MAM 2008-2021).

- Gemlik Körfezi - Su Kalitesinin İzlenmesi Değerlendirilmesi ve Deniz Deşarjı Hatlarının İzlenmesi Projesi - Gemlik Körfezi'nde deniz suyu kalite çalışmaları 33 noktada, Gemlik Körfezi'ne derin deniz deşarjı yapılan 4 noktada mevsimsel olarak yapılmaktadır.

TÜBİTAK MAM ÇTÜE 2021 Yılında Müsilaj Özelinde Tamamlanan Başlıca Çalışmalar

Nisan 2021 tarihinden itibaren Marmara Denizi'nden alınan müsilaj içeren deniz suyu örneğinde tuz giderimi yapıp kalan örnek kurutulduktan sonra yapısı hakkında bilgi sahibi olabilmek adına FT-IR analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda; "Atık Yönetimi Yönetmeliği" kapsamında numunelerin tehlikeli olup olmadığının belirlenmesine yönelik analizler ve müsilajın farklı amaçlar için kullanılabilirliğine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda, AYY kapsamında Pendik bölgesinden alınan örnekler tehlikeli bulunmamıştır. Numunelerdeki organik karbon içeriği düşük, diğer kalan büyük kısmın ise inorganik yapı (NaCl, FeSO₄, MgSO₄, CaCO₃, SiO₂ vb.) içermesinden ötürü biyometanizasyon tesislerinde metan üretimi için uygun görülmemiştir. Müsilajın gübre amaçlı kullanımına yönelik analizler kapsamında ise; numunelerin "Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik" maddesinde yer alan ağır metaller ve patojenler için belirlenen değerler açısından uygun olduğu, fakat her iki numunenin de yüksek oranda tuz (NaCl) içermesi sebebiyle tuz giderimine yönelik bir ön işlem yapılmadan doğrudan tarımsal amaçlı olarak kullanılmasının uygun olmayacağı belirlenmiştir.

Marmara Denizi metal kirliliği durumuna yönelik yapılan çalışmalara da katkı verecek şekilde; gerçekleştirilen kirlilik izleme projelerinde geçtiğimiz senelerde yapılan sedimanda kirletici analizleri sonucu Marmara Denizi'nde özellikle İzmit Körfezi'nde ekosisteme etkisi açısından yüksek cıva seviyeleri (7 mg/kg'a kadar) tespit edilmiştir. Ayrıca İstanbul'da Küçükçekmece ve Tuzla bölgesinden alınan sediman örneklerinde kadmiyum (2,5 mg/kg'a kadar), bakır (540 mg/kg'a kadar), kurşun (105 mg/kg'a kadar) ve çinko (1300 mg/kg'a kadar) metallerinde yüksek zenginleşmeler olduğu görülmüştür. Marmara Denizi'nin güney şelfinde Gemlik Körfezi, Bandırma Körfezi ve Susurluk Nehri açıklarından alınan sediment örneklerinde de yüksek metal konsantrasyonlarına rastlanmıştır. 2021 yılında ise Marmara Denizi'nde meydana gelen müsilaj olayı kapsamında İstanbul'da Tuzla ve Pendik sahilleri ile İzmit Körfezi'nden toplanan müsilaj örnekleri incelenerek, analizleri yapılan metal sonuçları Atık Yönetimi Yönetmeliği (AYY)'ne göre değerlendirilmiştir. Yüksek zehirlilik içeren metaller açısından ölçülen değerlerin limit seviyelerin altında olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan değerlendirmeler anlık alınan müsilaj örnekleri sonuçları olup, müsilaj içeriği ve tehlikeliliğinin bölgeden bölgeye farklılık gösterebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Tuzla bölgesinden alınan müsilaj örneklerindeki metal içeriklerinin Pendik ve İzmit Körfezi'nden alınan numunelere göre daha yüksek bulunması bunun bir göstergesidir. Her ne kadar AYY'ne göre metal seviyesi açısından tehlikeli olmadığı görülse de, müsilaj numunelerinin metal birikimi yaptıkları bilinmektedir (Lodeiro vd., 2005; Tien vd., 2005). Müsilajın denizde kalma süresine göre kirletici biriktirme kapasitesi de değişmektedir. Aynı bölgeden eş zamanlı alınan yeni oluşmuş müsilaj numuneleri ve daha eski numuneler arasında metal seviyeleri açısından farklılıklar tespit edilmiştir. Yapılan karşılaştırma sonuçlarında eski müsilaj örneklerinde daha yüksek seviyelerde ağır metale rastlanılmıştır. Müsilajda görülen bu metal seviyeleri deniz suyundakinden daha fazla olup zaman zaman deniz sedimentlerinde bulunabilecek seviyelerde tespit edilmiştir. Tuzla'dan alınan ve kurutulmuş müsilaj örneklerinde 400 mg/kg seviyelerinde bakır, 300 mg/kg seviyelerinde çinko ve 48 mg/kg seviyelerinde kurşun içeriği tespit edilmiştir. Bu durumun ekosistemde yer alan canlılar ve bu bölgelerde yaşayan deniz canlılarını tüketen insanlar üzerinde risk teşkil edebileceği düşünülebilir.

TÜBİTAK MAM ÇTÜE olarak izleme projeleri kapsamında şu anda Marmara Denizi'nde müsilaj sonrası sediment ve biyota (balık ve midye) örneklemeleri devam etmektedir. Elde edilecek güncel analiz sonuçları ile uzun süredir devam eden izleme çalışmalarındaki geçmiş veriler birlikte değerlendirilip, müsilaj öncesi ve sonrasındaki ekosistemdeki kirlilik seviyesindeki değişimler bilimsel veriler ışığında ortaya konulacaktır.

ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü Marmara Denizi Müsilaj Oluşumuna Yönelik Çalışmalar ve Ön Değerlendirmesi

Çalışmanın Kapsamı

Haziran 2021'de ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü'ne ait olan Bilim-2 Araştırma Gemisi MARMOD Faz II projesi kapsamında ilk planlı seferini gerçekleştirmek üzere Marmara Denizi'ne gitmiştir. Ancak neredeyse tüm Marmara'ya yayılan müsilajı ve etkilerini yerinde gözlemleyip anlamak, su kolonu içindeki dağılımını araştırmak için T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ile koordineli olarak Bilim-2 gemisi, 10 gün olarak planlanan sefer süresini 40 güne çıkarmış ve tüm Marmara'da sürekli araştırmalara devam etmiştir. Mevsimsel koşulların izlenmesi ve de müsilajın durumunun takip edilmesi için 12-19 Eylül 2021 tarihleri arasında üçüncü bir araştırma seferi gerçekleştirilmiştir.

Bu süreçte MARMOD Faz II projesi kapsamında yapılması planlanan 35 istasyonun yanı sıra 139 ek istasyonda ölçümler ve örneklemeler yapılmıştır. Bu örneklemeler sırasında müsilaj, ağ gözeneklerini ve ölçüm cihazlarının pompalarını tıkayacak kadar su kolonunda yoğun olarak gözlenmiştir. Çalışmaların ilk etabı Temmuz 2021 ortasında tamamlanmış olup; müsilajın yapısı, içeriği ve etkilerinin izlenmesine yönelik ek bilimsel çalışmalar planlanmıştır.

Müsilajın yapısının anlaşılması ve etkilerinin izlenmesine yönelik planlanan ve sürmekte olan çalışmalar:

- Müsilajın kimyasal yapısını anlamaya yönelik analizler

Müsilajın organik ve inorganik yapısının çıkartılması, içeriğinde varsa toksinler araştırılması hedeflenmiştir. Böylece deniz suyunda bu yapıların izlenmesi ile müsilajın önceden tespit edilebilmesine yönelik ipuçları araştırılmaktadır.

- Ortamdaki oksijen bütçesinin çıkartılması

Belirli istasyonlarda yüzey tabakasında oksijen tüketim hızları ölçülelerek, müsilajlı materyalin ortamdaki oksijeni ne kadar tükettiği hesaplanmaktadır. Ayrıca birincil üretim ölçülerek, fotosentetik aktivite izlenmektedir.

- Mikroskobik bitki türleri (fitoplankton) ve bakteri çalışması

Fiziksel dinamiklerin hızlı değişim gösterdiği belli istasyonlarda fitoplankton ve bakteri profillerine bakılmaktadır.

- Zooplankton çalışması

Marmara Denizi'nde 2021 ilkbahar-yaz döneminde tespit edilen müsilajın zooplankton topluluğu üzerine olan olası etkileri araştırılmaktadır. Bu çalışmada denizel ekosistemde birincil tüketici olan ve aynı zamanda küçük pelajik balıkların besinini oluşturan zooplankton

topluluğundaki komünite yapısındaki değişimin belirlenmesi, dağılımı ve bolluk durumunun müsilaj oluşum dönemi ve sonrasındaki değişimlerin tespit edilmesine yöneliktir.

- Genetik çalışmalar (hızlı sonuç almaya ve değerlendirme yapmaya yönelik)

Müsilaj yapısındaki patojenler dahil bakteri grupları ve bunların görece bolluklarının tespit edilmesine yönelik çalışmalar devam etmektedir. Böylece bu yapı içerisindeki bakteri yapısı ortaya konabilecektir. Eğer varsa hastalık etkeni bakterilerin de varlığı ve ekosisteme olası etkileri ön görülebilecektir. Ayrıca, müsilaj yapısındaki müsilaj içindeki protist, mantar, alg, bitki ve omurgasız hayvanların tespiti için genetik metotlarla analizleri yapılmaktadır.

Bu çalışmalar sürerken mevsimsel koşulların izlenmesi ve de müsilajın durumunun takip edilmesi için Eylül 2021 ortasında Bilim gemisi yeniden Marmara'ya intikal etmiştir. 11 Eylül - 25 Eylül 2021 arasındaki Marmara seferinde Bilim gemisi Boğazlar sistemi de dahil 110 istasyonda sıcaklık, tuzluluk, fitoplankton üretimi, oksijen, bulanıklık dahil Marmara Denizi sağlığına dair her türlü oşinografik değişken ölçülmüş ve örneklenmiştir. Ayrıca 200 km'yi aşan Scanfish cihazı ile gerçekleştirilen hatlar ile üst 80m'de toplam 1500 profil daha toplanmış ve denizin ilk 80 metresinin sürekli taraması yapılmıştır.

Meydana gelen müsilajın ortaya çıkış nedenlerinin ayrıntılı ve geçmiş verilerle kıyaslanarak ortaya konabilmesi için MARMOD Faz II kapsamında öngörülen sayıdan daha fazla yapılan ölçüm ve örneklemlerin laboratuvar ve veri analizleri sürdürülmektedir.

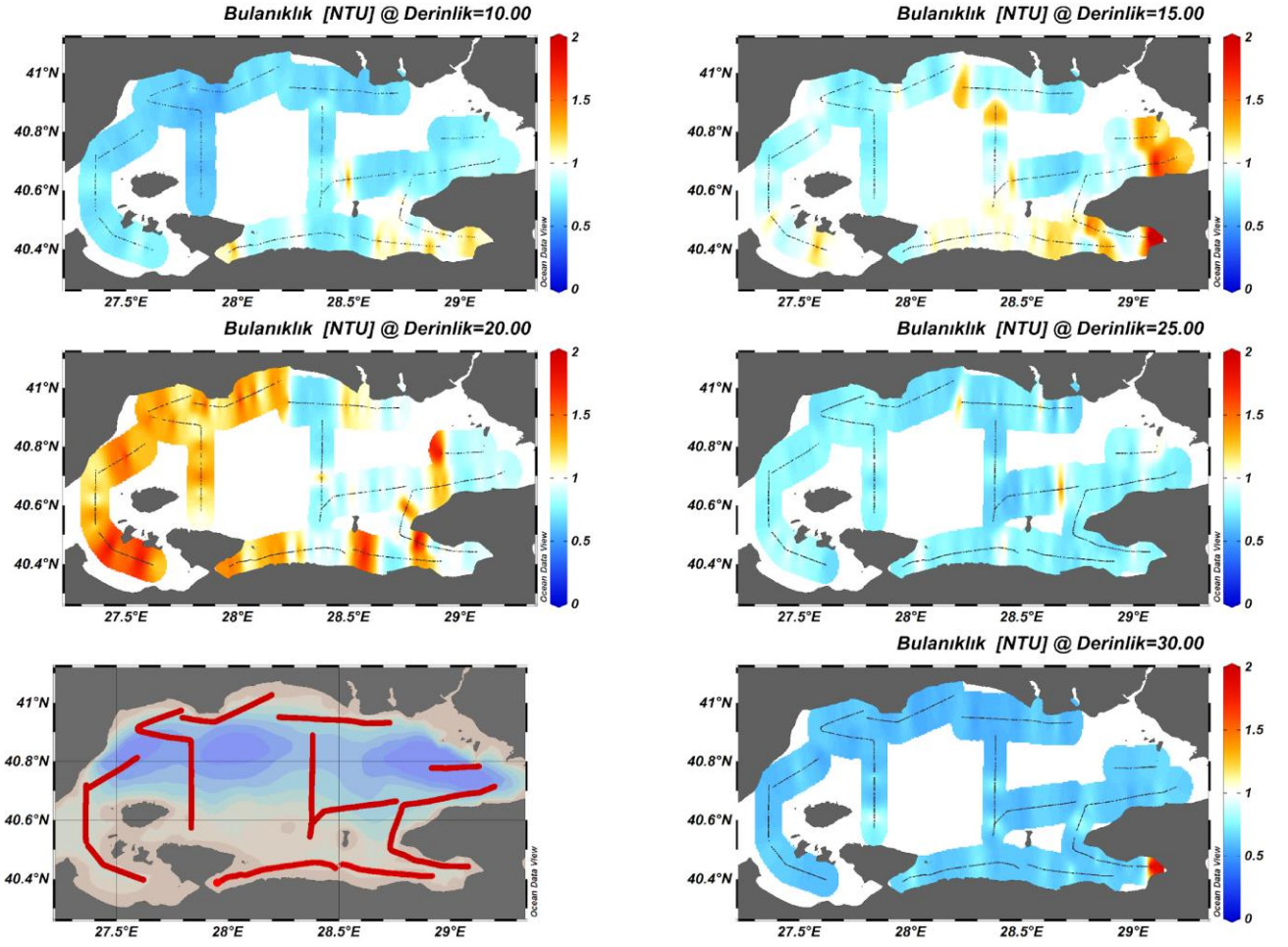
- ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü'nce gerçekleştirilen Marmara Denizi müsilaj çalışması ön değerlendirme sonuçlarına göre;

1. Scanfish (Su Kolonu Tarayıcısı)

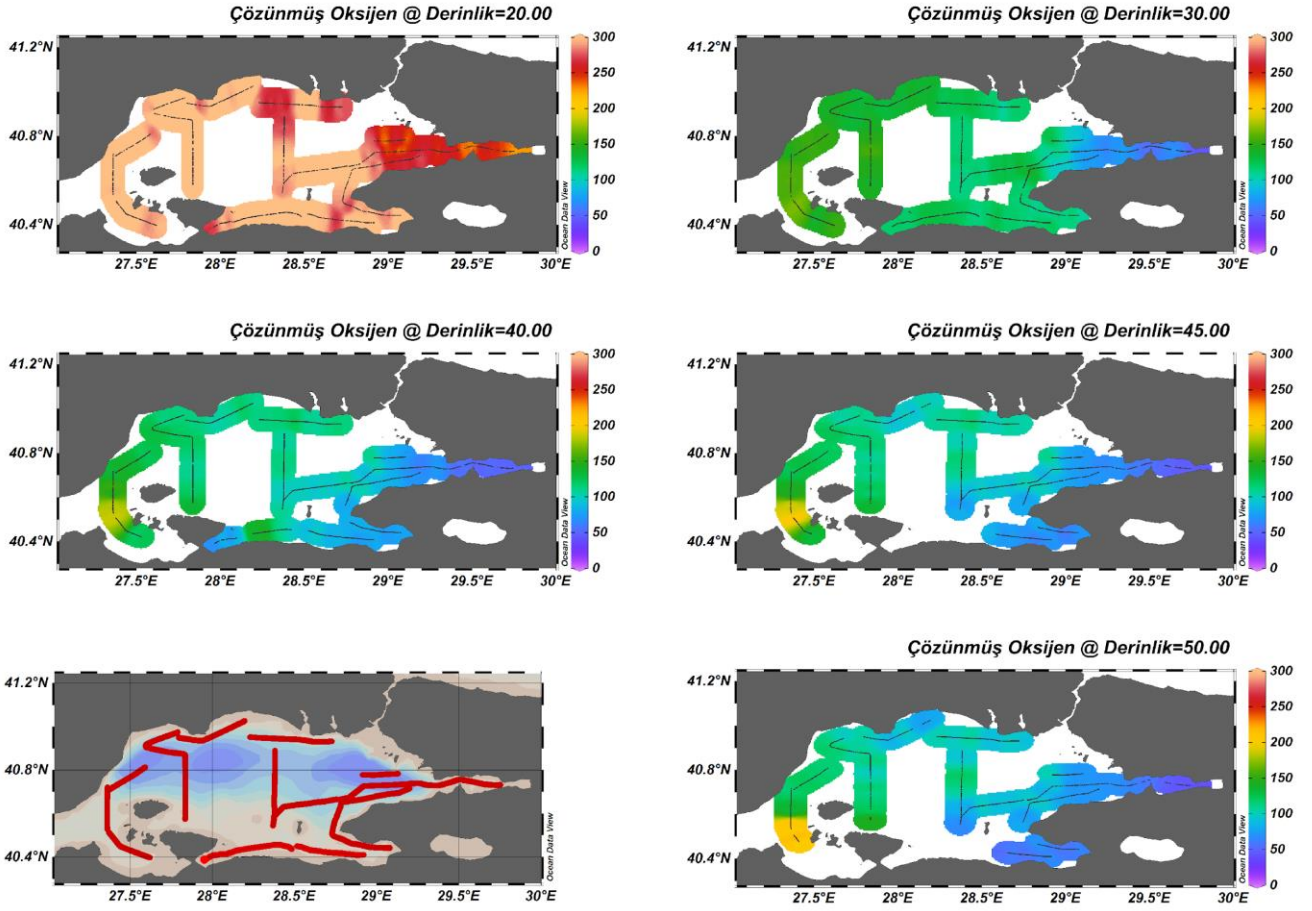
Müsilajın yayılım sürecini incelemek için gerçekleştirilen araştırma seferinde Scanfish ile tarama yapılmıştır. Marmara Denizi'nde toplam 500 km uzunluğunda hat boyunca yüzeyden 50 metre su derinliği arasında sürekli olarak sıcaklık, iletkenlik (tuzluluk), çözülmüş oksijen, klorofil ve bulanıklık parametreleri ölçülmüştür.

Henüz işlenmemiş Scanfish (Su Kolonu Tarayıcı) verileri ile Marmara Denizi'nde yapılan çözülmüş oksijen ve bulanıklık taraması CTD profilleri ile de uyumlu olarak müsilajın özellikle 10-25 m bandına sıkıştığı bulgusunu ortaya çıkarmıştır (Şekil 30 ve Şekil 31). Bu durum, yüzeyde müsilaj gözlenmesi veya gözlenmesinin değişmemiştir. İlk 10 metre ise nispeten müsilaj içermemektedir.

Marmara Denizi'nde yapılmış olan scanfish çekimlerinin henüz işlenmemiş verileri su kolonu boyunca oksijen değerlerinin önemli değişimini göstermektedir. Işıklı tabakadaki aşırı üretim oksijeni yüksek düzeylerde tutmakta ancak hemen ışıklı tabakanın altında ise oksijen değerleri çok hızlı şekilde azalmaktadır. Özellikle İzmit, Bandırma ve Edremit körfezlerinde 30 metre derinlikten sonra oksijen değerleri 80 mikromolar olan kritik seviye altına inmektedir. Diğer bölgelerde görece daha yüksek değerler ölçülmüş olsa da tüm basende 50 metreden sonra kritik eşiğin altına düştüğü görülmektedir. Diğer taraftan Çanakkale Boğazı girişinde yapılan kesitten de açıkça görüleceği gibi Akdeniz'den gelen oksijen zengin suların sadece ana akıntı içerisinde yüksek değerlere ulaşmakta, buna karşın yakın bölgeleri bile beslemekte yetersiz kalmaktadır. Doğu-Batı hattı ise Çanakkale'den giren Akdeniz suyunun orta Marmara'ya ulaşmadan oksijeninin tükendiğini göstermektedir.



Şekil 30. Marmara Denizi'nde belirlenen hatlarda Scanfish cihazı ile farklı derinliklerde ölçülen bulanıklık değerleri (henüz işlenmemiş ham veri sonuçlarından haritalar oluşturulmuştur)



Şekil 31. Marmara Denizi'nde belirlenen hatlarda Scanfish cihazı ile farklı derinliklerde ölçülen çözülmüş oksijen değerleri (mikromolar) (henüz işlenmemiş ham veri sonuçlarından haritalar oluşturulmuştur)

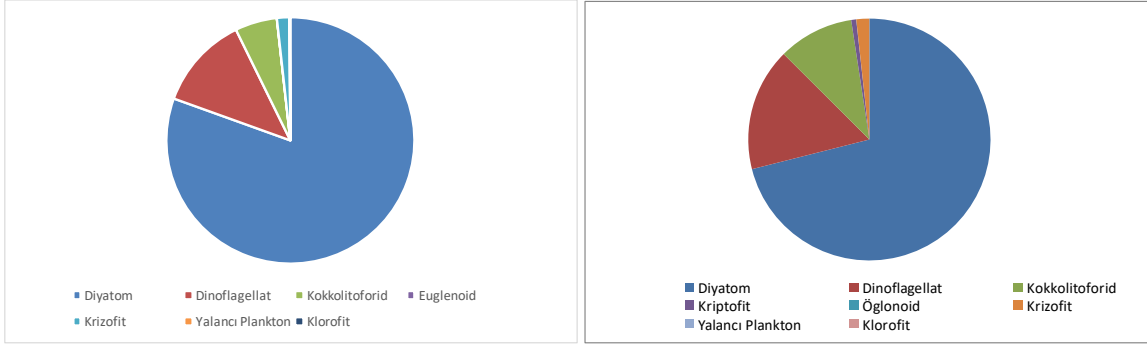
2. Müsilaj Yapısının Kimyasal Analizi

Müsilajın yapısını ortaya çıkarmaya yönelik gerçekleştirilen kimyasal analizlerin ön sonuçları, müsilajın kimyasal yapısında daha önce Adriyatik, Tiren ve Marmara Denizlerinde görülen ile büyük benzerlik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Polisakkaritler, proteinler, karboksilik asit ve halkalı yapılar müsilajın ana kısımlarını oluşturmaktadır. Bu sonuç, son dönem oluşan müsilajın öncekiler gibi spesifik deniz organizmaları kaynaklı bir salgı olduğu hipotezini desteklemektedir. Ayrıca yapılan analizler sonucu yüzey ve su kolonundan ayrı ayrı örneklenen deniz salyalarının arasında yapısal olarak önemli bir farklılık tespit edilmemiştir. Örneklenen müsilaj, yapısal olarak diğer denizlerde deniz salyası oluşumlarına çok benzer bir elemental yapı göstermiştir.

3. Fitoplankton Çalışması

Fitoplankton çalışmaları kapsamında ise, süreç içinde fitoplanktonun gelişimini net görebilmek için sefer başı ve sonuna ait örnekler tercih edilerek çalışılmıştır. Bir aylık süreç içinde fitoplanktonda tür çeşitliliğinde ve hücre sıklığında farklılıklar gözlenmiştir. Her iki dönemde de fitoplanktonda baskın grubun diyatomlar olduğu görülmüştür (Şekil 32). Diyatomları sırası ile dinoflagellat ve kokkolitoforidler ve diğerleri izlemiştir. Haziran başında görece küçük diyatomlar haziran sonunda ise büyük boy diyatomun (*Cerataulina pelagica*) aşırı artış yaptığı gözükmektedir. Her iki dönemde de diyatom türleri baskın olarak bulunmuş ve bunları 4. sırada

kokkolitoforid *Emiliana huxleyi* türü izlemiştir. Bu durum bize besin tuzlarından azot ve fosforun yanı sıra diyatomların gelişmesi, iskelet yapılarının (frustul) oluşabilmesi için en elzem tuzlardan silikatın yeterli düzeyde ortamda mevcut olduğuna işaret etmektedir. Silikatın ortamda bol bulunduğu diyatomlar tarafından hızlıca tüketildiği ve ölüm sürecini (post-bloom) takiben yine hücrelerin çökeldiği tabakada çözüldüğü bilinen bir durumdur. Marmara Denizi yüzey ve yüzeye yakın sularda bolca gelişen diyatomun silikat gereksinimini doğal girdilerin yanı sıra rejenere silikatten de fazlası ile sağladığı düşünülebilir. Hücre sıklık profilleri incelendiğinde ölen popülasyonun çok düşük bir oranının haloklin altına indiği anlaşılmaktadır. Bu durum bize yüzey ve yüzeye yakın sularda gelişen fitoplanktonun ölümünü takiben haloklinin hemen üzerinde (yaklaşık 15-30 m derinlikler arası) biriktiğini ve orada rejenere olduğunu göstermektedir. Kuvvetli poyraz ve lodos durumlarında bu derinliklerden yüzeye doğru rejenere besin tuzlarının taşınımı büyük olasılıktır. Dolayısı ile Marmara Denizi besin tuzları içerikleri bağlamında kendi doğal kısır döngüsü yanı sıra diğer doğal ve antropojenik girdilere aşırı düzeyde maruz kaldığından müsilaaj oluşumu sürpriz bir durum olarak addedilmemelidir.



Şekil 32. 1-11 Haziran 2021 (sol) ve 27 Haziran-2 Temmuz 2021 (sağ) Marmara fitoplanktonu grup dağılımı

Haziran başı ile sonu arasındaki büyük farklılıklardan bir tanesi de Haziran başında incelenen istasyonların tamamının yüzey sularında fitoplankton sıklığı fitoplankton aşırı artışı (bloom) adı verilen litrede bir milyon hücre ve üzeri seviyeyi geçmiştir. 20 metre altında gözlenen diyatomların hemen hemen büyük çoğunluğu ölü hücreler olup geriye sadece iskelet yapılarının kaldığı bir durum söz konusudur. Haloklin alt sınırı olarak kabul edebileceğimiz 30 m derinlik ve aşağısında ise çoğunlukla çözülmekte olan diyatom iskeletlerini (frustul) görülmektedir. Marmara için en büyük tehdit buradan kaynaklanmaktadır. Fitoplankton gelişimi yüzey ve yüzeye yakın çok sık bir tabakaya indirgenmiş olup hemen altında rejenere prosesler hâkim olmaktadır. Alt ve üst su arasında keskin bir bariyer olarak duran haloklin tabakası büyük oranda modifiye olmuş üst Marmara suyu ile alt Akdeniz suyu arasında katı ve sıvı madde transferinde bariyer olarak rol oynamaktadır. Diğer durumda, yüzeyde gelişen fitoplankton zaman içinde ölümünü takiben aşağılara, tabana doğru giderek çökelse bu durumun müsilaaj oluşumunu daha farklı ve azaltıcı yönde etkileme olasılığı yüksek olacaktır. Karadeniz ve Akdeniz'de ışıklı zonda gelişen fitoplankton (özellikle iskelet yapısında kalsiyum karbonat ve silikat içeren kokkolitoforid ve diyatomlar gibi) ölümü sonrası doğal bir şekilde tabana kadar çökebilmektedir fakat bu durum Marmara için daha farklı gelişebilmektedir.

4. Plankton Metabolizması ve Müsilajın Etkisi

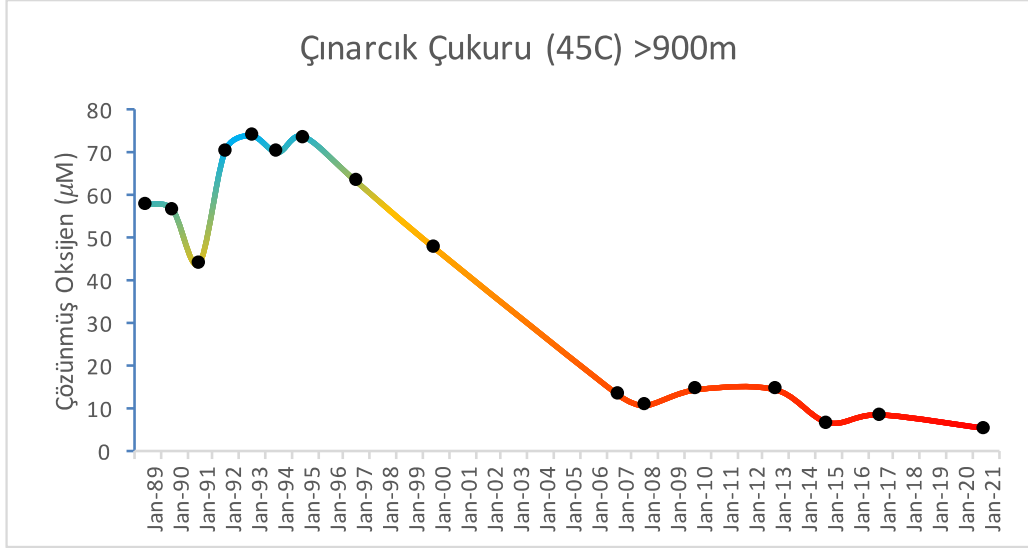
Marmara Denizi'nde 2021 ilkbahar-yaz aylarında oluşan müsilajın su kolonunda oksijen tüketim hızlarını arttırarak yaratabileceği oksijen azalmasını deneysel ve yerinde ölçümler ile araştırıp, plankton solunumu ve birincil üretimi ile çevresel değişkenler arasında bağlantı kurup oksijen dengesi anlaşılmasına çalışılmıştır.

Marmara Denizi'nde plankton solunumu (oksijen tüketimi) süreçlerinin ve müsilajın bu süreçlere etkilerinin saptanması, birincil üretim/müsilaj oluşumunda ve tüketiminde yer alan planktonik organizmaların (fitoplankton, bakteri) rollerinin ortaya konması ve Marmara Denizi'nde uzun süredir haloklin ve haloklin altı sularda yaşanan oksijen azalması veya hipoksianın sebeplerini ve müsilajın etkilerini kantitatif yöntemler ile saptamak araştırmanın hedeflerini oluşturmaktadır.

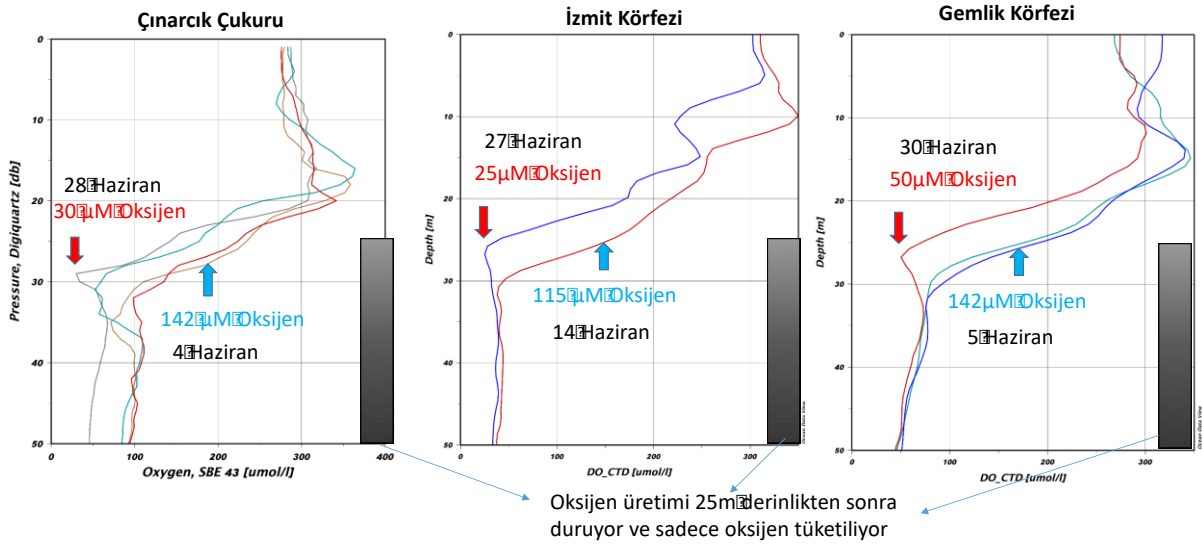
Bu çalışma 2021 Marmara Denizi'nde meydana gelen oldukça büyük müsilaj olayında başrolünü oynayan plankton (fitoplankton-bakteri) metabolizmasını anlamaya ve müsilajın yaratabileceği oksijen azalmasını tahmin edebilmeye yönelik deneysel, anlık ölçümler ve tarihsel verilerin kullanılmasını içermektedir.

Gerçekleştirilen çalışmanın ön verileri özetlenecek olursa;

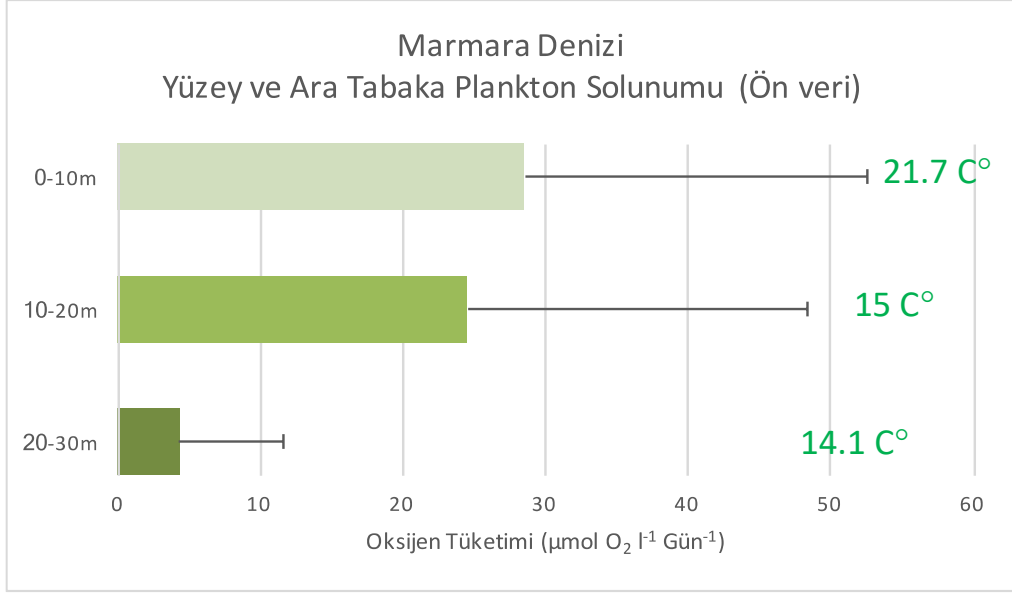
- Marmara Denizi'nin en derin noktası olan Çınarcık Çukuru'nda çözülmüş oksijen seviyeleri anoksik seviyeye çok yakındır ve bir iyileşme gözükmemektedir (Şekil 33).
- Doğu Marmara'da yapılan CTD oksijen ölçümleriyle 1 aylık süreçte ara tabakada belirgin oksijen azalması ($90\mu\text{M O}_2$) gözlemlenmiştir (Şekil 34).
- Marmara Denizi'nde müsilajın yoğun olduğu derinliklerde (0-20m) oksijen tüketimi derinlere göre fazladır (Şekil 35).
- Marmara Denizi'nde 0-20 metre arasındaki sıcaklıkların Eylül ayına kadar en az 3°C daha ısınması beklenirken, bu dönemde oksijen tüketiminin de artması beklenmektedir.
- Işıklı tabakada (0-20m) oksijen üretimi ve atmosferik oksijen girdisi olduğundan oksijen azalması beklenmemektedir.
- Işığın kaybolduğu derinliklerde ($>20\text{m}$), CTD ölçümleriyle paralellik gösteren deneysel çalışmalar sonucu oksijen tüketimi etkilidir ($5\ \mu\text{mol O}_2\text{ l}^{-1}\ \text{Gün}^{-1}$)



Şekil 33. Çınarcık Çukuru'nda 900m'nin altında ölçülmüş çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının zamansal değişimleri.



Şekil 34. CTD cihazı ile ölçülen suda çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının zamana göre karşılaştırılması.



Şekil 35. Marmara Denizi yüzey ve ara tabakada plankton solunumu sonuçları

Marmara Denizi'nde plankton metabolizması ve müsilajın su kolonunda oksijen tüketimi ilişkisini anlamaya yönelik deneysel bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Marmara Denizi'nde Haziran 2021'de geniş ölçekli müsilaj olayı sırasında yapılmış bu çalışmada; özellikle Doğu Marmara bölgesinde (Çınarcık Çukuru, İzmit ve Gemlik Körfezleri) yaklaşık 1 aylık süreçte ara tabaka diye tabir edilen haloklin tabakasında oksijen konsantrasyonlarının azaldığı, hipoksik (<80 µM O₂) koşulların oluştuğu gözlemlenmiştir. Gerçekleştirilmiş bu çalışma ile deneysel oksijen tüketim hızları, saha verileri ile benzerlik göstermektedir. Oksijen tüketiminin parametrize edilmesiyle su kolonunda yakın zamanlı oksijen konsantrasyonları tahmin edilebilecektir.

Alt tabakada oksijen konsantrasyonları yaklaşık 30 yıldır deniz canlılarının yaşamı için gereken oksijen seviyelerinin altındadır. Özellikle Marmara Denizi'nin 1000 metreyi geçen en derin noktalarında ise oksijen bitmek üzeredir. Müsilajın yüzey tabakada oksijen seviyelerinde bir azaltma yapması beklenmemesine karşın ışık seviyelerinin düştüğü derinliklerde (ara ve alt tabaka), müsilajın bakteriler tarafından parçalanmasıyla zamanla oksijen azalmaları beklenmektedir. Bunun yanı sıra, müsilajın tabana çökmeyen kısmının yüzey akıntıları ile Ege Denizi'ne taşınma ihtimali de bulunmaktadır, bu durumda Marmara Denizi'nde beklenen oksijen azalmaları gerçekleşmeyebilir.

5. Zooplankton Çalışması

Zooplankton çalışması ön verileri ise; 2007 yılında Marmara Denizi'nde gözlemlenen müsilaj dönemi yapılan araştırma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. 2021 yılı müsilaj döneminde de zooplankton bolluk miktarında büyük azalmalar tespit edilmiştir. Üçüncü araştırma seferi kapsamında alınan örneklerin analizleri devam etmektedir. Sağlıklı bir değerlendirme yapabilmek için farklı yöntemlerle ve farklı tabakalardan alınan örneklerin analizlerinin tamamlanması gerekmektedir. Analiz çalışmasının tamamlanmasını takiben her üç seferde alınan örneklerin karşılaştırma yapılarak çevresel parametreler ile karşılaştırılması yapılacaktır. Bunun dışında örnekleme yapılan istasyonlarda ileri dönemlerde de örnekler alınarak müsilaj dönemi ve sonrası hakkında durumun değerlendirilmesi planlanmaktadır.

6. Genetik Çalışmalar

Genetik metotların müsilajın yapısının içinde varolan mikrobiyal komuniteleri tanımlamada oldukça başarılı olduğu görülmüştür. Müsilaj oluşumuna neden olan canlı veya canlıların tespiti kapsamında genetik analizler devam etmektedir. İlk veriler; biyofilm oluşturma potansiyeli olan *Alteromonas genovensis* isimli bakteri türünün %10'luk nispi bolluk değeri ile müsilaj yapısında bulunduğunu, bu türü % 6'lık nispi bolluk ile *Psychroserpens mesophilus* bakteri türünün izlediğini göstermektedir. Fotosentetik canlıların tamamı müsilaj oluşturma potansiyeline sahiptirler, bu kapsamda nispi bolluğu % 4 olan Cyanobacterler müsilaj oluşumunda rol oynayan diğer bir canlı grubu olabilir.

- Eylül 2021 Marmara Denizi Araştırma Seferi müsilaj çalışması ön değerlendirme sonuçlarına göre;

Eylül ayında düzenlenen araştırma seferi kapsamında gerçekleştirilen su kolonu ve deniz tabanı örneklemelelerinde, örnekleme yapılan istasyonlarda ve çalışılan derinliklerde görsel olarak müsilaj oluşumuna rastlanmamıştır. Marmara Denizi'nde müsilaj oluşumunun nedeni, etkileri, oluşumunu tetikleyen faktörlerin ne olduğu ve önlenmesine yönelik öneriler ayrıntılı olarak çalışılmaya devam edilmektedir.

Eylül seferi ile elde edilen ilk sonuçlar dört ana grupta toplanabilir:

1. Müsilaj Marmara Denizi'nde hemen hemen kalmamıştır: Yaz başında özellikle 10-25 metre derinlikte sıkışmış olan, hem sensör verileri ile varlığını belli eden hem de ağ örneklemelemleri ile yoğun biçimde görülebilen müsilaj tabakaları 2021 Eylül ayında gözlemlenmemiştir. Derin su örneklerinde ve 20-50 metre arası çeşitli yüzey sediman örneklerinde de herhangi bir müsilaja rastlanmamıştır. Çanakkale Boğazı ve Ege Denizi çıkışında da örnekleme yapılmış, müsilaja rastlanmamıştır. İlk analizlere göre, daha önce yüzey tabakada sıkıştığını gösterdiğimiz müsilajın bir bölümü bu tabakada aktif olan Batı yönlü Karadeniz kökenli akıntı ile Çanakkale Boğazı'ndan çıkış yapmış, ancak ara tabakada bir kısmı kalmış ve burada oksijenli solunum yapan bakteriler tarafından bozunmaya uğramıştır. Kıyısız (<20-30 m derinlik) bölgeler hariç, müsilajın ara tabaka altına geçtiğine dair bir bulguya rastlanmamıştır.

2. Müsilaj bir oksijen faturası bırakmıştır: Oksijen azlığı sorunu ile hâlihazırda mücadele etmekte olan Marmara Denizi ara tabaka geçiş (20-100 m) suları Haziran ayındaki seviyelerden daha az çözünmüş oksijen içermektedir. Özellikle Çınarcık baseni de denilen Doğu Marmara Denizi ve İzmit Körfezi'nde hipoksia eşiği olan 80 µM değeri 22-25 metre derinliğe kadar yükselmiştir. Haziran sonunda bu eşik bu bölgelerde 28-30 metre sınırında olarak tespit edilmiştir. Bu göstermektedir ki eğer yeni oksijen içeren su girdisi olmaz ise hem yaz sonu tabakalaşması hem de yukarıda bahsedilen müsilajın da dahil olduğu organik birikimin bakteriyel çözünmesi ile yüzey suları ciddi oksijen baskısı altına girecektir. Marmara'nın daha derin sularında (>200m) daha önce de görülen çok düşük oksijen seviyeleri büyük bir değişiklik göstermeden devam etmektedir. Oksijen azlığı, Marmara'nın birinci gündemi olarak artarak varlığını sürdürmektedir.

3. Marmara'ya Akdeniz suyu girişi hala nefes vermektedir: Düzenlenen bu seferde Haziran ayında görülmemiş olan bir olgu olarak özellikle Erdek Körfezi, Marmara Adası civarı ve Susurluk nehri deltasının önünü temsil eden güney sahanlıkta 30-100 metre bandında ara tabakaya oksijen girdisi ve yeni su girişi tespit edilmiştir. Üç adet güney-kuzey yönlü Scanfish kesitleri ile bu su girişinin özellikle güneye yeni oksijen pompaladığı, ama orta ve Kuzey Marmara'ya bir etkisinin olmadığı bulunmuştur. Güney Marmara'ya bu yeni oksijen girişinin

özellikle Gemlik Körfezi'ne kadar uzandığı tespit edilmiştir. Müsilajın etkilerini bu yeni Akdeniz su girişi o bölgelerde bir nebze hafifletmiştir. Bunların yanında, derin basende hep gözlemlenen 400-700 m arası Akdeniz suyu kaynaklı küçük bir oksijen girişinin hala devam ettiği de görülmüştür. Çanakkale Boğazi'nden giren Akdeniz suyu Marmara'yı hala ayakta tutmaktadır.

4. Yerel ölçekte bazı kıyı bölgeleri Marmara'nın genelinden de kötü durumdadır ve yerel tedbirlere burada ihtiyaç duyulmaktadır. İzmit ve Gemlik Körfezleri dip sularında tamamen oksijen bitmesi durumu ile karşı karşıyadır. Yukarıda da değinilen yeni su girişi Gemlik Körfezini ve Erdek Körfezini bu sonbahar bir nebze rahatlatacaktır. İzmit Körfezi'ne henüz yeni su girişi gözlenmemiştir. Genel olarak Haziran ayında görece daha az üretkenlik ölçülen Marmara Denizi'nde, bu sefer Bandırma Körfezi'nde aşırı bir biyolojik aktivite ve bağlı bulanıklık gibi su kalitesi sorunları gözlemlenmiştir.

Haziran 2021 ve Eylül 2021'de düzenlenen Marmara Denizi Araştırma Seferleri toplu sonuçlarına göre, Marmara Denizi'nde aşırı müsilaj oluşması, ardından müsilajın bozunması ve ortamdaki ayrılma süreçleri bu denizin dinamiklerinde mevsimsel değişimlerin ötesinde bir değişim yaratmış gibi görünmektedir. **Marmara Denizi'ne olan yayılı ve noktasal kaynak girdilerinin hızla azaltılması, balıkçılık faaliyetlerinin durdurulması ve Marmara Denizi'nin koruma altına alınması elzemdir.**

MARMOD mevsimsel seferlerinin 2022'deki çalışmaları ile bu mevsimsel dinamik daha net ortaya konabilecektir. MARMOD projesi Faz II ile yapılan mevsimsel seferler ve geliştirilecek Dijital İkiz ve üç boyutlu hidrodinamik-biyolojik kimyasal model ile Marmara Denizi sağlığını etkileyen kısa dönemli dinamikler daha iyi çözümlenebilecektir. Ancak bu çalışmalar olgunlaştıktan sonra yeni bir müsilaj beklenebilir mi, ya da Marmara Denizi'ni etkileyebilecek yeni riskler ne olabilir sorularına bilimsel bulgu bazlı cevaplar verilebilir.

Kaynaklar

2. Ulusal Denizlerde İzleme ve Değerlendirme Sempozyumu Bildiri Özetleri Kitabı (2019). ISBN: 978-625-7076-04-3. TÜBİTAK MAM Matbaası Gebze/Kocaeli

ÇŞİDB ve TÜBİTAK-MAM (2020). "Denizlerde Bütünleşik Kirlilik Programı 2020-2022: 2020 Marmara Denizi Sonuç Raporu", TÜBİTAK-MAM Matbaası, Kocaeli.

ÇŞİDB ve TÜBİTAK-MAM (2020). "Denizlerde Bütünleşik Kirlilik Programı 2017-2019: 2019 Marmara Denizi Sonuç Raporu", TÜBİTAK-MAM Matbaası, Kocaeli.

ÇŞİDB ve TÜBİTAK-MAM (2017). "Denizlerde Bütünleşik Kirlilik Programı 2017-2019: 2017 Marmara Denizi Sonuç Raporu", TÜBİTAK-MAM Matbaası, Kocaeli.

ÇŞİDB-ÇYGM ve TÜBİTAK MAM (2014). Deniz ve Kıyı Suları Kalite Durumlarının Belirlenmesi ve Sınıflandırılması (DeKoS) Projesi Final Raporu, Gebze-Kocaeli

ÇŞİDB ve TÜBİTAK-MAM (2017). Deniz İzlemelerinde Standardizasyonun Sağlanması Projesi (DİSSP)- Deniz İzleme Kılavuzları, Gebze-Kocaeli.

KBB ve TÜBİTAK MAM (2008-2021). İzmit Körfezi Su Kalitesinin Ve Karasal Girdilerin İzlenmesi ve Kirliliğin Önlenmesine Yönelik Önerilerin Geliştirilmesi Projesi, TÜBİTAK MAM Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü, Gebze-Kocaeli.

Lodeiro, P., Cordero, B., Barriada, J. L., Herrero, R., & Sastre de Vicente, M. E. (2005). Biosorption of cadmium by biomass of brown marine macroalgae. *Bioresource Technology*, 96(16), 1796–1803.

Tien, Chien-Jung & Sigee, David & White, Keith. (2005). Copper adsorption kinetics of cultured algal cells and freshwater phytoplankton with emphasis on cell surface characteristics. Journal of Applied Phycology. 17. 379-389.

TÜBİTAK MAM (2011). Türkiye Kıyılarında Kentsel Atıksu Yönetimi: Sıcak Nokta ve Hassas Alanların Yeniden Tanımlanması: Atık Özümseme Kapasitelerinin İzleme Modelleme Yöntemleriyle Belirlenmesi ve Sürdürülebilir Kentsel Atıksu Yatırım Planlarının Geliştirilmesi (SINHA). Final Raporu. Destekleyen Kuruluş: TÜBİTAK KAMAG 1007 Programı, Proje No: 116G124, Müşteri Kuruluş: ÇŞİDB-ÇYGM Proje Ortakları: TÜBİTAK MAM, ODTÜ DBE, DEÜ DBTE; 2008-2011. Gebze-Kocaeli.

TÜBİTAK-MAM (2016a). Deniz Dip Tarama Uygulamaları ve Tarama Malzemesinin Çevresel Yönetimi (DİPTAR), Final Raporu, Proje No: 111G036, TÜBİTAK KAMAG 1007 Projesi, Aralık 2016, Gebze-Kocaeli.

TÜBİTAK MAM (2016b). Türkiye’de Havza Bazında Hassas Alanların ve Su Kalitesi Hedeflerinin Belirlenmesi Projesi (HHAP), Final Raporu, Destekleyen Kuruluş: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı – Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Gebze-Kocaeli.

TÜBİTAK MAM (2017a). Denizlerimizin Kara Kökenli Kirleticilere Karşı Korunmasına Yönelik Ulusal Eylem Planının Güncellenmesi Projesi (KKK UEP 2016). Final Raporu, Destekleyen Kuruluş: T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı – Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Gebze-Kocaeli.

TÜBİTAK MAM (2017b), 5178704, ÇTÜE.17.391 Deniz Dibi Tarama Malzemesinin Çevresel Yönetimi Projesi (IZTAR) Nihai Raporu, 2017, Destekleyen Kuruluş: Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, Gebze, Kocaeli.

TÜBİTAK MAM (2012-2014). Ülkemiz Kıyı ve Geçiş Sularında Tehlikeli Maddelerin Tespiti ve Ekolojik Kıyı Dinamiği Projesi (KIYITEMA), Final Raporu, Destekleyen Kuruluş: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı –Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Gebze-Kocaeli

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü (2017). Marmara Bütünleşik Modelleme Sistemi (MARMOD) - Faz I.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü (2021). Marmara Bütünleşik Modelleme Sistemi (MARMOD) - Faz II (devam ediyor).

Çözüm Önerileri Tablosu

Çözüm Önerileri	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)	Kısa Gerekçe
Tüm denizlerimiz için hazırlanmış olan “Eylem Planları”nın uygulanmaya başlanması	Kısa/Orta/Uzun	2017 yılında güncellenen “Denizlerimizin Kara Kökenli Kirleticilere Karşı Korunmasına Yönelik Ulusal Eylem Planı” ve Uygulama Takvimi hayata geçirilerek uygulamaya başlanması faydalı olacaktır. Ayrıca, 2021 “Türkiye Deniz Çevresi Stratejisinin Oluşturulması (DÇS Projesi)” kapsamında hazırlanan Marmara Denizi, İyi Çevresel Durum (İÇD) tanımlayıcılarına ve sınır değerlerine bağlı belirlenen hedeflerin ve izleme faaliyetleri ile izleme programının hayata geçmesi önem arz etmektedir.

Marmara Denizi kritik körfezlerin mevcut durumun ortaya koyan projelerin entegrasyonu ve devamlılığın sağlanması	Kısa	Marmara Denizi'nin bütüncül olarak değerlendirilmesi için alt ölçeklerde devam eden çalışmaların entegrasyonu önem taşımaktadır.
Farklı kurum ve kuruluşlarca gerçekleştirilen izleme projeleri kapsamında hazırlanan veri setlerinin ortak kullanımının sağlanması ile zamansal ve mekânsal çözünürlüğün artırılması	Kısa	II. Ulusal Denizlerde İzleme ve Değerlendirme Sempozyumu (TÜBİTAK MAM 2020) Sonuç Bildirgesinde belirtilmiştir.
Denizler özelinde ötrofikasyon değerlendirmesi için ülkemize özgü indeks geliştirilmesi, bu doğrultuda mevzuatının değerlendirilmesi	Orta	II. Ulusal Denizlerde İzleme ve Değerlendirme Sempozyumu (TÜBİTAK MAM 2020) Sonuç Bildirgesinde belirtilmiştir.
Marmara Denizi'nde araştırma gemileri ile yapılan yüksek kalitede saha çalışmalarının artırılması	Kısa/Orta	Marmara Denizi'nde fiziksel, kimyasal ve biyolojik oşinografi çalışmalarının hem sayı hem kalite olarak artırılması sayesinde müsilaaj oluşumunu tetikleyici parametrelerin daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır.
Marmara Denizi'nde uzun süreli ve sürekli veri toplayabilecek kıyısız ve derin deniz gözlem sistemlerinin kurulması	Kısa/Orta	Denizlerdeki fiziksel ve kimyasal parametrelerin sürekli olarak gözlenmesi, müsilaajı meydana getirebilecek oşinografik durumların (su ısınması vb) önceden anlaşılmasını sağlayacaktır.

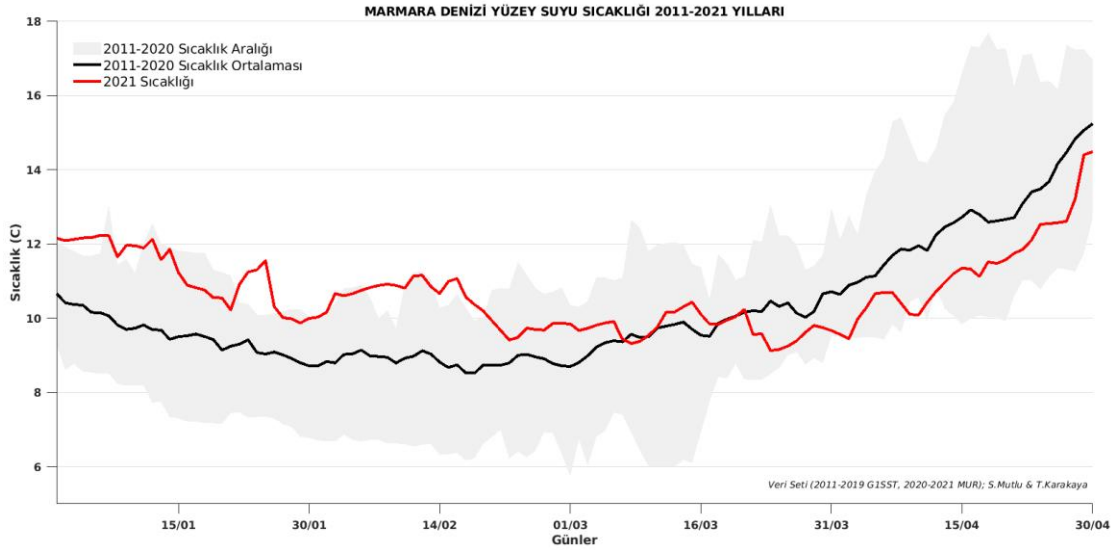
Hedef Başlığı

- ***İklim değişiminin (deniz suyu ısınması vb.) Marmara Denizi'nde müsilaj oluşum süreçleri üzerindeki olası etkilerinin araştırılması***

Mevcut Durum Tanımlanması:

İklim değişimi sonucu dünya denizlerinde sıcaklık artışı yaşanmaktadır. Bu artış sonucunda deniz suyu seviyelerinde yükselme, deniz asitlik derecesinde artma (pH değerinde düşme, daha asidik hale gelme) ve daha uç seviyede hava olaylarının nitelik ve nicelik olarak olumsuz şekilde artması beklenmektedir. IPCC'nin (Intergovernmental Panel on Climate Change) yayınlamış olduğu senaryolar çerçevesinde Türkiye özelinde iklim değişikliği incelenmiş ve kurak bölgelerin daha kurak olacağı, yağışların ise sel ve taşkın şeklinde gerçekleşeceği belirtilmiştir. Ancak bu tür araştırmalarda yalnızca yüzey suyu sıcaklıkları dikkate alınmış, denizin derinliklerine ve diğer unsurlara bakılmamıştır. Bu nedenle daha sıcak Türkiye denizlerinde beklenen denize özel etkilerin başta müsilaj olmak üzere araştırılması gerekmektedir.

TÜBİTAK MAM tarafından yapılan çalışmalar/analizler:



Şekil 36. Uydu verileri işlenerek son dönemde Marmara Denizi'ndeki sıcaklık eğilimi sergilenmiştir (Altıok vd., 2021)

Yapılan araştırmalar, Okyanus ısınmasının, biyokütlenin (organik karbon) büyük çoğunluğunu temsil eden mikro organizmalar üzerindeki etkileri, biyojeokimyasal döngüleri ve küresel ölçekte besin ağlarının işleyişini önemli ölçüde değiştireceğini işaret etmektedir (Edwards, 2016). Kısaca iklim değişikliği, deniz ekosistemlerinin değişiminin küresel bir itici gücünü oluşturmaktadır (Altıok vd., 2021). Yerel ve bölgesel ölçeklerde insan baskısının etkileri ile etkileşime girebilir ve deniz ekosistemleri üzerindeki etkisi daha şiddetli hissedilebilir (Grissi, 2021). Son yapılan araştırmalarda, dünya çapında 1000'den fazla tür içeren jelimsi canlıların, ani artışların nedenleri yerel nedenler olarak düşünülse de, olayın giderek daha fazla kaydedilmesi küresel süreçlerinde etkin olduğunun düşündürmektedir (Boero vd., 2016).

Jelimsi zooplankton temsilcilerinin arasında Cnidaria, Ctenophora ve Thaliacea taksonomik grupları vardır ve bunlar genellikle topluca "denizanası" olarak bilinir (Boero vd., 2016). Jelimsi canlılar veya denizanaları yüksek düzeyde bozulmuş sistemlerin göstergeleri olarak kabul edilmesine rağmen, organik madde ve mikrop planktonun filtrasyonundan trofik seviyenin üst segmentlerine kadar önemli rol oynadıklarından pelajik sistemin anahtar türleridir (Doyle, 2014). Genel olarak ani ve aşırı artışları; ötrofikasyon, kıyı dolgusu, avcılık gibi yerel ekosistem dengelerinin ani bozulması yanı sıra, iklim değişikliğine bağlı olarak tür dağılımının genişlemesi ve üreme potansiyelinin artışı ile de ilişkilendirilmektedir (Purcell vd., 2007; Boero vd., 2008).

Marmara Denizi'nde iklimsel değişimin canlılar üzerindeki etkisinden bahsetmek oldukça güçtür, çünkü aşırı insan baskısının etkisi iklim değişiminin etkilerini baskılamıştır (aşırı avcılık, ötrofikasyon) (Altıok vd., 2021). Marmara Denizi yerel baskıların yoğun olduğu (Ediger vd., 2016; Yüksek, 2016) bir bölge olmasının yanı sıra, son zamanlarda Marmara Denizi'ndeki deniz suyu sıcaklığında da artış gözlenmiştir (Altıok ve Kayışoğlu, 2015; Dökümcü, 2021; Altıok vd., 2021). Buna bağlı olarak tür çeşitliliğinde değişme olan Marmara Denizi, istilacı ve fırsatçı türlerin baskısı altında kalmakta (Altıok vd., 2021; Balkıs-Özdelice, vd., 2021; Doğan ve İşinibilir, 2016; İşinibilir vd., 2010, 2014, 2015, 2021,2022; Yüksek ve Sur, 2010; Yüksek, 2021) ve bu da özellikle pelajik canlı gruplarını ve balıkçılığı etkilemektedir (Altuğ vd., 2011; İşinibilir 2012; Yüksek ve Sur, 2010; Yılmaz, 2015; Yüksek, 2021).

Akdeniz havzasında denizanalarının aşırı artışında büyük oranda ve genellikle insan kaynaklı bir artış vardır (CIESM, 2001). Bunun yanında istilacı denizanaları türlerinin yayılımında son 20 yıl içinde tüm dünyada önemli bir artış olduğu gözlenmektedir (Graham vd., 2003). Marmara Denizi de trofik yapısı gereği denizanası artışlarına maruz kalmaktadır (İşinibilir, 2012; İşinibilir vd., 2010, 2015; İşinibilir ve Yılmaz, 2017; Yüksek ve Sur, 2010; Altıok vd., 2021; Yüksek, 2021). Son yıllarda *Liriope tetraphylla*, *Discomedusa lobata*, *Aequorea vitrina*, *Cotylorhiza tuberculata*, *Aequorea forskalea*, *Mawia benovici*, ve *Salpa maxima* (İşinibilir vd., 2015; Yılmaz vd., 2017; İşinibilir vd., 2021;2022; Yüksek ve Sur, 2010; Yüksek, 2021) gibi türlerin Marmara ekosistemine girişi, yeni istilaların devam edebileceğini göstermektedir. İklim değişimine bağlı olarak yayılımlarını genişleten denizanaları fitoplanktonik türlerin predatörü olan zooplankton üzerinden yoğun olarak beslenerek aşırı fitoplankton artışları üzerindeki baskıyı kaldırarak besin zincirindeki dengenin bozulmasında rol oynarlar (İşinibilir Okyar, 2022). Ayrıca, denizanası popülasyonları tarafından salgılanan inorganik besinler, fitoplankton tarafından birincil üretim için gerekli olan N ve P'un küçük ama önemli bir oranını sağlar (Pitt vd., 2009). Denizanası aşırı artışlarının sonrasında ölümleriyle ortama çözülmüş organik maddenin katılması da bakteriyoplankton üretimini destekleyebilir (Tinta vd., 2021). Denizanalarının parçalanarak ayrışması, büyük miktarda inorganik ve organik besin salınımına neden olabilir ve dokularını parçalamak için gereken oksijen ihtiyacı, lokalize hipoksik veya anoksik koşullara yol açabilir (Pitt, 2009). Ayrıca denizanalarının ölümleri sonrasında parçalanarak dibe batarken ortamdaki yüksek organik madde ile birlikte ortamdaki fazla karbonun deniz tabanına taşınmasına katkıda bulunur ve karbon döngüsünde önemli rol oynarlar (Pitt vd., 2009, 2013; Sweetman vd., 2016). Marmara Denizi ekosistemine yönelik yukarıda aktarılan olası bu değişimler potansiyel olarak iklim değişikliğinde de rol oynayabilmektedir (Altıok vd., 2021).

Sucul ekosistemlerde çok çeşitli antropojenik baskılar vardır ve plastik atıkların sucul ortamlarda birikimi de bunların en önemlilerinden biridir. Çeşitli boyuttaki plastik atıklar Güney Kutubu'ndan tropikal deniz dibine kadar dünyanın her yerine yayılmıştır, hatta birçok canlının midesinde, sindirim sistemlerinde plastiklere rastlanmaktadır (Blettler vd., 2018). Denizlere plastik girdisi bu hızla devam ederse, özellikle de deniz akıntı sistemleri ve kıyı sularında olmak üzere denizlerin yüzey tabakası gelecekte fitoplankton dağılımıyla karşılaştırılabilir miktarda

çok plastik içerebilir. Ayrıca, biyolojik kirlilik gibi süreçlerle mikroplastikler yüze yakın katmanda yoğun kümeler oluşturabilir. Plastikler, güneşten gelen ışınların deniz suyu içinde dağılımı ve saçılımını azaltarak su sütununun ısınmasına veya soğumasına katkıda bulunabilir, su sütununun optik ve diğer fiziko-kimyasal özelliklerinde potansiyel bir değişikliğe yol açabilir. Plastikler nedeniyle su sütununa sınırlı giriş yapabilen güneş ışınları, deniz yüzeyindeki ve yüze yakın katmanlardaki fiziksel süreçleri etkileme ve iklim döngülerini değiştirme potansiyeline sahip olabilir (VishnuRadhan vd., 2019).

Marmara Denizi, yüksek seviyede yoğun kentsel, endüstriyel, tarımsal faaliyetler ve gemi trafiği sebebiyle kirliliğe karşı savunmasız bir denizdir (Kaptan vd., 2020). Akdeniz ve Karadeniz arasında biyolojik bir koridor görevi gören Marmara ekosisteminde son yıllarda çok ciddi bozulmalar gözlenmiştir. Global bir çevre problemi olan mikroplastikler çoklu stres faktörü altında olan Marmara Denizi için de hızla büyüyen bir tehdittir (Cullu vd., 2021). Marmara Denizi'ne giren plastik yükünün azaltılması için gereken tedbirlerin alınması, yaptırımların uygulanması ve stratejilerin belirlenebilmesi için mikroplastik miktarının, kaynaklarının ve birikim alanlarının belirlenmesi önem arz etmektedir (Aytaç vd., 2022; Cullu vd., 2021).

Mikroplastikler, deniz ortamında hem en küçük tüketiciler olan zooplanktondan başlayarak balıklara (İşinibilir vd., 2020; Svetlichny vd., 2021; Güven vd., 2017) ve hatta dünyanın en büyük canlıları olan balinalara kadar tüm organizma grupları tarafından besin olarak tüketilebilmesinin yanı sıra, besin zinciri yoluyla üst grup canlılarada taşınabilmektedir (Lusher vd., 2015; Auta vd., 2017; Sönmez vd., 2020). Mikroplastikler ayrıca hem yapılarında hem de denizde bulunan diğer kirlenmeleri absorbe ederek de yenildiklerinde deniz canlılarına zarar verebilmektedirler (Setälä vd., 2014; Sivri vd., 2017; Sönmez vd., 2020).

Yakın gelecekte iklim değişikliği, oksijen üretimi, karbon tutma ve biyojeokimyasal döngü gibi ekosistem hizmetlerini etkileyerek birincil ve ikincil pelajik üretimin coğrafi dağılımını değiştirmeye devam etmesi muhtemeldir. Bu değişiklikler, halihazırda tükenmiş balık stokları üzerinde ek stres oluşturabileceği gibi, memeli ve deniz kuşu popülasyonları için de olumsuz sonuçlar doğurabilir (Edwards, 2016).

Bu raporda her ne kadar Marmara Denizi özelinde iklim değişimi ve onun etkilerinden bahsedilse de, Akdeniz ve Karadeniz'de iklim değişimine bağlı meydana gelen fizikokimyasal ve biyoçeşitlilikteki değişimin etkileri Marmara Denizi'nde de gözlenmekte ve Akdenizleşme süreci yoğun bir şekilde yaşanmaktadır.

Kaynaklar

Aktan, Y., Dede, A., Ciftci, P.S., (2008). Mucilage events associated with diatoms and dinoflagellates in Sea of Marmara, Turkey. Harmful Algae News, An IOC Newsletter on toxic algae and algal blooms, No: 36, p. 1.

Altıok H., Dökümcü K., Mutlu S., Öztürk İ.D., Ediger D., Yüksek A., (2021). İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi'nde İklim Değişikliği Göstergeleri. Salihoğlu, B., Öztürk, B. (Ed.) 2021. İklim Değişikliği ve Türkiye Denizleri Üzerine Etkileri. Türk Deniz Araştırmaları Vakfı (TÜDAV) s. 48-62. Yayın no: 60, İstanbul, Türkiye, 266s)

Altıok, H., Kayışoğlu, M. (2015). Seasonal and interannual variability of water exchange in the Strait of Istanbul. Mediterr Mar Sci 16: 644-655.

Altug, G., Y. Aktan, M. Oral, B. Topaloglu, A. Dede, Ç. Keskin, M. Isinibilir, M. Çardak and P. S. Çiftçi (2011). "Biodiversity of the northern Aegean Sea and southern part of the Sea of Marmara, Turkey." Marine Biodiversity Records 4.

- Auta, H. S., Emenike, C. U., Fauziah, S. H. (2017). Distribution and importance of microplastics in the marine environment: a review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environment international*. 102, 165-176.
- Aytan Ü., Esensoy F. B., Şentürk Y., Atabay H., Tan İ. (2022). Marmara Denizinde Mikroplastik Kirliliği. *Marmara Denizi 2022 Sempozyumu*.
- Balkıs-Ozdelica, N., T. Durmuş and M. Balcı (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.
- Blettler, M.C.M., Abrial, E., Khan, F.R., Sivri, N. ve Espinola, L.A. (2018). Freshwater plastic pollution: Recognizing research biases and identifying knowledge gaps, *Water Research*, 143, 416-424.
- Boero, F., Brotz, L., Gibbons, M.J., Piraino, S., Zampardi, S. (2016). Impacts and effects of ocean warming on jelly fish. In: *Explaining ocean warming: Causes, scale, effects and consequences*. (eds., Laffoley, D., Baxter, J.M.) Full report. Gland, Switzerland: IUCN. pp. 213-237.
- Boero, F., Bouillon, J., Gravili, C., Miglietta M.P., Parsons. T., Piraino, S. (2008). Gelatinous plankton: irregularities rule the world (sometimes). *Mar Ecol Prog Ser* 356: 299-310.
- CIESM, (2001). *Gelatinous Zooplankton Outbreaks: Theory and Practice*. Workshop Series, 112.
- Cullu, A.F., Sönmez, V.Z., Sivri, N., (2021). Microplastic contamination in surface waters of the Küçükçekmece Lagoon, Marmara Sea (Turkey): Sources and areal distribution, *Environmental Pollution*, 268, Pt B., 115801.
- Dogan, G. Isinibilir M. (2016). "First Report of a New Invasive Species *Oithona davisae* Ferrari and Orsi, 1984 (Copepoda: Cyclopoida) in the Sea of Marmara." *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 16(2): 471-475.
- Doyle, T.K., Hays, G.C., Harrod, C., Houghton, J.D.R. (2014). *Ecological and Societal Benefits of Jellyfish*. Chapter 5. T K.A. In: *Jellyfish Blooms*, (eds., Pitt C.H.Lucas), Springer Science+Business Media, Dordrecht, Netherlands.
- Ediger, D., Beken, Ç, Yüksek, A., Tuğrul, S. (2016). Eutrophication in the Sea of Marmara. In: *The Sea of Marmara; Marine Biodiversity, Fisheries, Conservation and Governance* (eds., Özsoy, E., Çağatay, M.N., Balkıs, N., Balkıs, N., Öztürk, B.). Turkish Marine Research Foundation (TUDAV), Istanbul, Turkey, Publication No: 42, pp. 723-736.
- Edwards, E. (2016). Impacts and effects of ocean warming on plankton. chapter: 3.2. In: *Explaining ocean warming: Causes, scale, effects and consequences*. Full report, (eds., Laffoley, D., Baxter, J.M.) Gland, Switzerland: IUCN. pp. 75-86.
- Grissi, E., Manea, E., Mazaris, A.D., Frascchetti, S., Almpnidou, V., Bevilacqua, S., Coll, M., Guarnieri, G., Lloret-Lloret, E., Pascual, M., Petza, D., Rilov, G., Schonwaldm, M., Stelzenmüller, V., Katsanevakisk, S. (2021). A review of the combined effects of climate change and other local human stressors on the marine environment. *Science of the Total Environment* 755(2021): 142564, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.142564.
- GRAHAM W.M., MARTIN D.L., FELDER D.L., ASPER V.L., PERRY H.M., (2003). Ecological and economic implications of a tropical jellyfish invader in the Gulf of Mexico. *Biological Invasions*, 5: 53-69.
- Güven O., Gökdag K., Jovanović B., Kideys A.E. 2017. Microplastic litter composition of the Turkish territorial waters of the Mediterranean Sea, and its occurrence in the gastrointestinal tract of fish. *Environmental Pollution*. 223: 286-294.
- İşinibilir, M. (2012). "The seasonal occurrence and abundance of gelatinous macrozooplankton in Izmit Bay (the northeastern Marmara Sea)." *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment* 18(2): 155-176.

- İşinibilir Okyar, M. (2022). Marmara denizi zooplanktonu ve müsilaj ile etkileşimleri, Şehir & Toplum Dergisi Marmara Denizi & Müsilaj Krizi, Sayı: 20-21, Ocak-Nisan 2022, pp: 47-59, ISSN: 2564-7067.
- İşinibilir, M., Yılmaz, İ. N., Piraino, S. (2010). "New contributions to the jellyfish fauna of the Marmara Sea." *Italian Journal of Zoology* 77(2): 179-185.
- İşinibilir, M. (2014). Changes in jellyfish populations during mucilage event in Izmit Bay (the northeastern Marmara Sea). ICES Annual Science Conference 2014: Sustainability in a Changing Ocean.
- İşinibilir, M., Yılmaz, İ. N., Demirel, N. (2015). "New records of jellyfish species in the Marmara Sea." *Italian Journal of Zoology* 82(3): 425-429.
- İşinibilir, M., Yılmaz, İ. N. (2017). Jellyfish dynamics and their socioeconomic and ecological consequences in Turkish Seas. *Jellyfish: Ecology, Distribution Patterns and Human Interactions*. G. L. Mariottini. New York, Nova Publishers: 51-70.
- İşinibilir, M., L. Svetlichny, T. Mykitchak, E. E. Türkeri, K. M. Eryalçın, O. Doğan, G. Can, E. Yüksel and A. E. Kideys (2020). "Microplastic consumption and its effect on respiration rate and motility of *Calanus helgolandicus* from the Marmara Sea." *Frontiers in Marine Science* 7: 1167.
- İşinibilir, M., Yüksel, E., Dalyan, C. (2021). "First record of *Cotylorhiza tuberculata* (Macri, 1778) from the Sea of Marmara." *Aquatic Sciences and Engineering* 36(1): 38-41.
- İşinibilir, M., Yüksel, E., Türkeri, E., Doğan, O., Karakulak, S., Uzer, U., Dalyan, C., Furfaro, G., Piraino, S. (2022). New additions to the jellyfish fauna of the Marmara Sea. *Aquatic Sciences and Engineering*, 37(1): 53-57.
- Kaptan, M., Sivri, N., Blettler M. C., Uğurlu Ö., (2020). Potential threat of plastic waste during the navigation of ships through the Turkish straits, *Environmental Monitoring and Assessment*, 192 (1) 508.
- Lusher, A.L., Tirelli, V., O'Connor, I., Officer, R. (2015). Microplastics in Arctic polar waters: the first reported values of particles in surface and sub-surface samples. *Scientific Reports*. 5: 14947.
- Pitt, K. A., D. T. Welsh and R. H. Condon (2009). "Influence of jellyfish blooms on carbon, nitrogen and phosphorus cycling and plankton production." *Hydrobiologia* 616: 133-149.
- Pitt, K. A., C. M. Duarte, C. H. Lucas, K. R. Sutherland, R. H. Condon, H. Mianzan, J. E. Purcell, K. L. Robinson and S. I. Uye (2013). "Jellyfish Body Plans Provide Allometric Advantages beyond Low Carbon Content." *Plos One* 8(8).
- Setälä, O., Fleming-Lehtinen, V. ve Lehtiniemi, M. (2014). Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web. *Environmental pollution*. 185, 77-83.
- Sivri, N., Kiremitci V. Z., Ozcan, H.K., Çullu A. F. (2017). The Potential Physical Impacts of Macro/Microplastics on Istanbul Coastal Area, *Fresenius Environmental Bulletin*, 26, 208-215.
- Sönmez, V.Z., Ercan, N., Sivri, N., (2020). Investigation of Possible Toxic Effects of Personal Care Products on *Daphnia magna* in the Kucukcekmece Lagoon, Marmara Sea (Turkey), *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences* , 5 (1) 533-540.
- Svetlichny, L., M. İşinibilir, T. Mykitchak, K. M. Eryalçın, E. E. Türkeri, E. Yuksel and A. E. Kideys (2021). "Microplastic consumption and physiological response in *Acartia clausi* and *Centropages typicus*: Possible roles of feeding mechanisms." *Regional Studies in Marine Science*: 101650.
- Sweetman, A. K., A. Chelsky, K. A. Pitt, H. Andrade, D. van Oevelen and P. E. Renaud (2016). "Jellyfish decomposition at the seafloor rapidly alters biogeochemical cycling and carbon flow through benthic food-webs." *Limnology and Oceanography* 61(4): 1449-1461.
- Tinta, T., K. Klun and G. J. Herndl (2021). "The importance of jellyfish–microbe interactions for biogeochemical cycles in the ocean." *Limnology and Oceanography*, 66(5), 2011-2032.

Yılmaz, I. N., M. İşinibilir, D. Vardar and F. Dursun (2017). "First record of *Aequorea vitrina* Gosse, 1853 (Hydrozoa) from the Sea of Marmara: a potential invader for the Mediterranean Sea." *Zoology in the Middle East* 63(2): 178-180.

Purcell, J.E., Uye, S-I., Lo, W.T. (2007). Anthropogenic causes of jellyfish blooms and their direct consequences for humans: a review. *Mar Ecol Prog Ser* 350:153- 174.

VishnuRadhan, R., T. Eldho and T. D. David (2019). "Can plastics affect near surface layer ocean processes and climate?" *Marine pollution bulletin* 140: 274-280.

Yılmaz, I. N. (2015). Collapse of zooplankton stocks during *Liriope tetraphylla* (Hydromedusa) blooms and dense mucilaginous aggregations in a thermohaline stratified basin. *Marine Ecology* 36(3): 595-610.

Yüksek, A., Sur, H.I. (2010). First Observation of the Mucilage Formation in The Sea of Marmara in October 2007. Report of the Workshop on Algal and Jellyfish Blooms in the Mediterranean and Black Sea. İstanbul, Turkey, 6-8 October 2010; S9-10. GFCM: SAC13/2011/Inf.17

Yüksek, A. (2016). Biodiversity of the Sea of Marmara and the Affecting Factors. In: The Sea of Marmara; Marine Biodiversity, Fisheries, Conservation and Governance (eds., Özsoy, E., Çağatay, M.N., Balkıs, N., Balkıs, N., Öztürk, B.). Turkish Marine Research Foundation (TUDAV), Publication No: 42, pp. 570-580.

Yüksek A., (2021). Marmara Denizi'nde Deniz Salyası/Müsülaj Oluşturan Sebepler. Ed. Prof. Dr. İzzet Öztürk, Prof. Dr. Mustafa Şeker. Marmara Denizi'nin Ekolojisi: Deniz Salyası Oluşumu, Etkileri ve Çözüm Önerileri.s. 87-104. 268s. ISBN 978-605-2249-73-4.

Çözüm Önerileri Tablosu

Çözüm Önerileri	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)	Kısa Gerekçe
Denizlerimize özel yerinde ölçüm veri setlerinin oluşturulması ve zaman serisi analizlerinin yapılması	Orta/Uzun	Geçmişten günümüze sıcaklık, tuzluluk, çözünmüş oksijen ve ph eğilimine yönelik bir veri setinin olmaması önemli bir eksikliktir.
Çevrim içi ölçüm sistemlerinin yaygınlaştırılması	Orta	Denizlerimizdeki sıcaklık değişiminin günlük, aylık ve yıllık şeklinde takibi hala sağlanamamaktadır.
Açık kaynaklı uydu verilerinin analizinin yapılması	Kısa	Gerektiğinde anlık cevap verecek internet tabanlı portalların oluşturulması gerekmektedir. Analizler/ürünler herhangi bir hadise sonrası yayımlanmaktadır.
Denizlerin fiziko-kimyasal yapısının değişmesi üzerine yeni yapıda yaşayabilecek istilacı türlerin tespitinin sağlanması	Orta	Sıcaklıklardaki artış sonrasında yeni ortam koşullarında bizi bekleyen tehlikenin bilinmemesi önümüzdeki dönem için bir tehdit unsurudur.

Sıcaklık artışını destekleyen askıda katı maddenin denizel ortamdaki miktarının azaltılması	Kısa/Orta	Yapılan araştırmalar göstermiştir ki iklimsel değişim, yerel ve bölgesel ölçeklerde insan baskısının etkileri ile etkileşime girebilir ve deniz ekosistemleri üzerindeki etkisini daha şiddetli hissettirebilir. Bundan dolayı kirlilik yükünün, özellikle mikroplastik ve partikül organik madde gibi ısı artışını destekleyen unsurların denizel ortamdaki miktarlarının azaltılması önemlidir.
Marmara Denizi'nde uzun süreli ve sürekli veri toplayabilecek kıyısız ve derin deniz gözlem sistemlerinin kurulması	Kısa/Orta	Denizlerdeki fiziksel ve kimyasal parametrelerin sürekli olarak gözlenmesi; araştırma gemileri ile yapılan saha çalışmalarını arasındaki zaman boşluklarının kapatılmasına yardımcı olarak iklimsel ve insan kaynaklı kısa ve uzun dönemli değişimlerin yüksek çözünürlükte takip edilmesini sağlayacaktır.
Mikroplastik/nanoplastik kirliliğinin azaltılmasına yönelik Ar-Ge çalışmalarının desteklenmesi ve mikro/nanoplastik kaynakları belirlenerek yenilikçi teknolojilerle arıtımının geliştirilmesine olanak sağlanması	Orta/Uzun	Son yıllarda plastik kirliliği ile ilgili yapılan araştırmalar mikro/nanoplastik kirliliğinin denizel ekosistemlerde biyoçeşitliliğe olumsuz etkilerinin olduğunu ve mikro kirlleticiler açısından önemli rol oynadığını ortaya koymaktadır. Marmara Denizi genelinde yapılan araştırmalar; mikroplastik kirliliği açısından Marmara Denizi'nin Karadeniz ve Ege Denizi'nden daha kirli olduğunu göstermektedir. Özellikler deşarjlar ve nehirler ile birlikte gelen makro/mikro/nanoplastik yükünün azaltılması, biyoçeşitliliğin azalması ve kirleticilerin su ortamındaki artışını baskılamada olumlu rol oynayacaktır.

Hedef Başlığı

- ***Marmara sahillerindeki kıyı yapılarının biyoçeşitliliğin kaybı üzerindeki etkilerinin ve müsilaj oluşumunu arttırma riskinin incelenmesi, yenilikçi deniz yapıları tasarım çalışmaları***

Mevcut Durum Tanımlanması:

Dünya çapında hızlı kentleşme ve kıyı gelişimi ile doğal kıyı habitatları giderek daha fazla bozulmakta ve antropojenik olarak değiştirilmiş habitatlara dönüştürülmektedir. Kıyı alanlarının ıslahı ve kıyı jeomorfolojisindeki değişiklikler, mevcut sedimantasyonda değişikliklere yol açmasının yanı sıra kıyıya yakın habitatların biyolojik ve fiziksel yapısını büyük ölçüde değiştirmektedir. En önemlisi, yapay habitatlar, yüzeyleri ve yapısal karmaşıklıkları bakımından doğal habitatlardan büyük ölçüde farklılık gösterir. Antropojenik olarak değiştirilmiş kıyı habitatlarının çoğu doğal kayalık resif substratına kıyasla yüzeyi çok daha pürüzsüz olan beton yapılar tarafından oluşmaktadır. Bu, küçük balıklar ve mikro habitatların toplanması ve kolonizasyonu için gerekli olan sığınakların mevcudiyetini azaltarak biyolojik çeşitliliğin azalmasına ve fırsatçı türlerin artışına sebep olabilir. İnsan faaliyetlerinin neden olduğu sert substrat habitatlarının artan mevcudiyeti denizanası popülasyonlarına fayda sağlayabilir, örneğin kıyısız düzenleme ve yol, liman yapımı gibi elde edilen yeni habitatlar potansiyel olarak bentik polip çoğalmasında için daha fazla sert substrat sağlar (İşinibilir Okyar, 2022). Denizanası polipleri tutunmak için sert bir substrat gerektirdiğinden, uygun bentik habitat miktarındaki bir artış teorik olarak polip proliferasyonuna yol açabilir. Polip kolonileri medüz popülasyon dinamiklerinin kontrol edilebileceği en önemli evredir ve bu kontrolü sağlamanın en temel yolu özellikle zemin yapısının yumuşak (çamur) veya hareketli (kum-çakıl) olduğu bölgelerde kıyı dolgusu vb. inşaat faaliyetlerinin yapılmaması olarak gösterilebilir. Polip gelişimine uygun olmayan bölgelerde yapılan bu yapılar ve hatta gemi enkazları lokal sorunlar yaratabilecek polip kolonilerine ev sahipliği yapmaktadır (İşinibilir Okyar, 2022). Doğadaki parçalanma süresi oldukça uzun olan plastik ve metal katı atıklar da polipler için habitat görevi görmektedir (İşinibilir Okyar, 2022). Bu nedenle denizel ortama katı atıkların ulaşmasını engelleyecek tedbirlerin alınması önemlidir. Aşırı artış gösteren denizanelerinin çoğu ergin medüzler olup zooplanktivor diyetlere sahiptir (Hamner ve Dawson, 2009) ve aşırı artış yaptıklarında zooplankton popülasyonlarını etkili bir şekilde kontrol edebilirler (Tiselius ve Møller, 2017). Bu da birincil üreticiler olan fitoplanktonu av baskısından kurtararak aşırı artışlarına sebep olur (Decker vd., 2004; Purcell, 2012; Robinson vd., 2014; Schnedler-Meyer vd., 2016). Denizanasının aynı zamanda düzensiz beslenme veya dışkı maddesi veya mukus gibi çeşitli mekanizmalarla organik madde salgıladığı da bilinmektedir (Hansson ve Norrman, 1995; Pitt vd., 2009). Olgun ve yaş almış denizaneleri, sezon boyunca su kolonunda birikerek ve zarar görerek kademeli olarak parçalanır (Mills, 2001). Bu ayrışma süreci (dekompozisyon) mikrobiyal üretimi destekleyebilir. Bu arada, mukus üretimi ve dekompozisyon yoluyla rejenere organik C, mikrobiyal aktiviteyi desteklerken, salgılama ve dekompozisyon yolu ile rejenere inorganik N ve P ise alg üretimini destekleyebilmektedir (Pitt vd., 2009; Condon vd., 2010).

Bu hedef başlığı ile ilgili olarak, şehir planlamacılarının ve sosyal bilimcilerin (ekonomi, sosyoloji vb.) ekosistem bilimcileri ile ortak projeler üretmesi gerekmektedir. Bu konuda detaylı bir taramanın (üniversite kütüphaneleri, yapılan tez/yayın çalışmaları) yapılması gereklidir.

Bu tip alanların AB-Su Çerçeve Direktifi'ne göre yüksek düzeyde değişime uğramış kıyı alanları olarak tanımlandığı bilinmektedir. ÇŞİDB-TÜBİTAK MAM ortak projesi olan DEKOS

projesinde (2011-2013) bu konu SÇD kapsamında Karadeniz ve Marmara Denizi için örneklendirilmiştir. Ancak, müsilaj ve/veya bu sonuca neden olan biyoçeşitlilik ve habitat kaybı ile ilişkisini araştıran bir projeye rastlanmamıştır.

TÜBİTAK'ın açmış olduğu proje çağrısına bu yönde başvuru olmadığı anlaşılmaktadır. Çağrının bu gruplara yönelik (ve diğer eksik kalan hedef başlıklarını da kapsayacak şekilde) yenilenmesi gerekli bir adım olarak değerlendirilebilir.

Kaynaklar

Condon, R. H., D. K. Steinberg and D. A. Bronk (2010). "Production of dissolved organic matter and inorganic nutrients by gelatinous zooplankton in the York River estuary, Chesapeake Bay." *Journal of Plankton Research* 32(2): 153-170.

Decker, M. B., Breitbart, D. L., and Purcell, J. E. (2004). Effects of low dissolved oxygen on zooplankton predation by the ctenophore *Mnemiopsis leidyi*. *Marine Ecology Progress Series*, 280, 163-172.

ÇŞİDB-ÇYGM ve TÜBİTAK MAM (2014) Deniz ve Kıyı Suları Kalite Durumlarının Belirlenmesi ve Sınıflandırılması (DeKoS) Projesi Final Raporu, Gebze-Kocaeli

Hansson, L. J., and Norrman, B. (1995). Release of dissolved organic carbon (DOC) by the scyphozoan jellyfish *Aurelia aurita* and its potential influence on the production of planktic bacteria. *Marine Biology*, 121(3), 527-532.

Hamner, W. M. and M. N. Dawson (2009). "A review and synthesis on the systematics and evolution of jellyfish blooms: advantageous aggregations and adaptive assemblages." *Hydrobiologia* 616(1): 161-191.

İşinibilir Okyar, M. (2022). Marmara denizi zooplanktonu ve müsilaj ile etkileşimleri, *Şehir & Toplum Dergisi Marmara Denizi & Müsilaj Krizi*, Sayı: 20-21, Ocak-Nisan 2022, pp: 47-59, ISSN: 2564-7067.

Mills, C. E. (2001). Jellyfish blooms: are populations increasing globally in response to changing ocean conditions?. *Hydrobiologia*, 451(1), 55-68.

Pitt, K. A., D. T. Welsh and R. H. Condon (2009). "Influence of jellyfish blooms on carbon, nitrogen and phosphorus cycling and plankton production." *Hydrobiologia* 616: 133-149.

Purcell, J. E. (2012). "Jellyfish and ctenophore blooms coincide with human proliferations and environmental perturbations." *Annual review of marine science* 4: 209-235.

Robinson, K. L., J. J. Ruzicka, M. B. Decker, R. D. Brodeur, F. J. Hernandez, J. Quiñones, E. M. Acha, S.-i. Uye, H. Mianzan and W. M. Graham (2014). "Jellyfish, forage fish, and the world's major fisheries." *Oceanography* 27(4): 104-115.

Schnedler-Meyer, N. A., Mariani, P., and Kiørboe, T. (2016). The global susceptibility of coastal forage fish to competition by large jellyfish. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283(1842), 20161931.

Tiselius, P. and L. F. Møller (2017). "Community cascades in a marine pelagic food web controlled by the non-visual apex predator *Mnemiopsis leidyi*." *Journal of Plankton Research* 39(2): 271-279.

Çözüm Önerileri Tablosu

Çözüm Önerileri	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)	Kısa Gerekçe
Kıyı yapılarının tür çeşitliliğinin değişimi üzerindeki etkilerinin izlenmesine yönelik araştırmaların yapılması	Kısa/Orta/Uzun	Kıyısız alanların ıslahı öncesinde biyoçeşitliliğe ilişkin mevcut durumun ortaya konması ve ıslah sonrasındaki süreçte tür çeşitliliğindeki değişimin izlenmesi önem arz etmektedir.
Yenilikçi kıyı/deniz yapıları tasarım çalışmaları yapılması	Orta/ Uzun	Müsilajla mücadeleye katkı sağlamak amacıyla kıyı ve deniz yapıları için yenilikçi konseptlerin oluşturulması son dönemde gündemdeki konulardan biridir. Kıyıda daha esnek ve informal formda geçirimsizliği yüksek kıyı yapılarının tasarımına yönelik çalışmalar buna güzel bir örnektir.
Yapay resif ve gemi enkazlarının tür çeşitliliği değişimi üzerine etkilerinin izlenmesine yönelik çalışmaların yapılması	Kısa/Orta	Gemi batığı ve yapay resif konularak, zararlı ve sert substratlar üzerinde bulunan denizel organizmaların doğal olarak bulunmadığı bölgeler için ortam yaratılması ve bu canlıların aşırı artışlarının müsilaj oluşumu üzerine etkilerinin araştırılması önem arz etmektedir.

Hedef Başlığı

- *Müsilajın oluşum mekanizmasının model mikroorganizmalarla ve deneysel ortamlardaki çalışmalar aracılığıyla ortaya konması (laboratuvar çalışmaları, mezokozm, vb.)*

Mevcut Durum Tanımlanması:

2007-2009 yılları arasında gerçekleşen müsilaj vakalarının laboratuvar koşullarında ve sahada incelenmesi ve oluşum mekanizmalarına yönelik seçili fitoplankton ile çalışılması üzerine bir araştırma projesi (Polat-Beken vd., 2010) gerçekleştirilmiştir. Bu konuya (detaya girilmeden) yukarıdaki bölümlerde de değinilmiştir. Proje'den bir yüksek lisans tezi, bir yayın (Tüfekçi, vd., 2010), çok sayıda bildiri ve metin oluşturulmuş olup sonuçlarının, müsilaj proje çağrısı ile desteklenen projelere ve yeni dönemde başlatılacak çalışmalara daha verimli katkı sağlaması için bilimsel yayına dönüştürülmesi çalışmaları devam etmektedir.

Belirtilen projenin temel amacı; müsilaj olayına plankton kökenli hücre içi organik sıvıların ortama yoğun olarak salgılanmasının katkısının olduğunu kuvvetli delillerle ortaya koymaktır. Ayrıca, bu olaya katkısı olduğu düşünülen diğer dış etkenlerin de araştırma kapsamında yer alması hedeflenmiştir. Çalışmalar, dört hedef fitoplankton türü ile sıcaklık, ışık ve besin kontrollü kesikli laboratuvar deneyleri gerçekleştirme; deniz ortamında sürekli izleme ve sınırlayıcı besin koşullarını belirleme; deniz ve laboratuvar ortamında oluşan doğal ve yapay oluşumların kimyasal olarak incelenmesi; meteorolojik parametrelerin etkisi ve insan kaynaklı baskıların irdelenmesi olarak organize edilmiştir. Laboratuvar ölçekli çalışmalar, ortamın değişen besin koşullarına ve türe göre organik madde salınımının önemli değişkenlikler gösterdiğini ortaya koymuştur. Ortamda hangi besin elementlerinin sınırlayıcı etkiye sahip olduğuna bağlı olarak dışarıdan yapılan besin yüklemeleri (deniz ortamında yeni birincil üretime yol açan karasal girdiler, alt sudan ışıklı tabakaya besin taşınımı gibi) organik madde üretimini hızla arttırmıştır. Farklı materyaller üzerinde yapılan kimyasal içeriğe yönelik incelemeler, deniz ortamında toplanan müsilaj ile laboratuvar ortamında elde edilen parçacık ve toprakların benzer yapıda olduklarını ve karbonhidrat ile polisakkarit bantlarının baskın olduğunu göstermiştir. Akdeniz ve Marmara Denizi'ne ait uzun dönemli meteorolojik bulguların proje kapsamında ve farklı literatürde oşinografik koşullarla birlikte değerlendirilmesi sonucunda ise Akdeniz'deki değişen iklimsel özelliklerin müsilaj olaylarını yakından ilgilendirdiğini göstermektedir. Örneğin, 2006-2007 yılları arasında oluşan müsilaj olayları, Akdeniz ve Marmara Denizi'nde son otuz yılın en sıcak geçen dönemlerini içermesi açısından dikkate değerdir. Ayrıca, Marmara Denizi besin maddesi durumunu direk olarak etkileyen insan aktivitelerinin yoğunluğu da olayları tetikleyen faktörler arasında değerlendirilmiştir.

2020-2021 müsilaj döneminde ise farklı araştırma kurumları tarafından (TÜBİTAK MAM; İÜ, ODTÜ vd.) müsilaj oluşumu ve etkilerine yönelik ön araştırmalar yapılmış ve bunların bir kısmının özet sonuçları da raporun diğer bölümlerinde sunulmuştur.

Kaynaklar

Polat-Beken Ç., Tüfekçi V., Sözer B., Yıldız E., Mantıkçı M., Atabay H., Telli-Karakoç F., Hocaoğlu S., Ediger D., Tolun L., Olgun A. (2010). Deniz Ortamında Musilaj/mukus Oluşumunu Denetleyen Faktörlerin Laboratuvar Koşullarında İncelenmesi. Proje No: 108Y083 TÜBİTAK, ULAKBİM web sitesinden erişilen adres: <https://app.trdizin.gov.tr/proje/TVRJd016UTA/deniz-ortaminda-musilaj-mukus-olusumunu-denetleyen-faktorlerin-labaratuvar-kosullarinda-incelenmesi>

Tüfekçi, V., Balkis, N., Polat Beken, Ç., Ediger, D., & Mantıkçı, M. (2010). Phytoplankton composition and environmental conditions of a mucilage event in the Sea of Marmara. Turkish Journal of Biology, 34(2), 199–210. doi:10.3906/biy-0812-1

Çözüm Önerileri Tablosu

Çözüm Önerileri	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)	Kısa Gerekçe
Laboratuvar ölçekli araştırma projelerinin sayı ve içerik olarak zenginleştirilmesi (Mezokozm, mikrokozmlarda farklı organizma grupları ile değişken çevre koşullarının etkilerinin değerlendirilmesi)	Orta/Uzun	TÜBİTAK'ın 08/2021 çağrısında desteklenen projelerin devamlılığının sağlanması ve benzer çalışmaların diğer denizlerimizi de içerecek şekilde planması gereklidir.
Modelleme çalışmalarının sonuç ürünleri ile yerinde yapılan fiziksel/oşinografik verinin açık ve erişilebilir olması	Kısa/Orta	Müsilaj/deniz izleme çalışmalarını yürüten ekiplerin çalışmaları sırasında bu temel veri ve değerlendirmelere hızlı erişimleri gerekmektedir.

Hedef Başlığı

- **Marmara Bölgesi için deniz ekosistemi düşünülerek sürdürülebilir yerleşim ve gelişim planlamalarının araştırılması ve uygulanması**

Mevcut Durum Tanımlanması:

Şehirler kompleks sosyo-ekolojik sistemlerdir. Doğal ve yapay çevrenin birbiri ile harmoni içerisinde olduğu şehirlerde sosyal, fiziksel ve ekonomik koşullar sürdürülebilir bir ilişki içerisinde birbirini destekler. İnsanların daha sağlıklı bir çevrede yaşaması hem ekonomik hem ekolojik hem de sosyal yapıyı olumlu etkiler. Yaşamın vazgeçilmez unsuru olan su, bu çevrenin oluşturulmasında her zamankinden daha fazla öneme sahiptir. Şehirler doğadaki su döngüsünü kesmeyecek şekilde gökyüzü ve yeraltı arasında bir katman olarak var olduğunda öncelikle ekolojik dengeyi korumak için en temel unsur sağlanmış olur. Temel ihtiyaçların karşılanması için vazgeçilmez olan bu suya duyarlı bir şekilde yaklaşan şehirlerde, fiziksel altyapı, suya hassas kentsel tasarım ve entegre kentsel su yönetimi stratejileri sosyo-ekolojik sistemler, yönetim ve katılımçılık çerçevesinde geliştirilir.

Su, gittikçe azalan ve bu itibarla kontrolü zor bir kaynak olarak 21. yüzyılın iklim değişimi ile baş etmek zorunda kalan dünyasında çok daha dikkatli yaşanması gerektiğini bizlere hatırlatan bir unsurdur. Bu sebeple Birleşmiş Milletler tarafından 2015 yılında yayımlanan 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündeminde yer alan 17 adet Sürdürülebilir Gelişme Amaçlarından önemli bir bölümü su ile doğrudan veya dolaylı olarak etkileşen konulardan oluşmaktadır.

Birleşmiş Milletlerin sürdürülebilir kalkınma amaçları arasında on birinci sırada yer alan şehirlerin kapsayıcı, güvenli, dayanıklı ve sürdürülebilir yerler olması hedefi altında suyun adil, eşit dağılımının sağlanması, su kaynaklarının iyi kalitede korunması, halka sağlanması ve şehirlerin afetlere karşı dayanıklı hale getirilmesi hedeflenmektedir. Şehirlerdeki çeşitli antroposen unsurlar nedeniyle su kalitesinin düşmesi, kirlilik, tuzluluk, ötrofikasyon, müsilaj gibi durumları son yıllarda baş edilmesi zor çevre problemleri olarak karşımıza çıkarmaktadır. Su kalitesinin korunması ve iyileştirilmesinde kirlenici kaynakların tespit edilmesi ve kirliliğin kontrol altına alınması gerekmektedir. Bu konuda sisteme yardımcı olacak kirlilik kaynağının çevresinde yapılacak tampon bitkilendirmeler ile bitkiler bir filtre unsuru olarak kullanılabilir. Şehirler için baş edilmesi gereken en önemli konulardan biri de atık suların toplanması, arıtılması ve yönetimidir. Kuraklıkla beraber giderek artan susuzluğumuz bizlere atık suları daha yaratıcı tekniklerle kullanmamız gerektiğini göstermektedir. Büyük maliyetlerle kurulan atık su arıtma tesislerinin yükünü hafifletmek ve doğadaki su döngüsünü desteklemek amacıyla yeşil ve mavi altyapı şehirlerde devreye sokulmalıdır. Bu sadece günlük su ihtiyacının karşılanması anlamında değil aynı zamanda afete dayanıklı şehirler yaratmak için de gereklidir. Yıllardır yarı arıtılmış suların denizlere direk deşarjının, bu yıl yaşadığımız müsilaj olayına neden olduğu düşünülmektedir. Bu kapsamda çeşitli düzenlemelere ihtiyaç duyulmaktadır.

Günümüzde dünya nüfusunun %50'sinden fazlası şehirlerde yaşamaktadır. Ancak, Batty'e (2013) göre dünya nüfusu 2100'e kadar artacak ve ardından düşüşe geçecektir. İklim değişiminin etkilerinin giderek artacağı düşünülürse, geleceğin şehirlerinin dayanıklı ve daha yüksek yaşam standartlarını sunar olması farklı kalite ve içerikteki su kaynaklarının nasıl toplanacağı, geri dönüştürüleceği ve kullanılacağı konusunda alınacak kararlara bağlıdır. Karasal sistemler için alınan bu kararların deniz sistemlerini olumlu etkilemesi kaçınılmazdır.

Şehirlerin su ve doğa ile kurdukları ilişkiye kapsamlı bakmak ve bütüncül bir strateji geliştirmek için bir takım temel unsurları anlamak gerekmektedir:

- Şehirlerin çok çeşitli ölçeklerde ve farklı türlerde su kaynaklarına erişimi vardır.
- Şehirler pek çok ekosistem hizmetleri sunarlar. Yapay çevre hem doğayı destekleyebilir hem de doğal çevreyi tamamlayan bir unsur olabilir.
- Şehirlerde karar vericilerin ve halkın suya hassas yaklaşımları varsa ve bilinç yüksekse, sürdürülebilirlik adına sosyo-politik bir sermaye vardır.
- Yeşil altyapı stratejik şekilde planlanmış ve tasarlanmış doğal ve yarı doğal unsurların kolektif şekilde bir araya getirilmesi ile şehirlerin gri altyapıya bağımlılığını azaltarak geniş yelpazede sosyal, ekonomik ve ekosistem hizmetlerini sunar.

Şehirlerin sağlıklı deniz ve sulak alanlara sahip olabilmeleri kentleşmenin suyla kurduğu ilişkiye bağlıdır. Bu kapsamda karasal alanlarda yeşil altyapıların kurulması deniz ekosistemlerini de garanti altına alır ve kalitelerini korumalarını sağlar (Christie ve Botswick, 2012; Burns vd., 2012). Kentlerde tatlı ve tuzlu su ekosistemlerini etkileyen en önemli unsur gri altyapıdır. Önceleri suyun acilen tahliyesine dayalı yer altından giden kanalizasyon sistemleri olarak ele alınan gri altyapı günümüzde artık doğa tabanlı tasarım ve teknolojilerin kullanıldığı bir yeşil altyapıya dönüşmüştür. Gri altyapıda bu suyu bir atık olarak ele alan yaklaşım yeşil altyapıda bunu bir kaynak olarak ele almaktadır (CIRIA, 2000). Yeşil altyapı tabanlı pek çok kentsel gelişme biçimi vardır.

Bunlardan bir tanesi Düşük Etkili Gelişimdir. Düşük etkili gelişimin amacı bir alana doğal hidrolojisini arazi tesviyesi ve entegre kontrol araçları ile kazandırmak şeklinde tanımlanmıştır. Doğal hidroloji alanının gelişmeden önceki yüzey suyu akışını; sızma ve buharlaşma miktarını fonksiyonel olarak eşit hidrolojik hizmetleri sunan peyzaj çalışmaları oluşturmaktadır (US Environmental Protection Agency, 2006). Düşük etkili gelişim o dönemlerde yaygın olan havzanın çıkışında çözüm geliştirme yaklaşımlarından havza genelinde hidrolojik restorasyonun yapılması yaklaşımına odaklanır, bu nedenle yüzey akışının kaynağında daha ufak yağmur suyu tutma elemanları, toplama elemanları, yeşil çatılar gibi tekniklerle yağmur suyunu tutar.

Düşük etkili gelişimin 5 temel prensibi vardır (Forman, 2014):

- Doğal alanları mümkün olduğu kadar korumak (her yeri geçirimsiz yüzeylerle kaplamamak)
- Yapılaşmanın hidroloji üzerindeki etkisini minimum hale getirmek
- Yüzey akışının oranı ve süresini göz önünde bulundurarak araziye şekillendirmek (Suyun araziden dışarı çıkmasına meydan vermemek)
- Entegre yönetim uygulamalarını (IMPs) araziye yaymak; Mikro ölçekte taşkın kaynağına yerleştirilen, suyu sızdıran, toplayan, depolayan, buharlaştıran sistemleri alanda doğa tabanlı çözümler olarak kullanmak
- Kirliliği önlemek, uygun bakımın yapılması için eğitim programları düzenlemek

Günümüzde yaygın kullanımı olan düşük etkili gelişim gittikçe daha fazla yüzey akışına geçen ve kirlenen yağmur suyunun denizler üzerindeki etkilerinin azaltılması ve bu tür suyun mümkün olduğu kadar yerinde yönetilmesidir. Düşük etkili gelişim uygulamaları sedimanların, patojenlerin, metallerin ve besin maddelerinin etkin şekilde ayrıştırılması ve ayrıca yüzey akışına geçen yağmur suyunun hem şiddetinin hem de miktarının kontrolünde etkin rol

oyunlar. Yüzey akışını azaltmanın pek çok faydaları vardır. Yüzey akışına geçmiş yağmur suları derelerin akışını değiştirir, selleri artırır, derelerin koridorlarında erozyona sebep olur ve su kalitesini azaltır. Noktasal olmayan kirliliklerin kaynağı olan bu tür suların içilmesi ve bu suya temas eden deniz mahsullerinin tüketimi kronik hastalıklara neden olmaktadır. Yüzey suyu kirliliğinin azaltılması yeşil alanları artırmak, ağaç dokusunu kuvvetlendirmek, vejetasyonu bozulmamış alanları korumaktan geçmektedir.

Deniz ekosistemlerini korumak için bir başka şehirleşme modeli Sünger Şehirlerdir (Yu, 2012). İlk olarak 2013 yılında giderek artan sel felaketleri ile baş edebilmek için Çin'de öneri olarak sunulan Sünger Şehirler konsepti içerisinde kentsel su havzalarının korunması, su kalitesinin iyileştirilmesi ve su hasadı konularını barındırmaktadır. Bu nedenle su odaklı ekolojik altyapı ile kurulmuş şehirlere sünger şehirler denir. Sünger Şehirler felsefesine göre su şehirlerden kanallar, barajlar ve mazgallarla koparılmaz, şehre entegre edilerek, şehir tarafından absorbe edilir. Bu, sadece sellerin, su kirliliğinin, su kıtlığının çözümüne fayda olmakla kalmaz aynı zamanda habitatları onarır ve insanların yaşayabileceği kaliteli ve estetik çevreleri de oluşturur. Aynı zamanda kentin kirli sularının kentte kalmasını ve denizlere karışmamasını sağlar.

İklim değişikliği, seller, kuraklık, habitatların yok olması ve kirlilik gibi pek çok problemle baş etmek zorunda olan şehirlerimizde geleneksel gri altyapı çözümleri ile ilerlemek oldukça güçlü ve giderek daha sofistike olması gereken bir sistem gerektirmektedir. Bu sistem, derelerin daha büyük beton kanallara alınmasını, daha yüksek baraj ve seddelerin yapılmasını, yüzey suları ve atık suların kompleks sistemlerle bertarafını ve atıkların daha kompleks sistemlerle yönetimini gerektirmektedir. Gri altyapı, tekil problemlerin acil çözümü için gerekli olmakla birlikte büyük miktarda beton ve enerji tüketir, dirençlilik anlamında esnek değildir ve bu sebeple de afetlerde daha da büyük hasarlara sebep olur, doğal sistemi tahrip eder ve doğanın dirençliliğini düşürür; kısacası insan ve doğa arasındaki ilişkiyi keser. Buna alternatif olan doğa tabanlı çözümler ekosistem servislerinin korunmasını sağlar. Gri altyapı ile bir arada kullanıldığında üst havzalarda doğanın korunması, tarımsal arazilerde noktasal olmayan kirleticilerin bertarafı, kırsal alanların ve atıkların yönetiminde, nehir sistemlerinin restorasyonunda, endüstriyel kirliliğin ıslahında, kentsel atık suların arıtılmasında ve kıyı restorasyonunda etkin çözümler sunar.

Bu tür yeşil ve gri altyapıların bir arada dengeli kullanıldığı bir sünger şehir sisteminin kurgusu yerel, bölgesel ve ülke ölçeğinde ele alınmalıdır. Bu tür altyapıda su en temel unsurdur. Sünger şehirlerde ana amaç suyu tutmak, akışını yavaşlatmak ve suya adapte olabilmektir. Suya adapte olabilmek gri altyapının tekil kullanıldığı statik sistemlerde olmayan bir durumdur. Dolayısıyla suya adapte olabilen sistemlere ihtiyaç vardır. Sünger şehirler geleneksel su yönetimi ve tarımsal tekniklerin bilgeliğinden esinlenir ve çok basit araçlarla yeryüzünü sürdürülebilir olarak dönüştürür. Teknik olarak teraslama, göllendirme, seddeleme ve göllendirme ve adalaştırma tekniklerini kullanır. Çin'den bu konseptin çıkmasının en büyük sebebi çevre sorunlarının artık baş edilemeyecek boyutları almasıdır. Örneğin Çin'de kent içindeki bütün dereler beton kanallar içerisinde geçmektedir. Her yıl 20 milyar dolar yatırım yapılmasına rağmen 100 milyar dolar sel afetinden dolayı kaybedilmektedir (Yu, 2012). Bu durumun önüne geçmenin artık daha yüksek duvarlar çekmekle çözülemeyeceğini gören yöneticiler ve tasarımcılar doğa tabanlı çözümlere yönelmişlerdir.

Bu kapsamda bazı derelerin koridorları beton duvarlardan arındırılarak, yağmura göre esnek bir hal alacak bir tasarımla ekolojik açıdan yeniden tasarlanmıştır. Dere koridoru teraslanarak bitkilendirilmiş ve suyun alanı basmasına izin verilmiştir ve en şiddetli yağışların etkisinin yarıya

indiği gözlemlenmiştir. Bu rehabilitasyon nehirlerden geçen suların kalitesini iyileştirerek denize karışmadan önce daha sağlıklı bir ortamın oluşmasını sağlamıştır.

Çin şehirlerinin %65'i sellerden etkilenmektedir. Bu durumun iklim değişimi ile beraber çok daha şiddetli ve ani yağışları beraberinde getireceği düşünülürse, buna çözümün sadece daha büyük borular döşemek, daha yüksek ve kalın duvarlar çekmek veya daha güçlü pompalar kullanmakla olmayacağına farkında olan Çin'li yöneticiler, buna odaklanmak yerine gri altyapı ile beraber nasıl geleneksel doğa tabanlı çözümler kentle buluşturulur konusuna odaklanmışlardır ve sünger şehirler tekniklerinin (teraslama, göllendirme, adalaştırma) tasarımlarda sunacağı faydaların analiz edilmesi ve uygulamaya geçirilmesi konusundaki süreçleri başlatmışlardır.

Çin'de %75'i kirli olan yüzey suyunun ve %85'i denizlere doğrudan akan atık suların etkilerini önlemek için yapılandırılmış sulak alanlar tesis edilerek biyolojik süreçlerle beraber bir park ortamında besin maddelerinin yok edilmesi sağlanmıştır. Shanghai şehrindeki Huangpu nehrinin kirli sularını içerisine alan Houton Parkı 3 hektarlık bir sulak alan ile fosfor ve diğer besin maddelerini filtreleyerek 2.400 metreküp suyun her gün arıtılmasını sağlamaktadır.

770.000 kilometrekare büyüklüğünde müsilağdan neredeyse ölme noktasına gelmiş Quinhuangdoo Şehrinin Bohai kıyısında, kıyı boyunca kirleticileri ve kimyasalları durdurmak için süngerler oluşturulmuş ve geniş ölçekli soruna ekolojik, ekonomik ve sosyolojik açıdan etkin çözümler üretmek mümkün olmuştur.

Kent içerisindeki topraklarının %60'ının kirli olduğu Çin'de doğa tabanlı ekolojik altyapı yaklaşımı konvansiyonel metotlarla artırılması çok güç ve pahalı olan bozulmuş alanların onarımı için kullanılmıştır. Tianjin şehrinin tahrip olmuş ve kirlilikle baş etmek durumunda olan büyük bir açık alanı, sünger şehirler mantığı ile alana getirilen su sayesinde fitoremediasyon teknikleri devreye sokularak arındırılmıştır.

Özetle bahsi geçen düşük etkili gelişim ve sünger şehir konseptleri müsilağ ile baş etmek için kentsel suların denizle buluşmadan önce kent içindeki yeşil alanlarda infiltrasyonu ve filtrelenmelerini sağlar. Bu sistemlere aynı zamanda sürdürülebilir drenaj sistemleri denir (CIRIA 2000). Sürdürülebilir kentsel drenaj yaklaşımlarının geleneksel drenaj tekniklerinden daha çok rağbet görmesinin pek çok sebebi vardır: Sert yüzeylerle kaplanmış şehirlerde yüzey akışına geçen suyun hızını yavaşlatması, suyun düştüğu yerde yerel çözümlerle bunu bir kaynağa dönüştürmesi, su kalitesini koruması ve iyileştirmesi, derelerdeki su rejimini düzenlemesi, sedimanların denizlere gelmeden çökeltilmesi, yaban hayatı için habitat oluşturması, doğadaki su döngüsünü desteklemesi (gökyüzüne buharlaşma ve yer altına sızma), karbon ayak izinin daha düşük olması, karbon tutulumuna katkıda bulunması, doğa dostu olması ve yerleşimin rekreatif ihtiyaçlarına cevap vermesi ayrıca çok daha estetik bir çevre oluşturarak uygulandığı yerlerin ekonomik değerini artırması bunlar arasında sayılabilir. Sürdürülebilir kentsel drenaj sistemleri doğadaki su döngüsünü destekleyecek şekilde yağmur suyunu yönetir. Yağmurun macerası aslında süreklilik arz etmesi gereken bir olgudur: Su yeryüzüne iner, kentler senaryoda olmadığında doğayla buluşur, hatta bir kısmı yeraltına doğru inmeye başlar ve akiferi destekler. Yüzeyde kalan suyun bir kısmı yolculuğunu dereler, göller ve denizlerde sonlandırır yani yine doğa ile buluşur, diğer kısmı ise buharlaşarak gökyüzüne çıkar ve tekrar bu döngünün bir kere daha başlamasına sebep olur. Şehirler bir katman olarak bu döngüde yer alırlar. Bu katman ne kadar geçirimli olursa, bu durum birlikte var olma haline dönüşür ve şehir insanın yaşam kalitesini artıran, çok daha sağlıklı bir çevrede yaşadığı bir matrise dönüşür.

Ancak şehirler bu ilişkiyi kesecek şekilde araya girdiğinde başta seller olmak üzere çok büyük afetler ve bazen de kuraklık gibi bunun tam tersi ekstrem durumlar yaşanır (Tunçay ve Esbah, 2006). Uzun vadede insanın yaşam kalitesini ve sağlığını etkileyen bu durum, şehirlerin doğayla daha barışık olmasını gerektirir. Bu aşamada suyun akışını doğa tabanlı çözümlerle yöneten sistemler hem kirliliğin azaltılarak yeni habitat oluşturulması hem de estetik bir çevre oluşturulabilmesi için vazgeçilmez fırsatlar sunmaktadır. Deniz sistemlerinin gelecek nesillere sağlıklı devredilmesi için şehirlerimizin konvansiyonel drenaj yaklaşımlarını değiştirmesi önerilmektedir. Yüzey suyu şehirler için önemli bir kaynaktır ve bunun yönetimi şehirlerin planlaması ve yapılar ile çevresinin tasarımı ile beraber entegre düşünülmelidir. Gelişmenin bütün aşamalarında ve şehirlerin açık alan ve ulaşım kurgusunda sürdürülebilir drenaj eksenlerden biri olmalıdır. Ayrıca kıyıları yapılaşmaya açmamak kıyı kenar çizgisinin doğallığını korumasına yardımcı olmak gerek su içi gerekse de karasal vejetasyonları koruyarak şehirden gelecek her tür kirliliği denizleri etkilemeden filtrelemek konusuna da hassasiyet gösterilmelidir.

Şehir planlamacılarının ve sosyal bilimcilerin (ekonomi, sosyoloji vd.) ekosistem bilimcileri ile ortak projeler üretmesi gerekmektedir. Bu konuda henüz bir projeye ulaşılamamıştır. Ancak, çok daha detaylı bir taramanın (üniversite kütüphaneleri, yapılan tez/yayın çalışmaları) yapılması gereklidir.

TÜBİTAK'ın açmış olduğu proje çağrısına bu yönde başvuru olmadığı anlaşılmaktadır. Çağrının bu gruplara yönelik (ve diğer eksik kalan hedef başlıklarını da kapsayacak şekilde) yenilenmesi gerekli bir adım olarak değerlendirilebilir.

Kaynaklar

Batty, M. (2013). *The new science of cities*. Cambridge, MA: MIT Press.

Burns, M.J., Fletcher, T.D., Walsh, C.J., Ladson, A.B., Hattala, B.E., (2012). Hydrologic shortcomings of conventional urban stormwater management and opportunities for reform. *Landscape and Urban Planning* 105, 230e240.

Christie, J. & Bostwick, P. (2012). *Climate Change Adaptation Plan for Coastal and Inland Wetlands in the State of Michigan*. North Windham, ME: The Association of State Wetland Managers.

CIRIA, (2000). *Sustainable urban drainage systems – design manual for Scotland and Northern Ireland*. Dundee, Scotland: CIRIA Report No. C521.

US EPA (2006). *National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES): Preliminary Data Summary of Urban Storm Water Best Management Practices* (EPA publication No. EPA-821-R-99-012). Washington, DC.

Forman, R.T. T (2014). *Urban Ecology: Science of Cities*. Cambridge University Press, Boston.

Tunçay, A. A., Esbah, H. (2006). Understanding the effects of historic landuse pattern on an urbanized stream corridor. *Journal of Applied Sciences* 6(8): 1873-1881.

Yu, K., (2012). *Designed Ecologies. The Landscape Architecture of Kongjian Yu*. William S. Saunders.

Çözüm Önerileri Tablosu

Çözüm Önerileri	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)	Kısa Gerekçe
Kıyı kenar çizgisinin taşıma kapasitesinin tanımlanması	Kısa	Kıyılarımızdaki kenar çizgisi aslında bir zondur ve taşıma kapasitesi vardır. Dolayısıyla net bir sınır olarak ele alınmamalıdır. Bu kapasitenin belirlenmesi şehircilik anlamında bu alanların nasıl korunacağına dair daha somut önlemlerin alınmasında rehberlik edebilir.
Yoğun kent dokuları ve sanayi alanlarının denizle komşuluk ettiği alanlarda kıyıda sünger alanların oluşturulması	Orta/Uzun	Yoğun kent dokuları ve endüstriyel alanlar hem yüzey akışı anlamında geçirimli yüzeyleri ile denizlere yüksek miktarda kirli yüzey suyunun akışının olduğu, hem de genelde kıyı çizgisinin en çok değiştirdiği alanlardır. Bu bölgelerdeki gelişimlerin kıyıda yeterli mesafede tutularak oluşturulacak yeşil alanlarda yapılacak yoğun bitkilendirmeler ile suyun sızarak ve filtrelenerek sakince deniz sistemleri ile buluşturulması sağlanmalıdır. Bu alanların rekreatif amaçlı kullanımı da kent açısından ayrıca faydalıdır.
Kıyıda sert çizgili kıyı yapıları yerine, daha esnek ve informal formda, geçirimsizliği yüksek materyallerle kıyı yapıları tasarlanması	Orta/ Uzun	Denizdeki dalga hareketleri, deniz canlılarının sığınma cepleri ve deniz seviyesinin yükselmesine karşı alınması gereken önemli bir önlemdir.
Derelerin denizlerle geçişlerinde doğanın taklit edilmesi	Kısa/ Orta/ Uzun	Derelerin beton kanallar ile denizle buluşması hususunu içeren yönetmeliklerin (İSKİ, DSİ yönetmelikleri) güncellenmesi önerilmektedir. Bu konuların çözümünde mühendislik yapısı ile birlikte her iki su sisteminin ara canlılarını da barındıracak şekilde mevzuatlar ve uygulamalar geliştirilmelidir.

ÇALIŞMA GRUBU 3

Müsilajın Halk Sağlığına Etkileri

Müsilajın Sosyoekonomik Etkilerinin Analizi

Toplumsal Farkındalığı Artırıcı Kampanyaların Düzenlenmesi

Çalışma Grubu 3 Üyeleri

Prof. Dr. Nüket Sivri (Grup Başkanı)

Doç. Dr. Ahsen Yüksek

Prof. Dr. Funda Yercan

Prof. Dr. Mustafa Sarı

Prof. Dr. Saadet Karakulak

MÜSİLAJIN HALK SAĞLIĞINA ETKİLERİ

Hedef Başlığı

- **Müsilaja yönelik toksikoloji çalışmaları, müsilajı oluşturan organizma gruplarının toksin üretme potansiyellerinin ve halk sağlığı açısından riskli olan türlerin belirlenmesi, toksinlerinin ortaya konması ve izlenmesi (alg toksinlerinin midye ve balıklarda birikimlerinin araştırılması dahil) ve müsilajın patojen içeriği ve patojen barındırma potansiyelinin araştırılması**

Mevcut Durum Tanımlanması:

Marmara Denizi'nde gözlenen müsilaj; görsel, ekolojik ve ticari anlamda olumsuz etkileri yanı sıra, olası riskli türleri barındırması ve bu türlerin toksik etkileri nedeniyle 2021 yılı başlarından itibaren gündemdedir. Müsilaj organik ve inorganik içeriği yüksek yapısı gereği belirli bir mikro habitatı temsil etmektedir. Marmara Denizi'nde gözlenen müsilajda; yüksek çözünmüş karbonhidrat ve bu biyokütle içinde farklı mikroorganizma türlerinin bulunuyor olması, (Aktan vd., 2008, a,b; Altuğ vd., 2010a; Balkıs vd., 2013; Balkıs-Özdelice vd., 2021), bazı türlerin varlığının stres altında salgıladıkları metabolitlerin farklılıklar göstermesi ve doğal ortam bakterileri üzerinde fırsatçı patojen türlerin baskısının oluşması müsilajın biyolojik karakterini belirleyen bileşenlerdir. Denizlerdeki mikrobiyal toplulukların kompozisyonu, bakterilerin iklim değişikliği ve insan aktivitelerine bağlı çevresel değişikliklere karşı gösterdikleri farklı fizyolojik yanıtlara göre şekillenmektedir. Bu nedenle bakterilerin maruz kaldıkları çevresel koşullar değiştikçe fizyolojik yanıtlarda da değişiklikler gözlenebilmektedir. Bu durum müsilaj içeriğinde, patojen mikroorganizmaların ve olası toksik yapıların çoğalması için zemin oluşturabilmektedir. Dolayısıyla, halk sağlığını tehdit eden su kaynaklı patojenlerin (başta *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Legionella* spp., *Shigella* spp., *Yersinia enterocolitica* ve *Vibrio cholera* gibi organizmalar olmak üzere) tanımlanması ve tespitinin "müsilajın halk sağlığına etkileri" başlığında irdelenmesi önem arz etmektedir. Ayrıca, müsilajın yalnızca patojen etkenlere bir taşıyıcı görevi görmediğini aynı zamanda akuatik ortamda yaygın olarak bulunan antimikrobiallere dirençli bakterilerin de uzun süre canlı kalmasına ve uzak mesafelere taşınmasına aracılık ettiği bilinmektedir. Su kaynaklı (waterborne) patojenler ve ilişkili enfeksiyonlar, yüksek mortalite olasılıkları dikkate alındığında, sucül ekosistemi kullananlar için önemli bir halk sağlığı sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır (Kough vd., 2015; Jozić ve Šolčić, 2017; Dhir, 2020). Zaten var olan salgına ilaveten, kirlilik kaynaklı çevresel bozulmaların etkisi ile sorunun büyümesi mümkündür. Ancak çok zengin mikroorganizma biyoçeşitliliğine sahip Marmara Denizi'nin müsilaj anında var olan durumunun değişken olduğu göz önüne alındığında, çözüme yönelik amaçların dikkatli belirlenmesi gerekmektedir. Çünkü Marmara Denizi kıyısız alanında yaygın görülen bakteriler her ortamda aynı çeşitlilik, tür ve bollukta olmayıp, dinamik bir yapıya sahiptir (Sivri vd., 2014a; Sivri vd; 2014b; Sivri, 2017; Sivri vd., 2018). Denizlerde müsilaj gibi oluşumlarda bakteriyel rollerin tanımlanması için bakteriyolojik çalışmalar önem taşımaktadır.

Müsilajda heterotrofik ve indikatör bakteri düzeylerini belirlemek amacı ile; Marmara Denizi kıyısız alanında 2020 yılı Kasım ayında başlayarak yoğun dağılım gösteren müsilajdan örnekler alınmıştır. Ayrıca 2000 yılından bu yana devam eden çalışmalar kapsamında Çırpıcı Deresi'nin Marmara Denizi'ne döküldüğü Zeytinburnu Sahili, Küçükçekmece Lagünü'nün Marmara Denizi bağlantı alanı-Menekşe Sahili, Bostancı Sahili, Pendik Marina, Dragos Marina, Moda İskelesi ve Kurbağalidere Nehri'nin Marmara Denizi'ne döküldüğü Kadıköy Sahilinde 2021 Nisan ve Mayıs aylarında alınan müsilaj ve çevresindeki deniz suyu örneklerinde indikatör bakteri düzeyleri rapor edilmiştir (Altuğ vd., 2010b, 2013; Hulyar ve Altuğ, 2020). Müsilaj oluşumunun yaşandığı 2007-2008 yılında müsilajdan ve çevresindeki deniz suyundan alınan örneklerden elde edilen indikatör bakteri düzeyleri (Aktan vd., 2008b;

Altuğ vd., 2010a) ile karşılaştırıldığında daha yüksek ve hatta heterotrofik aerobik bakteri düzeyleri 2007-2008 döneminde müsilağdan elde edilen verilere göre ortalama 10^2 - 10^4 kat daha yüksek bulunmuştur (Altuğ vd., 2021).

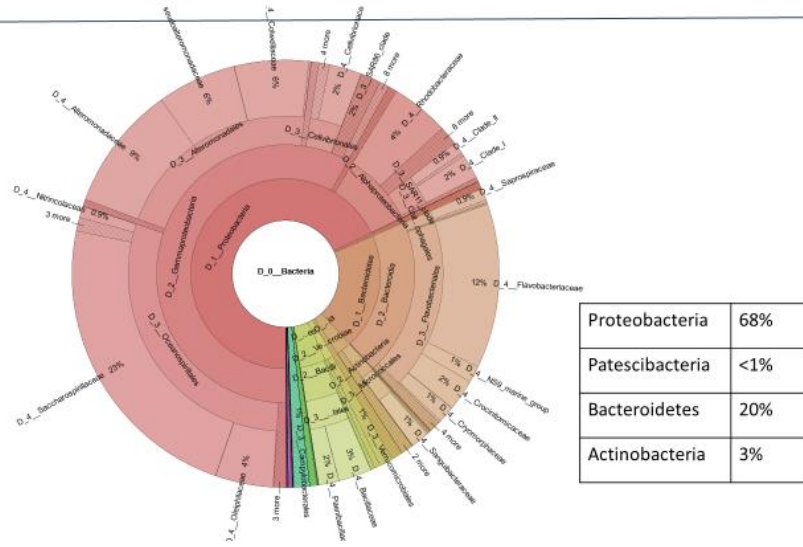
Atık karakterizasyonlarına bağlı olarak ekosistem parametrelerinin türler üzerindeki baskısı belirleyici unsurlardır (Fumagalli vd., 2011; Bengtsson-Palme vd., 2018). Bu amaçla, projeler ve çözüm önerilerinde müsilağın görüldüğü alanlarda, mikrofloraya ait prokaryotik ve ökaryotik toplulukların metagenomik analizlerle belirlenmesi ilk hedef olarak planlanmıştır. Ayrıca müsilağın oluşum mekanizmalarının tespiti adına, her kıyusal alanın temsil niteliği taşıyacak istasyonlarının seçimi önemlidir. Bu hedefle ilişkili olarak, temsil niteliği taşıyan istasyonlarla ilgili birçok bilimsel çalışma, ulusal ve uluslararası dergilerde yayımlanmıştır (Çardak ve Altuğ, 2010; Sivri vd., 2012; Altuğ vd., 2012; Sivri, 2017; Savun-Hekimoğlu ve Gazioğlu, 2021). Kıyusal alana ait mikroorganizma çeşitliliği dikkate alındığında, istasyonların o alanı temsil niteliği olduğu kadar antropojenik etkenler ve müsilağ öncesi ve sonrası değişikliklerin belirlenmesine dair bulguların biraraya getirilmesi önemlidir. Ekosistemlerin ortak özelliği olan müsilağ benzeri olayların tek bir sebebe bağlanamaması, tetikçi mekanizmalarının ve görev alan mikroorganizmaların farklılığı nedenleriyle Marmara Denizi'nin "Marmara Havzası" şeklinde bir bütün olarak ele alınıp değerlendirilmesi uygun olacaktır.

Müsilağın halk sağlığına etkileri teması ile başvurusu yapılan ve kabul edilen projeler içerisinde 12/37 oranı ile TÜBİTAK tarafından desteklenmesi onaylanan projelerin ana başlıklarında; gıda olarak tüketilen su ürünlerinde müsilağın olası etkilerinin yanı sıra, rekreasyonel faaliyetler için tercih edilen alanlarda, mikroorganizma kaynaklı yaşanabilecek olumsuzlukların belirlenmesine ait araştırmalar ele alınmaktadır. Mevcut durumun ve çözüm önerilerinin belirlenmesinde, bu projelerden ve yapılan diğer araştırmaların sonuçlarından faydalanılmıştır.

Marmara Denizi ekosisteminde müsilağın planktonik topluluk yapısını belirlemek üzere birçok çalışma yürütülmüştür (Taş vd., 2020; Toklu Alıçlı vd., 2020; Özalp, 2021). Müsilağın oluşumunda rol oynayan planktonik yapıların ve bu organizmaların yoğunluğunun belirlenmesi konusunda yapılan çalışmalarda, yüzeyde *Phaeocystis pouchetii* (Prymnesiophyceae) *Skeletonema costatum*, *Cylindrotheca closterium*, *Thalassiosira rotula* (Bacillariophyceae), *Gonyaulax fragilis* (Dinophyceae) belirlenmiştir (Taş vd., 2020; Balkıs-Ozdelice vd., 2021). Ayrıca bentik habitatta filamentli müsilağ üretiminden sorumlu olan *Chrysoreinhardia giraudii* ve *Nematochryopsis marina* (Chrysophyceae) organizmalarının bolluğundan bahsedilmiştir (Balkıs-Ozdelice vd., 2021). Mikroskopik gözlemlerde tür kompozisyonu açısından, Marmara Denizi'nin tipik baskın cinsleri olan *Protoperdinium* ve *Tripos* gibi yapıların çok az gözlemlenmiş olması ve daha önce gözlemlenmemiş üç türün baskın hale gelmesi ve Cyanophyceae grubunun farklı türlerle temsil edilmesi dikkat çekmiştir. Müsilağ oluşumunda Marmara Denizi phytoplankton kompozisyonunun değiştiği ifade edilmiştir (Taş vd., 2020; Balkıs-Ozdelice vd., 2021; Özalp, 2021). Bu ve buna benzer genus ve türlerin farklı kıyusal alanlardaki varlığı ve bolluğunun, müsilağ mekanizmasındaki rolünün belirlenmesi ve bu yapıların olası toksin üretme potansiyellerinin tespiti halk sağlığı açısından önem arz etmektedir. Konu ile ilgili desteklenen projelerin sonuçları bu öneme cevap verecek niteliktedir. Müsilağ yapısında *Pseudo-nitzschia* sp., *Gymnodinium* sp., *Phalacroma rotundatum* ve *Prorocentrum micans* gibi potansiyel olarak toksik cins ve türlerin gözlenmiş olması (Balkıs-Ozdelice vd., 2021) müsilağın algal toksinler açısından da risk oluşturabileceğini göstermiştir. Nitekim *Pseudo-nitzschia* sp. algal toksinlerden domoik asit, *Gymnodinium* sp., saksitoksin, *Phalacroma rotundatum* ve *Prorocentrum micans*'ın okadaik asit ve dinofisitoksinleri oluşturma potansiyelleri vardır (Muftah vd., 2016). Bu toksinler önceki çalışmalarda Marmara Denizi'nde de tespit edilmiştir (Dursun vd., 2016; Yılmaz vd. yayınlanmamış).

Bu çalışmalar içerisinde, mikroflorayı ve özellikle bakterileri belirlemek üzere çalışmalar sınırlı olup genellikle metagenom dizilimleri kullanılması tercih edilmiştir. Hedef başlığa uygun olarak yapılan ve ilk bulguları paylaşılan bakteri başlıklı çalışmalar ve projelerde; yüksek organik madde içeriği nedeniyle müsülajın, patojen ve patojen olmayan bakterilerin çoğalmasa için zemin oluşturduğu tespit edilmiştir. Müsülaj olmadığı dönemlerde yapılan analizlerde, *Bacteroidetes*, *Proteobacteria*, *Verrucomicrobia*, *Actinobacteria*, *Patescibacteria*, *Planctomycetes* ve *Cyanobacteria* ya ait genoslara rastlamak mümkündür (Şekil 37) (Sivri vd., 2021). Ancak her kıyasal alanda farklı baskınlıkta olabilen bu genuslar, müsülaj döneminde değişen yüzdelerde gözlenebilmektedir. Farklı istasyonlarda, insan hastalıkları, hücrenel metabolizma ve prosesler, farklı organizma sistemleri ile ilişkili olduğu belirlenen farklı metabolik yol izleri tespit edilmiştir.

Küçükçekmece



Şekil 37. Temsil niteliği yüksek alanlardan Küçükçekmece kıyasal alanına ait baskın bakteriyel türler

Yılmaz vd. (2021) yürüttükleri araştırmada, Çanakkale Boğazı yüzey sularındaki müsülajın metabolik çeşitliliği, mikrobiyal topluluk yapısı shotgun metagenom dizilimi ile ortaya konulmuştur. Nisan 2021 örneklemede, Çanakkale Boğazı'nın üç farklı istasyonundan alınan müsülaj örneklerinde, *Bacteroidetes* (%20.06), *Proteobacteria* (%13.68), *Verrucomicrobia* (%6.25), *Planctomycetes* (%3.02) ve *Cyanobacteria* (%2.5) olarak belirlenmiştir. Bu alanda belirlenen baskın gruplarla, İstanbul veya Tekirdağ kıyasal alanlarında tespit edilen bakteriyel çeşitliliğin, farklı alanlarda müsülajı tetikleyen mekanizmalarla ilişkisinin yorumlanması gerekmektedir. Farklı kıyasal alanlarda etkenler ve etkileyen faktörlerin tanımlanması adına, öncesi ve sonrası karşılaştırma çalışmalara ağırlık verilmelidir. Zira müsülajın içeriğindeki yoğun besin maddeleri ile bakterilerin kolonizasyonu kolaylaşmakta ve böylece uzun süre hayatta kalmalarını sağlamaktadır. Bu durum müsülajın yalnızca patojen etkenlere bir taşıyıcı görevi görmediğini aynı zamanda antimikrobiyal direnç geliştiren bakterilerin de uzun süre canlı kalmasına ve uzak mesafelere taşınmasına aracılık ettiğini göstermektedir (Danovaro vd., 2009). Çalışmalarda sıkça rastlanan ve halk sağlığı açısından önem arz eden ana konulardan birisi; antibiyotik direnç genlerinin varlığıdır. Bu varlık, müsülaj oluşumunda çoklu antibiyotik direncinin öncesine oranla daha yüksek oranlarda olacağını düşündürmektedir. Sucul alanlarda bulunan mikroflorada antimikrobiyal direncin tespit

edilmesi, antimikrobiyal direncin insanlar ve hayvanlara aktarılmasına yönelik önlemlerin alınması yönüyle önem taşımaktadır. Bulunan antibiyotik direnç genlerinin, halk sağlığı açısından riskli bir durum olarak değerlendirilebilirliği uzun araştırmalarla ortaya konmalıdır. Bu çalışmalara, kıyusal alanlarda yüksek konsantrasyonlarda belirlenen ağır metaller, bakteri gruplarından bazılarının dirençliliği ile ilgili çalışma ve projelerin de eklenmesi yerinde olacaktır.

Tüm Marmara Denizi ve havzasına ait kıyusal alan ve derin deniz kısımlarında aynı anda çalışma yapılması mümkün olmadığından, temsil niteliğinde olan alanlardan örnekleme yapılarak mikroflora hakkında sonuçlar üretilmesi için, TÜBİTAK desteği alan projeler ile aynı 9 aylık zaman diliminde, projelerinde belirlenen denizel alanlarda çalışmalar planlamıştır.

Müsilajın su ürünleri açısından tehdit oluşturma potansiyeli konusunda farklı görüşler vardır. Ancak müsilajın Marmara Denizi ekosistemine çok boyutlu etkisi üzerindeki çalışmalar henüz tam sonuçlanmamıştır. Bilinen balık patojenlerinin müsilaj içerisindeki varlığının da belirlenerek bu müsilaj aracılığı ile taşınması ve farklı bölgelerdeki balık popülasyonlarına tehdit oluşturması da belirlenmesi gereken öncelikli konulardandır. Çünkü özellikle deniz balıklarının halk sağlığını tehdit edici unsurları olarak; mikrobiyolojik etkenler/tehlikeler ve kimyasal tehlikeler ilk başlıklardır. Müsilajın bu başlıktaki etkisini net olarak ortaya koyabilmek için Marmara Denizi su ürünlerine ait türlerle ilgili daha önceki çalışmalarla mukayese edilmesi gerekir.

Müsilajın yarattığı oksijensizlik nedeniyle ölen canlıların varlığı bilinmektedir (Karadurmuş ve Sarı, 2022). Ancak sucul organizmaların bu ölümlerden farklı olarak, müsilajı oluşturan ve deniz ortamında birikim oluşturmuş kirlilik etmenleri nedeniyle zarar gördüğü birçok araştırmacı tarafından ortaya konmuştur. Farklı kurum/kuruluş/araştırma birimleri/üniversiteler tarafından yapılan çalışmalara ait sonuçlarda, denizel ortamlarda su ürünleri açısından tehdit oluşturma potansiyeli yüksek unsurların mikrobiyolojik etkenler olduğu görülmektedir (Öztürk vd., 2021). Sadece balıklarda değil, öncelikle kabuklular olmak üzere deniz dibi canlılarında da bakanlığın izin verdiği tüm avcılık bölgelerinde, müsilajın neden olduğu olumsuzlukların belirlenmesi adına araştırmalar sürdürülmektedir. Sezonun başlamasından itibaren örneklemeleere ait alınan ilk sonuçlarda, dip balıklarında ve stabil yaşayan deniz kabuklularında müsilaj öncesindeki kabuklular dahil geçmiş dönem verileri karşılaştırıldığında, patojen bakteri yükünün arttığı ifade edilmiştir (Erkan Özden, 2021). Hamsi, istavrit gibi pelajik balıklarda, daha büyük balıklara (ton, kılıç vb.) oranla risk daha düşük bulunmuştur. Desteklenen projeler kapsamında, takibi yapılacak su ürünlerine ait sonuçlar ile halk sağlığı tehdidinin ortaya konması söz konusu olacaktır. Ancak bu aşamada, tehditlerin zarara dönüşmemesi adına, gıda güvenliği unsuru özellikle dikkate alınmalıdır. Zira var olabilecek patojenlerin olası etkileri ve mikrobiyal kirlilik riski değerlendirildiğinde, solungaç-iç organ ve deri gibi geleneksel alışkanlıklarda gıda olarak tüketilmeyen kısımların atılması olası mikrobiyal riski azaltmaktadır. Kimyasal kirlilik açısından en önemli unsur ise ağır metal kirliliğidir. Ancak bu kirlilik müsilaj etkisi ile değil uzun süreli birikimler nedeniyle varlığı devam eden kirlilik türü olduğu için müsilaj ile ilişkilendirilmesi doğru olmayacaktır.

Her iki ana unsur dikkate alındığında, olası risklerin tehlike haline dönüşmemesi için mezgit, dil balığı, karides gibi daha ziyade dibe yakın ve dip canlılarının tüketiminde dikkatli olunması ilk sonuçlar dikkate alınarak önerilebilir. Özellikle hamileler, çocuklar, yaşlılar ve bağışıklık sistemi düşük olan grupların bu tip su ürünleri tüketiminde özen göstermeleri belirtilebilir. Tamamlanacak projelerle bu önerilerin somut verilerle desteklenmesi olası görünmektedir.

Kaynaklar

Aktan, Y., Dede A., & Çiftçi P.S. (2008a). Mucilage event associated with diatoms and dinoflagellates in Sea of Marmara, Turkey. An IOC Newsletter on toxic algae and algal blooms, The Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, 36, 1–3.

Aktan, Y., Altuğ, G., Topaloğlu, B., & İşinibilir, M. (2008b). İzmit Körfezi Müsilaj Çalışması. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, Sonuç Raporu.

Altuğ, G., Çardak, M., & Çiftçi, P.S. (2010a). Marmara Denizi'nde Müsilaj Oluşumu ve Bakteriyel Etkileşimler. Marmara Denizi 2010 Sempozyumu, İstanbul, Türkiye, 25-26 Eylül 2010, no.32, ss.456-463..

Altuğ G., Gürün S., Çiftçi Türetken P.S., & Hulyar O. (2010b). Marmara Denizi, İstanbul İli Kıyısız Alanında Patojen Bakteriler ve Bakteriyolojik Kirlilik, Marmara Denizi 2010 Sempozyumu, İstanbul, Türkiye, 25-26 Eylül 2010, no.32, ss.422-429.

Altuğ G, Gürün S, Çardak M, Çiftçi PS, Kalkan S. (2012). "Occurrence of Pathogenic Bacteria In Some Ships' Ballast Water Incoming From Various Marine Regions To The Sea Of Marmara, Turkey", *Marine Environmental Research*, 81, 35-42.

Altuğ, G., Çardak, M., Çiftçi, P.S., & Gürün, S. (2013). First Records and Microgeographical Variations of Culturable Heterotrophic Bacteria in an Inner Sea (the Sea of Marmara) Between the Mediterranean and the Black Sea, Turkey. *Turkish Journal of Biology*, (37), 184-190

Altuğ G., Çardak, M., Çiftçi Türetken, P.S., Gürün, S., Kalkan, S., (2020). Bacterial Roles in the Marine Ecosystem; A Sample Case of Turkish Marine Bacteria Çanakkale Onsekiz Mart University Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences Open Access Cilt 6, Sayı 1, Sayfa: 217-230 doi.org/10.28979/jarnas.844769

Altuğ G., Türetken P. S., Çiftçi Çardak M, Öztaş M. (2021). Bacterial Levels in Mucilage; Sample Case of Preliminary Study in İstanbul Province, the Sea of Marmara Chapter in: Ecology of the Marmara Sea: Formation and Interactions of Marine Mucilage, and Recommendations for Solutions Ed. M. Şeker,, İ. Öztürk. pp.137-155 ISBN: 978-605-2249-73-4 DOI:10.53478/TUBA.2021.001

Balkıs, N., Sivri, N., Linda Fraim, N., Balci, M., Durmus, T., Sukatar, A. (2013). Excessive growth of *Cladophora laetevirens* (Dillwyn) Kutzing and enteric bacteria in mats in the Southwestern İstanbul coast, Sea of Marmara. *IUFS Journal of Biology*, 72(2), 41–48.

Balkıs-Ozdelice, N., Durmuş, T. & Balcı, 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 . DOI: 10.30897/ijegeo.954787

Bengtsson-Palme, J., Kristiansson, E., & Larsson, D. (2018). Environmental factors influencing the development and spread of antibiotic resistance. *FEMS microbiology reviews*, 42(1), fux053. <https://doi.org/10.1093/femsre/fux053>

Çardak M ve Altuğ G. (2010). Distribution of Members of The Family Enterobacteriaceae In The İstanbul Strait, *J. Black Sea/Mediterranean Environment*, 16, 295-310.

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.

Dhir B. (2020). Effective control of waterborne pathogens by aquatic plants. *Waterborne Pathogens*, 339–361. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818783-8.00017-7>

Dursun, F., Yurdun, T. & Ünlü, S. The First Observation of Domoic Acid in Plankton Net Samples from the Sea of Marmara, Turkey. *Bull Environ Contam Toxicol* 96, 70–75 (2016). <https://doi.org/10.1007/s00128-015-1704-4>

Erkan Özden, N., (2021). Marmara Denizi'nden Avlanan Su Ürünlerinde Müsilajın Halk Sağlığı Bakımından Etkilerinin Değerlendirilmesi, KAMAG 121G149 Projesi.

Fumagalli M, Sironi M, Pozzoli U, Ferrer-Admetlla A, Pattini L, et al. (2011). Signatures of Environmental Genetic Adaptation Pinpoint Pathogens as the Main Selective Pressure through Human Evolution. *PLOS Genetics* 7(11): 10.1371 <https://doi.org/10.1371/annotation/ca428083-dbc-476a-956c-d7bb6e317cf7>

Hulyar, O., & Altuğ, G. (2020). The Bacteriological Risk Transported to Seas by Rivers; the Example of Çırpıcı River, the Sea of Marmara, Istanbul, Turkey. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 7(1), 45–53. <https://doi.org/10.30897/ijgeo.704260>

Jozić, S. ve Šolić, M. (2017). Effect of Environmental Conditions on *Escherichia coli* Survival in Seawater, *Escherichia coli* Recent Advances on Physiology, Pathogenesis and Biotechnological Applications, Amidou Samie, IntechOpen, DOI: 10.5772/67912.

Karadurmuş, U., & Sarı, M., (2022). Marine mucilage in the Sea of Marmara and its effects on the marine ecosystem: mass deaths. *Turk J Zool* (2022) 46: 93-102, doi:10.3906/zoo-2108-14.

Kough, A.,S., Paris, C.B., Behringer, D.C., Butler, M.J.IV (2015). Modelling the spread and connectivity of waterborne marine pathogens: the case of PaV1 in the Caribbean, *ICES Journal of Marine Science*, 72 (1) i139– i146, <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu209>

Muftah, A.; Selwood, A.I.; Foss, A.J.; Al-Jabri, H.M.S.J.; Potts, M.; Yılmaz, M. (2016). Algal toxins and producers in the marine waters of Qatar, Arabian Gulf. *Toxicon*, 122, 54–66

Özalp, H.B. (2021). First massive mucilage event observed in deep waters of Çanakkale Strait (Dardanelles), Turkey. *Journal of the Black Sea/Medit Environ* 27(1): 49-66.

Öztürk, İ., Yanalak, M., Arslan, Ö., Koyuncu, İ., Dilekgürgeç, E., Erşahin, M.E., Türken, T., (2021). "Marmara Denizi'nde Deniz Salyası Sorunu ile İlgili Görüş ve Öneriler". Rapor, İstanbul Teknik Üniversitesi,73.

Savun-Hekimoğlu, B. ve Gazioğlu, C. (2021). Mucilage Problem in the Semi-Enclosed Seas: Recent outburst in the Sea of Marmara. *International Journal of Environment and Geoinformatics (IJECEO)*, 8(4):402-413. DOI: 10.30897/ijgeo.955739

Sivri N, Balci M, Durmus T, Seker DZ, Balkis N. (2012). Analysis Of Enteric Bacteria Distribution in the Gulf of Gemlik By Means Of GIS, *Fresenius Environmental Bulletin (FEB)*, 21 (11) 3224-3232.

Sivri N, Allen MJ, Jones M, Akbulut V. (2014a). Potential Public Health Significance of Faecal Contamination in South-western Coastal Area in Istanbul, Turkey, *Journal of Pure And Applied Microbiology (JPAM)* 8(5) (2014): 3789-3796. https://www.omicsonline.org/2155-9910/2155-9910.S1.011_025.pdf

Sivri N, Jones M, Allen M. (2014b). *Pseudomonas aeruginosa* Isolated From Seawater the Marine Environments in the Istanbul Coastal Area, *Fresenius Environmental Bulletin (FEB)*, 23 (12b) 3340-3344.

Sivri N. (2017). Antibiotic Resistance (AR) Among Enteric Bacteria in Marine Environments of Marmara Sea. *Adv Biotech & Micro*. 6, 555694 <https://juniperpublishers.com/aibm/pdf/AIBM.MS.ID.555694.pdf>

Sivri N, Allen, M.J., Jones, M., Seker DZ, Durmus T, Balci M, Balkis N.(2018). Distribution of enteric bacteria by means of GIS and detection of *Escherichia coli* with uidA gene in Kapıdağ Peninsula of Marmara Sea, *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 47, 1495-1501.

Sivri, N., Sönmez, V.Z., Özbayram, E.G. (2021). Denizel ortamdaki sıcak noktalarda sinerjistik etki: Mikroplastikler ve ARGs, İÜÇ BAP 35585 nolu Araştırma Projesi Sonuç Raporu, İstanbul.

Taş, S., Kuş, D., Yılmaz, İ.N. (2020). Temporal variations in phytoplankton composition in the north-eastern Sea of Marmara: potentially toxic species and mucilage event. *Mediterranean Marine Science* 21(3): 668-683.

Toklu Alıçlı, B., Polat, S., Balkis-Ozdelice, N. (2020). Temporal variations in the abundance of picoplanktonic *Synechococcus* (Cyanobacteria) during a mucilage event in the Gulfs of Bandırma and Erdek. *Estuarine, Coastal and Shelf Sciences* 233: 106513.

Yılmaz, S., Kucuker, A.M. & Yılmaz Kahraman, D. (2021). Metagenomic characterization of planktonic communities during a mucilage event in the Çanakkale Strait (Dardanelles), Turkey. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(3), 421-427.

Çözüm Önerileri Tablosu

Çözüm Önerileri	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)	Kısa Gerekçe
Müsilaj içeriğinin mikrobiyal yapısının halk sağlığı ve ekosistem sağlığı üzerine etkilerinin tanımlanması	Kısa	Marmara Denizi'nde gözlenen organik ve inorganik içeriği yüksek yapısı gereği belirli bir mikro habitatı temsil eden müsilaj biyokütlesi içinde çok farklı mikroorganizma türleri bulunmaktadır. Bu zengin biyoçeşitlilikte, bazı türlerin varlığının stres altında salgıladıkları metabolitlerin farklılıklar göstermesi ve doğal ortam bakterileri üzerinde fırsatçı patojen türlerin baskısının oluşması müsilajın biyolojik karakterini belirleyen bileşenlerdir. Bu bileşenler içerisinde, halk sağlığı ve ekosistem sağlığı açısından önem arz eden türlerin, mikrobiyal ekoloji çalışmalarında yer alan teknolojik imkanlarla belirlenmesi ve olası etkilerinin ortaya konulması gerekmektedir.
Müsilajı oluşturan etmenlerin ve tetikleyici mekanizmaların halk sağlığı ile ilişkisinin belirlenmesi	Orta/Uzun	Marmara Denizi'nin farklı kıyusal alanlarında görülen müsilaj biyokütleyi etkileyen faktörlerin tanımlanması önemlidir. Kıyusal alana ait makro ve mikroflora dikkate alındığında; ilgili alanlara ait istasyonlarda ve/veya o alanı temsil niteliği olan alanlarda antropojenik etkenler ve müsilaj öncesi ve sonrası değişikliklerin belirlenmesine dair bulguların biraraya getirilmesi ve ilgili çalışmalara ağırlık verilmesi gerekmektedir. Böylece o alanda olası patojen formlarda değişiklik ve halk sağlığına etkisi ile ilgili yorumlamalar yapılabilir.
Müsilaj yapı ile değişen çeşitliliğin tanımı, halk sağlığı açısından sorun oluşturan patojenlerin tespiti ve insan/gıda/su ürünleri başlıklarında değerlendirilmesi	Orta	Müsilaj biyokütle içerisinde, kıyusal alanı temsil niteliğinde olan veya yeni tespit edilen patojenlerin halk sağlığı açısından öneminin ve etkisinin ortaya konması ile ilgili çalışmalar ile su kalitesi standartlarına uygunluğunun belirlenmesi çalışmalarına ihtiyaç vardır. Edinilen sonuçlarla ilişkili olarak insan/gıda/su ürünleri başlıklarında değerlendirme ve karşılaştırma araştırmalarına ağırlık verilmelidir.

Müsilajdan etkilenen sularda yer alan su ürünlerinin tüketiminin gıda güvenliği yönünden incelenmesi	Orta	Su ürünleri tüketiminde halk sağlığını etkileyecek olası unsurların tespiti önemlidir. Gıda güvenliği açısından olası risklerin tehlike haline dönüşmemesi için hangi tip su ürünleri tüketiminde dikkatli olunması gerektiği belirlenmelidir. Araştırma sonuçları dikkate alınarak özellikle risk taşıyan ve bağışıklık sistemi düşük olan grupların su ürünleri tüketimine özen göstermeleri tavsiye edilebilir.
Müsilaja neden olan veya müsilaj yapısında bulunan alglerin toksin üretme ihtimalinin değerlendirilmesi	Orta	Su ürünlerinde en sıklıkla tercih edilen kabuklu tüketiminin halk sağlığını etkileyecek olası unsurlarının tespiti önemli bir başlıktır. Müsilajın yapısında ve midye örneklerinde tüm sezon boyunca PSP, DSP, ASP toksinleri izlenmesi gereklidir. Bu araştırmanın sürdürülebilir olması adına projelerle desteklenmesi dikkate alınmalıdır.
Müsilajın oluşumunda planktonik yapıların ve yoğunluğunun belirlenmesi	Orta	Müsilaj yapı içerisindeki planktonik türlerin farklı kıyısız alanlardaki varlığı ve bolluğunun, müsilaj mekanizmasındaki rolünün belirlenmesi ve bu yapıların olası toksin üretme potansiyellerinin tespiti halk sağlığı açısından önem arz etmektedir.
Müsilajdan etkilenen/var olan suların rekreasyonel amaçlı kullanımlar yönünden incelenmesi	Uzun	Müsilaj biyokütlede bulunan mikroorganizma genus ve türlerinin, halk sağlığı açısından olumsuz etki yaratma potansiyeli bulunan ve zarar verebilecek formların belirlenmesi, bu alanların rekreasyonel amaçlı kullanımlar için karar verilmesinde önem teşkil etmektedir.
Müsilaj bulunan alanlarda belirlenen antibiyotik direnç genlerinin (ARG), halk sağlığı açısından riskinin değerlendirilmesi	Uzun	Müsilajın yalnızca patojen etkenlere bir taşıyıcı görevi görmediği ve antimikrobiyal direnç geliştiren bakterilerin de uzun süre canlı kalmasına ve uzak mesafelere taşınmasına aracılık ettiği bilinmektedir. Halk sağlığı açısından önemli olan bu başlığın, müsilaj oluşumundan önce ve sonrasında ait durum değerlendirmesinin yapılması, çoklu antibiyotik direncinin müsilaj öncesine oranla değerlendirilmesi gerekmektedir. Sucul alanlarda bulunan mikroflorada antimikrobiyal direncin tespit edilmesi, antimikrobiyal direncin insanlar ve hayvanlara aktarılmasına yönelik önlemlerin alınması yönüyle önem taşımaktadır.
Toksisite ölçüm metodlarının geliştirilmesi	Kısa/Orta	Müsilaj oluşumunda Marmara Denizi fitoplankton kompozisyonunun değiştiği yapılan çalışmalarla tespit edildiğinden, rastlanan genus ve türlerin olası toksin üretme potansiyellerinin hızlı yöntemlerle tespiti halk sağlığı açısından önem arz etmektedir. Ancak bu yöntemlerin genellikle yurtdışı desteklerle yapılıyor olması sınırlı bilgiye ulaşılması bir eksiklik olarak görülmektedir. Akut ve kronik toksisitenin belirlenmesinde, yönetmelik ve standartlarla karşılaştırılmasında var olan metodların geliştirilmesi önemlidir. Yenilikçi ve etkin yöntemlerle hızlı

		tespitlerin yapılması ve halkın uyarılması için gerekli projeler desteklenmelidir.
Müsilaj yapının içerdiği olası polimer yapılara ait çalışmalar	Orta/ Uzun	Marmara Denizi ekosisteminde müsilaj oluşumunda çok farklı organizmaların sorumlu olduğu bilinmektedir. Ancak bu biyokütle içerisinde biyolojik unsurlar dışında, olası polimer yapılar ve ağır metal oluşumlarının birikimi söz konusu olabilir. Bu olası birikimlerin denizel ekosisteme salınması veya bırakılması diğer canlılar için de tehdit teşkil edebilmektedir. Yapılacak çalışmalarla, müsilaj öncesi ve sonrasında olası polimer yapılardaki ve ağır metal konsantrasyonlarındaki değişim belirlenmeli ve halk sağlığı açısından değerlendirmeler yapılmalıdır.

MÜSİLAJIN SOSYO EKONOMİK ETKİLERİNİN ANALİZİ

Hedef Başlığı

- **Balıkçılık, turizm ve deniz taşımacılığına yönelik risk yönetim planlarının hazırlanması ve araştırmaların yapılması**

Mevcut Durum Tanımlanması:

Balıkçılık ve Turizm

Türkiye deniz ürünleri avcılığında Karadeniz en büyük paya sahiptir. 2010-2020 yılları arasında toplam deniz ürünleri avcılığının %70-80'i Karadeniz'den sağlanmıştır. Karadeniz'den sonra birbirine yakın oranda Marmara (%8-12) ve Ege Denizi (%7-13), daha sonra Akdeniz (%3-7) gelmektedir (TÜİK, 2020). Tablo 15'te, son 20 yılın avcılık üretimine dair veriler incelendiğinde, deniz balıklarında fark edilir azalmanın sağlıklı ekosistem sonucunda balık popülasyonlarındaki değişim kaynaklı olduğu görülebilmektedir.

Tablo 15. Türkiye'de su ürünleri avcılık üretimi

Yıllar	DENİZ (ton)			İÇSU (ton)			TOPLAM (ton)
	Balıklar	Diğer	Toplam	Balıklar	Diğer	Toplam	
2000	441.634	18.831	460.465	39.474	3.350	42.824	503.289
2001	464.987	19.230	484.217	39.215	4.108	43.323	527.540
2002	493.446	29.298	522.744	39.209	4.729	43.938	566.682
2003	416.126	46.948	463.074	39.873	4.825	44.698	507.772
2004	456.752	48.145	504.897	40.586	4.999	45.585	550.482
2005	334.248	46.133	380.381	42.630	3.485	46.115	426.496
2006	409.945	79.021	488.966	40.990	3.092	44.082	533.048
2007	518.201	70.928	589.129	40.213	3.108	43.321	632.450
2008	395.660	57.453	453.113	38.553	2.458	41.011	494.124
2009	380.636	44.410	425.046	35.604	3.583	39.187	464.233
2010	399.656	46.024	445.680	36.458	3.801	40.259	485.939
2011	432.246	45.412	477.658	34.328	2.769	37.097	514.755
2012	315.637	80.686	396.323	33.787	2.333	36.120	432.443
2013	295.168	43.879	339.047	32.281	2.793	35.074	374.121
2014	231.058	35.019	266.077	33.263	2.871	36.134	302.211
2015	345.765	51.966	397.731	32.376	1.800	34.176	431.907
2016	263.725	37.739	301.464	31.509	2.347	33.856	335.320
2017	269.677	52.496	322.173	29.773	2.372	32.145	354.318
2018	222.024	61.931	283.955	27.607	2.532	30.139	314.094
2019	374.726	56.846	431.572	29.618	2.978	31.596	463.168
2020	291.910	39.371	331.281	30.150	2.969	33.119	364.400

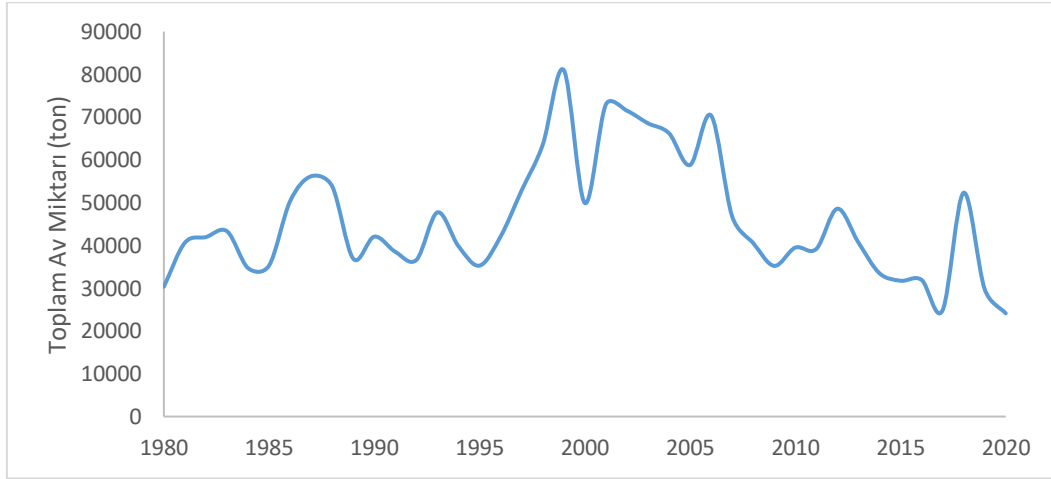
Kaynak: TÜİK

Marmara Denizi, Türkiye denizleri içerisinde av verimi ve balıkçılık açısından önemli bir potansiyele sahiptir (Sarı 2022, Çelikkale ve Sivri, 2016). Balıkçılığın daha avantajlı olmasının nedeni, bölgenin sosyo-ekonomik karakteristiğinden, özellikle İstanbul gibi bir mega kentin bu bölgede yer almasından kaynaklanmaktadır. Aynı zamanda, su ürünleri işleme ve ihracat tesislerinin en yoğun olduğu bölge Marmara bölgesidir. Diğer taraftan en büyük balık halinin İstanbul'da yer alması, yurt genelindeki dağıtımın daha yoğun olarak bu bölgeden yapılması gibi faktörler, finansal kaynaklara ve pazara direkt ulaşımı kolaylaştırmaktadır.

Marmara balıkçılığı genel olarak demersal türlerin avlandığı kıyı balıkçılığı ve büyük ölçüde mevsimsel göç olgusuna sahip pelajik balıkların avlandığı gırgır balıkçılığı üzerine yoğunlaşmıştır. Özellikle palamut (*Sarda sarda*), lüfer (*Pomatomus saltatrix*), kolyoz (*Scomber japonicus*), hamsi (*Engraulis encrasicolus*), istavrit (*Trachurus sp.*) ve sardalye (*Sardina pilchardus*) gibi başlıca pelajik balıkların Ege Denizi'nden Karadeniz'e ve Karadeniz'den Ege Denizi'ne doğru olan mevsimsel göçleri sırasında Marmara Denizi'ndeki avcılık faaliyetleri

yoğunlaşmaktadır. Hassas bir deniz alanı olmasından dolayı, 1380 sayılı Su Ürünleri Kanunu ile 1971 yılından bu yana trol avcılığının yapılması yasaklanmıştır. Ancak bilimsel tanımlamaya göre “beam trol”, “çerçevesiz trol” olarak bilinen algarna avcılığı yasal olarak serbesttir (Sarı, 2022).

Marmara Denizi'nin ticari demersal balıkçılık kaynakları; derin su pembe karidesi (*Parapenaeus longirostris*), berlâm (*Merluccius merluccius*), mezigit (*Merlangius merlangus euxinus*), barbunya (*Mullus barbatus barbatus*) ve dil balığı (*Solea solea*)'dır. Ticari değerinin yüksekliğinden ötürü derin su pembe karidesi en önemli türdür. Günümüzde Marmara Denizi'nde 48 balık türü ve 12 diğer su ürünleri olmak üzere toplam 60 türün ticari avcılığı yapılmaktadır. Balıkçılık sahası diğer üç denizimize göre daha küçük olmasına rağmen, 1980'ler (%7), 1990'lar (%14) ve 2000'ler (%10) boyunca Türkiye balıkçılığında ikinci sırada yer almıştır. 1980 yılında 30.365 ton olan av miktarları, 1999 yılında 81.005 tona yükselmiştir. Ancak, 2000 yılından itibaren ciddi düşüşler kaydedilmiştir. 2020 yılındaki av miktarı 24.138 tona düşmüştür (Şekil 38) (TÜİK 2020).



Şekil 38. Marmara Denizi'nde su ürünleri avcılık üretimi

Marmara Denizi'nin fizikokimyasal ve trofik yapısı yabancı/fırsatçı türlerin yerleşmesine ve ani popülasyon artışlarına olanak tanımaktadır. Ötrofikasyon, aşırı avcılık, habitatların tahrip edilmesi gibi çevre sorunları; *Aurelia aurita* gibi yerel türlerin olduğu kadar *Mnemiopsis leidyi*, *Beroe ovata*, *Liriopse tetraphylla* ve *Chrysaora hysoscella* gibi yabancı türlerin bolluklarını arttırmalarına neden olmaktadır (Yüksek ve Sur, 2010; Çelikkale ve Sivri, 2016; Demirel vd., 2020; İşinibilir 2012; İşinibilir, 2015; Yüksek, 2021). Yabancı denizanası türlerinin alt besin zincirlerinde neden olduğu kırılma, tüm ekosistem üzerinde baskıya ve sosyoekonomik yapıda hasara neden olabilmektedir (Kideys, 2002; Yılmaz, 2015; Yüksek 2021). 2000'li yıllardan sonra Marmara Denizi'nde ilk defa gözlenen denizanası türleri (İşinibilir vd., 2010, 2021, 2022) ve yerli türler (İşinibilir, 2011, 2012, 2015) hızlı ve yüksek üremenin yanı sıra aktif predatör olmalarından dolayı, plankton üstünde baskı kurmuşlardır. Ayrıca, bu predatör formlar aşırı zooplankton tükettiklerinden (Mutlu, 2001, İşinibilir, 2012; Yılmaz, 2015) balıkçılık sektöründe olumsuz bir rol oynayabilirler. Sonrasında meydana gelen kitlesel ölüm ise, doğal degradasyon nedeniyle çözülmüş oksijen konsantrasyonunun azalmasına (Yüksek ve Sur, 2010; Sweetman vd., 2016) ve parçalanmış denizanasılarının balıkçı ağlarını sararak ekonomik baskı yaratmalarına neden olabilir (Palmieri vd., 2014). Müsilajın yoğun olduğu mart ayında Çanakkale bölgesinde yapılan araştırmalarda, sahte bir benthoz oluşturması nedeniyle müsilajın mercanlarda potansiyel olarak yüksek bir ölüm riski olduğunu göstermiştir. Çünkü müsilaj, plankton bağımlı beslenmelerini, muhtemelen penetrasyonlarını ve sert mercan

kolonilerinin gorgonian ve korallitlerinin dalları üzerindeki polip mekanizmasını bloke ederek tüm kolonilerin ölümüne yol açabildiği bilinmektedir. Ayrıca, iklim değişiminin Çanakkale Boğazı'nın ana etkilerinden biri olup olmadığı belirsiz olduğundan, ekolojik değişiklikleri anlamak için bölgedeki sıcaklık anormalliklerinin belirli sualtı veri kaydedicileri tarafından düzenli olarak izlenmesi önerilmektedir (Özalp, 2021).

Marmara balıkçı filosu yaklaşık %75'lik oranla D (Diğer Gemiler) tipi plakalı teknelerden oluşmaktadır. 1. ve 2. Gruptaki teknelerin neredeyse tamamı bu plakayı sahiptir. 3. grupta yer alan teknelerin %0.4 gibi çok az oranı da D Plakalıdır. 1 ve 2. gruptaki bu teknelerin boy grupları; 5 ile 15 m arasında değişmektedir. Bu sonuç aynı zamanda Marmara Denizinin büyük ölçüde "Kıyı balıkçılığı" karakteristiğine sahip olduğunu göstermektedir (Zengin, 2017). TÜİK 2020 yılına ait veriler dikkate alındığında, uzatma ağları, voli ağları ve el oltası kullanan tekne sayısı 2243; gırgır ağları kullanan tekne sayısı 135; algarna ağı kullanan tekne sayısı ise 371 olarak belirlenmiştir (Tablo 16). Mevcut balıkçılık kaynağının avlanabilir stok durumu göz önüne alınmadan av gücüne sürekli olarak yatırımlar yapılmakta, balıkçı filosu nicelik ve nitelik olarak sürekli büyümektedir.

Tablo 16. Marmara Balıkçı Filosuna ait veriler (TÜİK, 2020)

	1. Grup: <8,9 m	2. Grup: 9-15,9 m	3. Grup: 16-25,9 m	4. Grup: 26> m	Genel
D Plaka	48,2	25,9	0,4	-	74,5
Gırgır (G)	-	0,4	2,6	5,8	8,8
Trol (T)	-	0,4	0,7	-	1,1
Gırgır-Trol (GT)	-	2,2	6,2	3,6	12,0
Ruhsatsız	3,6	-	-	-	3,6

Sonuç olarak balıkçılık baskısının, Marmara Denizi mevcut balık stoklarının sürdürülebilir seviyenin çok altına düşürdüğü ve yönetilmediğini göstermektedir. Bu sorun Marmara Denizi besin ağını da etkilemiş ve pelajik ve demersal sistemin enerji akışını değiştirmiştir. Son 20 yıldır, Marmara Denizi'nde tüm balıkçılık kaynaklarında ciddi azalmalar görülmektedir. 1980'li yıllardan itibaren bölgedeki yoğun kentleşme ve sanayileşme, deniz kirliliği, küresel iklim değişikliği, aşırı av baskısı, yüksek balıkçılık kapasitesi, av araçlarının seçici olmaması, yasadışı kayıt dışı ve kural dışı avcılığın varlığı, istilacı türler, vb. tüm bu faktörler balık stoklarının azalmasına yol açmaktadır. Marmara Denizi'nde ilk kez Ekim 2007'de görülen ve kilometrelerce alanda gözlenen müsilaj sadece görsel kirliliğe sebep olmakla kalmamış, aylarca üst tabakada etkisini sürdürerek başta balık ağlarını tıkaması ve av gücünü artırarak balıkçılığa darbe vurmuş, pek çok ticari ve amatör deniz araçlarında sorunlar yaşanmasına ve denizden su alan sanayi kuruluşlarda maddi kayıplara neden olmuştur (Yüksek, 2021). Bu dönemde sadece balıkçılarla yapılan sosyo-ekonomik araştırmalar sonucunda, balıkçılık gelirindeki düşüşün ortalama 27459 Euro/yıl olduğu, balıkçılık gelir kaybının ise -61,41% olduğu hesaplanmıştır (Keleş vd., 2020). 2021 de de yaşanan olayın 2007'ye göre daha uzun ve yoğun olduğu düşünüldüğünde sadece balıkçılık açısından ele alınsa bile ülkemiz ne yazık ki büyük ekonomik kayıplar ile karşı karşıya kalmıştır.

Marmara Denizi'nde 2021 yılında görülen müsilajın balıkçılık sektörünün nasıl etkilendiğini ortaya koymak amacı ile Tarım ve Orman Bakanlığı Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü tarafından dijital ortamda bir anket formu hazırlanmış ve Mayıs (30.05.2021) Haziran (22.06.2021) tarihleri arasında 211 ticari veya eğlence amaçlı balıkçı katılım sağlamıştır (Yıldız ve Gönülal, 2021). Online ankete katılan bazı balıkçılar müsilajın 1994'ten beri her yıl artan yoğunlukta görüldüğünü iddia etmiş hatta bazı balıkçılar son 10 yıldır varolan yapının 2021 dönemindeki kadar yoğun ve kalıcı olmadığını ifade etmiştir (Yıldız ve Gönülal, 2021). Bu anket

araştırmasının uygulama dönemi gereği, balıkçıların ekonomik kayıpları konusunda bilgi verememiştir. Sonuç olarak tüm sektörün farklı seviyede etkilendiği belirtilmiştir. Yaşanan müsilaj sadece balıkçılık değil, deniz ticareti, amatör denizcilik, kıyısız alan kullanan sanayi halk sağlığı ve turizmi ağır şekilde etkilemiştir. Bu kayıpların ortaya konulması için vakit geçirilmeden tüm sektörleri kapsayacak araştırmalar planlanmalı ve desteklenmelidir. Ekosistem hasarlarının ve devam eden süreçlerin, kısa/orta ve uzun vadede Türkiye ekonomisine olumsuz etkisinin belirlenmesinde, sektörel verilerin paylaşılmasının ve karşılaştırılmasının elzem olduğu bilinmelidir.

Marmara Denizi ve Türkiye balıkçılık yönetiminde en temel sorun ülkesel balıkçılık politikasının çok net olmamasıdır. Avrupa Birliği balıkçılık uyum yasalarının bazılarının hayata geçirilmesi de balıkçılık kaynaklarının yönetimi açısından fazla bir değişiklik sağlamamıştır. Birçok reform halen uygulama sürecinde beklemektedir. Uzun vadeli ve değişime açık, geliştirici bir balıkçılık politikası mutlaka geliştirilmelidir. Başta biyolojik olarak stokun yönetilmesi, balıkçı sorunlarının çözümlenmesi, tüketicinin daha kaliteli ve bol miktarda balık tüketmesine kadarki tüm süreçlerde yönetsel kriterler net olarak tanımlanmalıdır.

Turizm, Marmara Bölgesi için önemli sektörlerden birisidir. Marmara Denizi kıyılarında özellikle yerli turizm kapsamında çok önemli sayılabilecek noktalar, Şarköy, Erdek, Çanakkale, Tekirdağ, Karamürsel bölgelerinde yer almaktadır (TURCEV, 2021). Daha çok orta ve düşük gelir gurubunda yer alan yerli turistler ile geleneklerine bağlı yaşlılar bu bölge turizmine kaynak teşkil etmektedir ve özellikle bölgede deniz-yat turizmi ve kış turizmi ağırlıklıdır (Akça, 2016; Toker ve Kaya, 2018). 1980'li yıllara kadar daha çok yabancı turistlerle üst gelir gurubundaki kişilerin tercih ettiği Marmara Bölgesi, Akdeniz ve Ege bölgelerinin öne çıkması ile bu özelliğini kaybetmiştir. Bir zamanlar ülkedeki her 4 yataktan birisine sahip olan Marmara Bölgesi (Somuncu, 2006) gittikçe hem yatak kapasitesi hem turizm işletmelerinin genel kalitesinde geride kalmıştır. Eski niteliğini kaybeden Marmara Bölgesi, turizm işletmelerinin çıkış aradığı bir dönemde müsilaj gibi turizm faaliyetlerini doğrudan etkileyen ve hekimlerin de uyardığı bir olayla karşılaşmaları ciddi sorunlar ortaya çıkarmıştır (Evrensel Haber, 2021). Çünkü kıyısız alanları olan şehirlerde, Mavi Bayraklı plajların bulunması o bölgedeki plajların tanınmasına ve saygınlık kazanmasına ve turizm gelirlerinin artmasına yardımcı olduğu bilinmektedir (Özcan, 2011). Henüz müsilajın turizm sektörüne maliyetine ilişkin veriler olmasa da yapılan bireysel görüşmeler, yazılı ve görsel basında yer alan haberler, turizm gelirlerinin ciddi oranda düştüğüne işaret etmektedir (Milliyet, 2021; Cumhuriyet 2021). Müsilajın deniz yüzeyinde görüldüğü nisan ayı ortalarında turizm sektörü kısa süre içinde yüzeydeki müsilajın ortadan kalkacağını, mayıs ayı gelmeden yani turizm sezonu tam başlamadan sorunun çözüleceğini varsaymıştır. Ancak mayıs sonu geldiğinde beklentinin tersine müsilaj daha da artmış Yalova, Çanakkale, Mudanya, Erdek gibi iyi bilinen turizm bölgelerinde oteller, balık restoranları boş kalmıştır. Temmuz ortasına kadar yüzeyde kalan müsilaj, insanların Marmara Bölgesi yerine daha çok Ege Bölgesi'nde yer alan konaklama tesislerini tercih etmesine neden olmuştur (Hürriyet, 2021). O dönemde yerel yönetimler ve plaj işletmecileri ile yapılan görüşmelerde son yılların en düşük ziyaretçi sayısını deneyimledikleri bilgisi alınmıştır. Ancak ağustos ayından itibaren bölge otel ve pansiyonları dolmaya başlamış; insanlar yaz boyunca denize girmeyi daha az tercih etmişlerdir. Karamürsel, Erdek ve Tekirdağ'da, farklı yoğunlukta gözlenen müsilajın başarılı uygulamalarla gözle görülür iyileşmenin sağlanması ardından rekreasyon faaliyetleri için özellikle çocuklar tarafından tercih edilmiştir. Genellikle tarih turizmi ile öne çıkan Çanakkale'nin, deniz turizmi reel olarak etkilenmemesine rağmen, imaj olarak olumsuz etkilendiği görülmüştür. Ancak Mavi Bayrak'ın olumlu imajı koruyucu bir unsur olarak bölge imajının sahiplenilmesine imkân tanımıştır (TURÇEV, 2021).

Birçok tesis ve işletme ile yapılan ön görüşmelerde, havuzu olan otellerin görece müsilajdan daha az etkilendiği söylenebilir. Bu bulguyu desteklemek üzere yapılan bir modelleme

çalışmasında; Marmara Bölgesi turizm sektöründe plaj değişkeninde meydana gelecek 1 birimlik artışın, gelen turist sayısını yüzde 60 artıracığı belirlenmiştir. Ancak plaj kullanımında azalmalar da dolayısıyla olumsuz sonuçlara neden olacaktır. Aynı çalışmada, tesis değişkeninde meydana gelen 1 birimlik artışın gelen turist sayısını yüzde 3 oranında artıracığı bulunmuştur (Toker ve Kaya, 2018). Diğer taraftan otellere yönelik havuz inşaa eden bir şirketle yapılan görüşmede bir yıllık iş planının dolu olduğu görülmüştür. Bu durum aslında müsilağın gelecek yıllarda turizmi daha az etkilemesi için bir alternatif olarak da değerlendirilebilir.

Marmara Denizi ve Çanakkale Boğazı'nda turizme yönelik tur faaliyeti yürüten teknelerin de işlerinin ciddi oranda azaldığı tahmin edilmektedir. Zira çoğu otellerde kalan müşterilere hizmet sunan bu teknelerin sahipleri devletin çeşitli birimlerine kendilerine destek olunması talebiyle başvuruda bulunmuşlardır. Ancak müsilağın turizm üzerine etkileri ve sosyoekonomik analizlerle ilgili sayısal veriler bulunmadığından, bu konulardaki bilgiler ilgili kurumların gözlemleri ve görsel-yazılı basın takibi ile sınırlı kalmıştır. Uzun vadede yapılacak çalışmalarla, yerel yönetimlerle yürütülecek projelerle, müsilağın tesis ve işletmeler üzerindeki sosyo ekonomik etkilerinin belirlenmesi, modellenmesi ve görselleştirilmesi önem arz etmektedir. Yapılan çalışmalarda, bölge ve ülke ekonomisine önemli katkı sağlayan Marmara'daki turizm sektörünün deniz salyasından etkilenmemesi için sektörler arası işbirliği ve erken uyarı sisteminin geliştirilmesinin sorunu çözmede başarılı olabileceği ifade edilmektedir (Kalkavan, 2021).

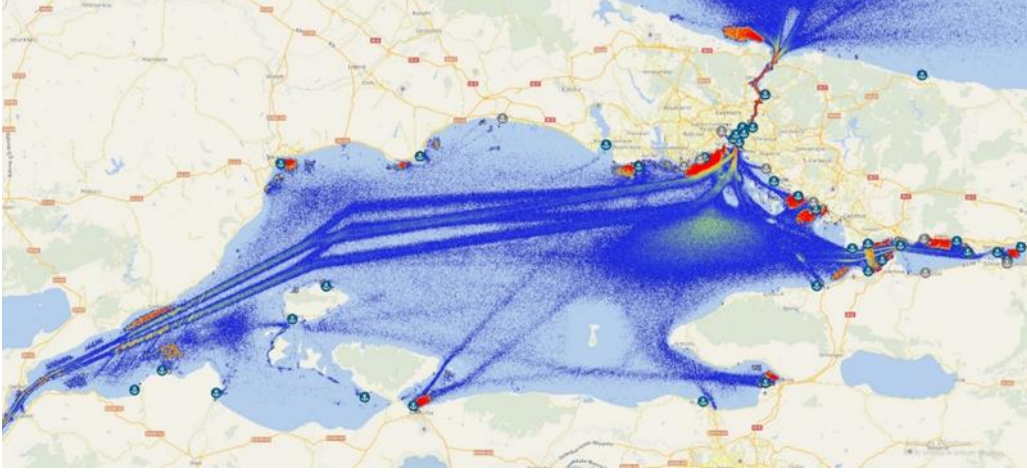
Aslında Bilim ve Teknik Kurulu üyelerine ve bilim insanlarına yaz ayları boyunca; “Denize girebilir miyim?” ve “Balık yiyebilir miyim?” şeklinde iki temel sorunun yöneltildiği olması, vatandaşların müsilağ bağlamında turizmle olan ilişkilerini de tanımlayıcı niteliktedir. Yaz ayları boyunca bu iki soru sürekli gündemde kalmış olsa da müsilağ ile ilgili araştırmaların tamamlanması ve kesin verilerin elde edilmesi ardından ilgili bakanlıklar ve bilim insanlarınca yanıt verilmesi tercih edilmiştir. T.C. Sağlık Bakanlığı tarafından oluşturulmuş “yuzme.saglik.gov.tr” web sitesi, denize girmek için tercih edilen plajın su kalitesi hakkında bilgi verse de bu bilginin sadece *E. coli* sayımından ibaret olması insanları tatmin etmemiştir. Diğer taraftan balık tüketimine ilişkin kafa karışıklığını gidermeye yönelik henüz bir kurumsal web sayfası veya periyodik açıklamalar mevcut değildir. Bu durumda aslında bir kısmı kış aylarında da faaliyet yürüten balık restoranları halen müsilağdan etkilenmeye devam etmektedir.

Deniz Taşımacılığı

Marmara Denizi konumu ve jeomorfolojisi itibarıyla, Türkiye karasuları içerisinde deniz trafiğinin en fazla yoğunlaştığı bölgedir. Bu trafik yoğunluğunun başlıca sebepleri, Marmara Denizi'nin Karadeniz ve Akdeniz arasındaki tek transit geçiş noktası olması, sanayi bölgelerinin Marmara Denizi'ne kıyısı olan illerde yoğun olması ve kıyı olan illerin Türkiye'nin iç bölgelerine hinterland açısından büyük bir alanı kapsamasına bağlı olarak gemi uğrak ve liman faaliyetlerinin görece dar bir deniz alanında gerçekleşmesinden kaynaklanmaktadır. Şekil 39'da Marmara Denizi gemi yoğunluk haritası gösterilmektedir (Vessel Finder, 2021). Yoğunluk haritasına göre Marmara Denizi trafik hattı üzeri, liman sahaları ve İstanbul ve Çanakkale Boğazları girişi bekleme bölgeleri ile ikmal sahalarının mavi ve kırmızı noktalar ile yoğunluğun olduğu bölgelerdir. Tekirdağ, Bandırma, Bursa, İzmit Körfezi, İstanbul ve Çanakkale Boğazları giriş/çıkış bölgeleri, Kartal ve Yenikapı demir sahaları ve Tuzla tersaneler bölgesi gemi yoğunluğunun yaşandığı bölgeler olarak tespit edilmiştir. En yoğun olan kısımlar her bir liman girişi ve özellikle geniş bir alana yayılmış olan İzmit Körfezi ve İstanbul Boğazı giriş-bekleme-çıkış noktalarıdır.

Dünya ticaretinde hammaddelerin, yarı mamul malların ve bitmiş ürün ile malların taşınmasında denizciliğin rolü oldukça önemlidir ve uluslararası ticaretin yaklaşık %85-90

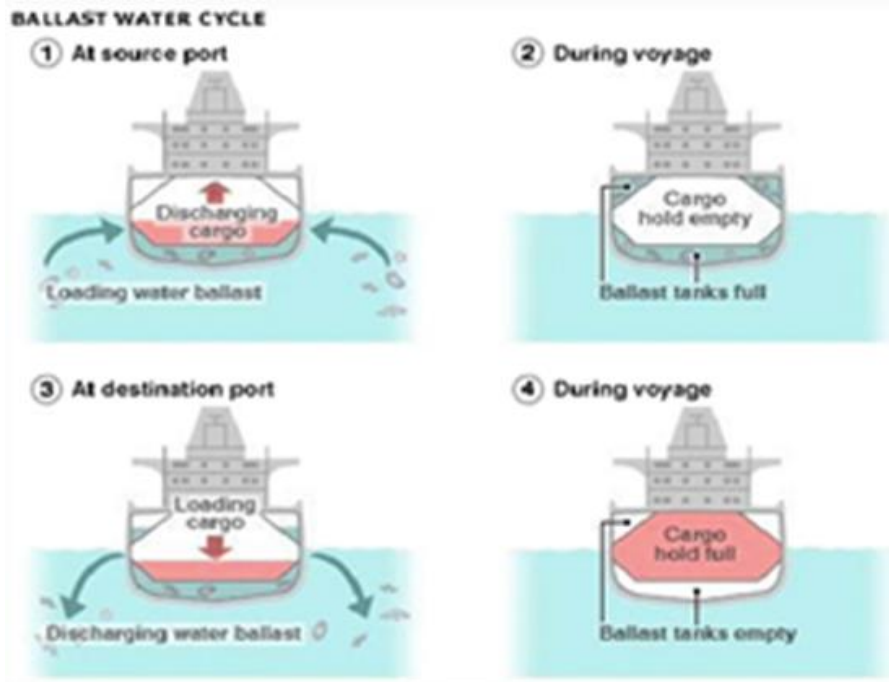
arasında deniz taşımacılığı ile yapılmaktadır. Uluslararası taşımacılıkta denizyolu ile taşımacılığın bu kadar önem arz etmesine karşı birtakım sorunlarla karşılaşmakta ve bunların en önemlilerinden birini balast suyu kaynaklı sorunlar oluşturmaktadır. Gemi işletmecileri ve donatanlar açısından, gemilerin maksimum yük ile seyretmesinin ekonomik olarak uygun olmasına rağmen, kimi zaman seyir sırasında tam yük olmaması nedeniyle veya yüklerin boşaltılması sırasında gemi dengesinin ve stabilitesinin sağlanması amacıyla, kimi zaman da



Şekil 39. Marmara Denizi yoğunluk haritası (Vessel Finder, 2021).

sevk sisteminden alınan verimin artırılması için pervanenin suda bulunduğu konumun ayarlaması amacı ile gemilerin balast tanklarına denizden balast suyu almaları gerekmektedir. Balast suyu alınan bölgedeki deniz canlıları ve birtakım organik ve inorganik partiküllerde, deniz suyuyla birlikte geminin balast tankına alınmaktadır. Gemiler yükleme limanına vardıklarında ise, kargo bölümüne yükleme sırasında geminin dengesinin ve stabilitesinin bozulmaması için balast tanklarını yüklemeye uygun olarak boşaltılmaktadır. Bu süreçte balast tanklarında hayatta kalmayı başarmış olan ve başka bir deniz alanından gelen deniz canlıları da Şekil 40'da görüldüğü üzere deniz suyuyla birlikte liman ve çevresindeki yeni ekosisteme aktarılmış olmaktadır.

Gemilerin balast tanklarına denizlerden alınan balast sularıyla her yıl yaklaşık olarak 10 milyar ton balast suyu uluslararası denizlerde farklı alanlara transfer edilmekte ve her gün yaklaşık 7.000 canlı türü farklı ekosistemlere taşınmaktadır (Tamelander vd., 2010). Bu canlıların bir kısmı balast tanklarındaki koşullara karşı dayanıklı olup, geminin sefer süresi boyunca hayatta kalabilmekte, taşınan bu canlı ve yumurtalar boşaltıldıkları yeni lokasyonlardaki ekosistemlerde uygun üreme şartları bulurlarsa çoğalıp istilacı türler haline gelebilmektedirler. Balast suları ile dünyada coğrafi olarak birbirinden ayrı olan deniz alanlarında farklı limanlar ve denizler arasında transfer olan sucül organizmaların, bir kısmını patojende olabilen bakteri ve virüsleri oluşturmaktadır, ulaşıp yerleştikleri alanlarda ekosistem, ekonomi ve insan sağlığı üzerinde riskler oluşmaktadır. Bu nedenle başta yerel türlerin yok olması gibi ekosistem biyoçeşitliliğinde meydana gelen söz konusu değişimler, geri dönüşü mümkün olmayan ekolojik ve sosyoekonomik hasarlara yol açabilmektedir. İstilacı türler işgal ettikleri bölgelerdeki ekosistemin doğal süreçlerini etkileyince, balıkçılık sektörünün performansının düşmesine, su ürünleri üzerindeki toksik ve patojen kontaminasyonları nedeniyle hem tüketimleri açısından hem de halk sağlığı açısından sosyal ve ekonomik zararlara yol açabilmektedir. Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) tarafından belirtildiği üzere, balast sularının farklı denizlerde boşaltıldığında zarar vermesinin yanında, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından da çeşitli hastalıkların yayılmasında önemli bir vektör işlevi görmesi söz konusudur.



Şekil 40. Limanlar arası balast suyu taşınımı (Tamelander vd., 2010)

Yoğun bir deniz ve liman trafiğine sahip Marmara Denizi'ne gemilerin özellikle yük alırken dengeyi ve stabiliteyi sağlamak amacıyla yapmak zorunda oldukları balast suyu boşaltma operasyonu, balast suyunun liman varmadan önce doldurulduğu noktadaki bazı canlı organizmaları Marmara Denizi'ne taşımaları sonucunu ortaya çıkarmaktadır (Uflaz vd., 2021). Bu canlı organizmalar arasında, balast tankı içerisindeki koşullara dayanıklı olanlar arasında, fitoplankton ve bakteri türleri gelmektedir. Bu canlı türleri balast tanklarında canlı kalarak geçtiği bu dayanıklılık testinden sonra, Marmara Denizi koşullarına uyum sağlayabilmektedir. Yoğun deniz ve liman trafiğinin belirlediği balast suyu operasyonlarının sıklığı, her seferinde benzer veya farklı türlerin defalarca Marmara Denizi'ne ulaşmasını sürekli bir hale getirmiş durumdadır. Böylesi bir durumda, bu canlılar arasında bolluğa sahip olan fitoplankton ve bakteri türleri arasında müsilaj üretebilen türlerin var olma olasılığı da artmaktadır.

Deniz taşımacılığı faaliyetleri ile müsilaj olayının birbirleriyle ilişkili olarak birtakım riskler oluşturabileceği açıktır. Söz konusu riskler balast sularının farklı bölgelerden taşınması ile artmaktadır. Buna ek olarak, gemilerin sevk sırasında makine sistemlerinde jeneratörün soğutma suyu olarak denizden su çekmesi ve soğutma suyu filtrelerinin müsilaj ile tıkanması riski de mevcuttur. Müsilajın biyoçeşitliliğe etkilerinin yanında, gemilerin balast tanklarında balast sularıyla ortamın ekosistemini bozma durumundaki balast sularının oluşturduğu risklere ek olarak, gemilerin makine sevk sistemlerindeki jeneratörlerin soğutma sularını farklı denizlerden alıp daha sonra Marmara Denizi'ne boşaltması durumu da gemi makinelerinden kaynaklı riskler de söz konusudur. Bu gibi riskli durumların sosyoekonomik sonuçları da olabilecektir.

Müsilaj olayının oluşturduğu sosyoekonomik etkilerin deniz taşımacılığı alt başlığı özetlenecek olursa; Marmara Bölgesi'ne sosyoekonomik açıdan önemli katkı yapan ve Marmara Denizi üzerinde yürütülen "Deniz Taşımacılığı" gibi ekosistem hizmeti olarak nitelenen faaliyetler ile müsilaj olayının oluşturduğu olumsuzluklar ve bunların ne ölçüde risk oluşturduğunun nitel ve nicel olarak belirlenmesi temel unsur olarak görülmektedir.

Kaynaklar

Akça, Y. (2016). Türkiye'nin kalkınma planlarında turizm politikası. *International Conference on Eurasian Economies*, 721-726.

Cumhuriyet Gazetesi (2021). Uzman isim uyardı: Müsilajın görüldüğü Marmara'da denize girecekler dikkat! <https://www.cumhuriyet.com.tr/haber/uzman-isim-uyardi-musilajin-goruldugu-marmarada-denize-girecekler-dikkat-1843283>

Çelikkale, M.S., ve Sivri, N. (2016). Değişen Marmara Denizi ve Değişen Su Ürünleri, *Şehir&Toplum Dergisi*, 4, 19-27. ISSN: 7897678343213

Demirel, N., Zengin, M., Ulman, A. (2020). First large-scale Eastern Mediterranean and Black Sea stock assessment reveals a dramatic decline. *Frontiers in Marine Science*, 7:103

Evrensel Haber (2021). Hekimler uyardı: Marmara Denizi'ne girmeyin! <https://www.evrensel.net/haber/434874/hekimler-uyardi-marmara-denizine-girmeyin>

Hürriyet Gazetesi (2021). Müsilaj Marmara'da etkili oluyor... İşte turizmcilerin değerlendirmeleri <https://www.hurriyet.com.tr/ekonomi/musilaj-marmarada-etkili-oluyor-iste-turizmcilerin-degerlendirmeleri-41827454>

İsinibilir, M., I. N. Yılmaz and S. Piraino (2010). "New contributions to the jellyfish fauna of the Marmara Sea." *Italian Journal of Zoology* 77(2): 179-185.

İşinibilir, M. (2011). Distribution of gelatinous zooplankton in the southern Marmara Sea during 2006-2007. First National Workshop on Jellyfish and Other Gelatinous Species in Turkish Marine Waters, 20-21 Mayıs 2011, Bodrum, Turkey.

İsinibilir, M. (2012). "The seasonal occurrence and abundance of gelatinous macrozooplankton in Izmit Bay (the northeastern Marmara Sea)." *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment* 18(2): 155-176.

İsinibilir, M. (2015). Distribution of *Chrysaora hysoscella* (Linnaeus, 1767) in the Marmara Sea. ASLO 2015 Aquatic Sciences Meeting: Aquatic sciences: Global and regional perspectives – north meets south, Granada, İspanya, 22 - 27 Şubat 2015, ss.97

İşinibilir, M., E. Yüksel and C. Dalyan (2021). "First record of *Cotylorhiza tuberculata* (Macri, 1778) from the Sea of Marmara." *Aquatic Sciences and Engineering* 36(1): 38-41.

İşinibilir, M., Yüksel, E., Türkeri, E., Doğan, O., Karakulak, S., Uzer, U., Dalyan, C., Furfaro, G., Piraino, S. (2022). The biodiversity changes of jellyfish in the Sea of Marmara. *Aquatic Sciences and Engineering*, 37(1): 53-57.

Kalkavan, C. (2021). "The current impact of mucilage on tourism and underwater cultural heritage in the Marmara region", *J. Black Sea/Mediterranean Environment*, 27 (2) 258-269.

Keleş G., Yılmaz S. Zengin M. (2020). Possible economic effects of musilage on Sea of Marmara fisheries. *Agric For Life Sci* (2020) 4(2): 173.

Kideys, A. E. (2002). "Fall and rise of the Black Sea ecosystem." *Science* 297(5586): 1482-1484.

Milliyet Gazetesi (2021). Marmara'daki büyük tehlike! Bu yaz denize girilebilecek mi? <https://www.milliyet.com.tr/galeri/son-dakika-marmaradaki-buyuk-tehlike-bu-yaz-denize-girilebilecek-mi-6498421>

Mutlu, E. (2001). "Distribution and abundance of moon jellyfish (*Aurelia aurita*) and its zooplankton food in the Black Sea." *Marine Biology* 138(2): 329-339.

Özalp, H.B. (2021). "First massive mucilage event observed in deep waters of Çanakkale Strait (Dardanelles), Turkey" *J. Black Sea/Mediterranean Environment*, 27 (1) 49-66.

- Özcan, S. (2011). Turizm işletmelerinin karşılaştıkları pazarlama sorunları Balıkesir ilinde bir uygulama (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Balıkesir Üniversitesi.
- Palmieri, M. G., A. Barausse, T. Luisetti and K. Turner (2014). "Jellyfish blooms in the Northern Adriatic Sea: Fishermen's perceptions and economic impacts on fisheries." *Fisheries Research* 155: 51-58.
- Sarı, M., (2022). Müsilaj ve Marmara Denizi Balıkçılığı, Şehir & Toplum-Marmara Denizi & Müsilaj Krizi, Sayı: 20-21, Ocak-Nisan 2022, pp: 85-99,, ISSN: 2564-7067.
- Tamelaender, J., Riddering, L., Haag, F. and Matheickal, J., (2010). Guidelines for Development of a National Ballast Water Management Strategy. International Maritime Organization, London, 54.
- TÜİK, (2020). Türkiye İstatistik Kurumu, Avcılık- Su Ürünleri 2020 verileri. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Su-Urunleri-2020-37252>
- Uflaz, E., Akyüz, E., Bolat, F., Bolat, P., Arslan, Ö. (2021). Investigation of the effects of mucilage on maritime operation, *J. Black Sea/Mediterranean Environment* Vol. 27, No. 2: 140-153.
- Vessel Finder. (2021). (Temmuz 25). Density Map for All Types of Ships. <https://www.vesselfinder.com/pro/map>
- Somuncu, M. (2006). Turizmin Kalkınmaya Etkisi ve Türkiye Turizmindeki Bölgesel Farklılıklar, IV. Ulusal Coğrafya Sempozyumu, Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi, 25-26 Mayıs 2006, Ankara, 163-179.
- Sweetman, A. K., A. Chelsky, K. A. Pitt, H. Andrade, D. van Oevelen and P. E. Renaud (2016). "Jellyfish decomposition at the seafloor rapidly alters biogeochemical cycling and carbon flow through benthic food-webs." *Limnology and Oceanography* 61(4): 1449-1461.
- Toker, S. & Kaya, G. (2018). Turist Sayını Etkileyen Faktörler: Marmara Bölgesi, 2. Uluslararası Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Öğrenci Kongresi ISERSC, 11-12 Ekim 2018, Antalya.
- TURCEV (2021). "Müsilaj Döneminde Marmara Kıyılarında Mavi Bayrak Ödüllü Yerlerin yaşadıkları sosyo-ekonomik sorunlar ve çözüm üretebilme durumları" Uluslararası Çevre Eğitim Vakfı-Foundation for Environmental Education (FEE) Raporu, Ekim 2021.
- Yıldız, T., Gönülal O. (2021). Sea snout 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 (2021)
- Yılmaz, İ.N., (2015). Collapse of zooplankton stocks during *Liriope tetraphylla* (Hydromedusa) blooms and dense mucilaginous aggregations in a thermohaline stratified basin. *Marine Ecology*, 36, 595-610.
- Yüksek, A. ve Sur, H.I. (2010). First Observation of the Mucilage Formation in The Sea of Marmara in October 2007. Report of the Workshop on Algal and Jellyfish Blooms in the Mediterranean and Black Sea. İstanbul, Turkey, 6-8 October 2010; S9-10.
- Yüksek A., (2021). Marmara Denizi'nde Deniz Salyası/Müsilajı Oluşturan Sebepler. Ed. Prof. Dr. İzzet Öztürk, Prof. Dr. Muzaffer Şeker. *Marmara Denizi'nin Ekolojisi: Deniz Salyası Oluşumu, Etkileşimleri ve Çözüm Önerileri* © Türkiye Bilimler Akademisi, s.85-104. 2021 ISBN: 978-605-2249-73-4
- Zengin, M. (2017). "Türkiye Kıyılarında Dağılım Gösteren Lüfer (*Pomatomus saltatrix*) Populasyonunun Mevsimsel Göç ve Avcılık İlişkileri". 19. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu. Sinop. Bildiriler Kitabı, 12. s.

Balıkçılık Çözüm Önerileri Tablosu

Çözüm Önerileri	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)	Kısa Gerekçe
Boğaziçi alanlarında ve Boğazların giriş ve çıkış noktalarında 3 mil yarım çaplı bölgede aşırı avcılığa yol açan endüstriyel balıkçılık faaliyetlerinin yasaklanması, Karadeniz ve Ege Denizi'nden giren balığın Marmara Denizi'nde dağılımına izin verilmesi	Kısa	Marmara Denizi, İstanbul ve Çanakkale Boğazları göç eden balıklar için biyolojik bir koridordur. Balığın Marmara Denizi'ne girmesine ve dağılmasına izin verecek şekilde her türlü balıkçılık faaliyetinin yeniden düzenlenmesi gerekmektedir. Marmara Denizi Koruma Eylem Planı (MDKEP)'nin 3 ve 19 numaralı eylemleri böylece daha etkin olarak gerçekleştirilebilecektir.
Gırgır balıkçılığı gibi endüstriyel avcılık tekniklerinin kontrol altına alınması; mevcut balıkçılık yönetimi kararlarında yer alan tekne boyu, ağ boyu, göz açıklığı vb gibi girdi kontrolleri gibi teknik ölçütlerin yeniden düzenlenmesi	Kısa/Orta	Marmara Denizi gibi iç deniz özelliği taşıyan alanlarda, endüstriyel avcılık teknikleri (gırgır balıkçılığı gibi) kontrol altında olmalıdır. Mevcut balıkçılık yönetimi kararlarında yer alan tekne boyu, ağ boyu, göz açıklığı vb. gibi girdi kontrollerinin yeniden düzenlenmesi ve bütüncül bir bakış açısı ile ilgili tüm kurum /kuruluşlar arasındaki koordinasyonun sağlanması gerekmektedir.
Deniz dibine zarar veren (algarna gibi) avcılık yöntemlerinin yeniden düzenlenmesi	Kısa/Orta	Müsilaj, çoklu etkilerle ortaya çıkmış, çevresel bir sorundur. Bu sorunun çözümünde sadece denize deşarj edilen atık yükünün azaltılması değil, aynı zamanda güçlü ve sağlıklı bir deniz ekosistemi oluşturma çabaları da dikkate alınmalıdır. Bu bağlamda denizin pelajik ve bentik bölgelerine zarar veren algarna gibi avcılık teknikleri yasaklanmalı, yerine sürdürülebilir alternatif yöntemler geliştirilmelidir.
Küçük pelajik balık avcılığının yeniden düzenlenmesi	Kısa	Marmara Denizi balıkçılığı yoğun olarak küçük pelajik balık türleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu yoğun avcılığın müsilaj oluşumuna etkisi dikkate alındığında, küçük pelajik balık avcılığına yönelik düzenlemelerin (avcılık kotalarının belirlenmesi için avlanabilir boy gruplarının bilimsel araştırmalara dayandırılması) yeniden gözden geçirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.
"Ekosistem esaslı balıkçılık" yönetimi için gereken altyapının hazırlanması	Orta/Uzun	"Ekosistem esaslı balıkçılık yönetimi"ne geçilmesi ve gereken altyapının hazırlanması için, ilk olarak hedef dışı av ve iskarta av oranlarını en aza indirecek düzenlemeler yapılmalıdır.

		Pelajik ve demersal balık stok tahminleri yapılmalı, besin ağı ilişkileri belirlenmeli, av araçlarının seçiciliğini artırmaya yönelik çalışmalar tamamlanmalıdır. Ayrıca hayalet ağların temizliğine yönelik çalışmalar artırılması, plastik kökenli atıkların yarattığı ekosistem tahribatının azaltılması için önlemler alınmalıdır.
Marmara Denizi'nde balıkların üreme ve beslenme alanları dikkate alınarak belirli bölgelerde koruma alanları oluşturulması	Orta/Uzun	Balıkların üreme ve beslenme alanları dikkate alınarak, belli bölgelerde koruma alanlarının oluşturulmasına ve bu alanların biyolojik çeşitlilik açısından izlenmesi ile ilgili çalışmaların yürütülmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda İzmit Körfezi, Gemlik Körfezi, Bandırma ve Erdek Körfezleri, gibi önemli üreme ve gelişme alanları da avcılığa kapalı alanlar olmalıdır. Marmara Deniz'inde üretime ve stoka katılıma destek verilmelidir. Özellikle (MDKEP) 19. Eylem'de yer alan "ekosistem esaslı balıkçılık yönetimi" için bu uygulama önemli bir gereklilik olarak görülmektedir.
Yasak, rapor edilmemiş ve kayıt dışı avcılığı azaltmak için denetim, kontrol ve izleme çalışmalarının yeniden gözden geçirilmesi	Uzun	Balıkçılık sektöründeki denetim, kontrol ve izleme çalışmalarının güçlendirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır.
Balıkçılığın etkin yönetimi için müsilaj erken uyarı sistemi ve balıkçıların zararını telafi edecek destek mekanizmalarının geliştirilmesi	Uzun	Balıkçılığı etkin yönetmek için müsilajı oluşturan şartların ve parametrelerin izlenerek olası bir müsilaj oluşumunun öngörülmesini sağlayacak bir müsilaj erken uyarı sistemi geliştirilerek, balıkçılar müsilajı fark etmeden önce uyarılmalıdır. Ayrıca müsilaj gibi çevresel felaketler için balıkçıların zararını telafi edecek (sigorta sistemleri gibi) destek mekanizmaları oluşturulmalıdır.
Balıkçılık verilerini toplamaya yönelik kayıt sistemlerinin geliştirilmesi/güçlendirilmesi, karar alma süreçlerine katılımın iyileştirilmesi ve izleme sistemlerinin kurulması	Uzun	Kısa vadede bu tür acil ihtiyaçların giderilmesine yönelik düzenlemelerin yapılması ama uzun vadede ilgili tüm kurum/kuruluşlar arasındaki koordinasyonu sağlamaktan sorumlu bir üst yapı oluşturulması çalışmaları yürütülmelidir.

Müsilaja bağlı balık tüketimiyle ilgili kaygıların giderilmesine yönelik, izleme sistemlerinin oluşturulması, verilere güveni sağlamak amacıyla süreçlerin şeffaflandırılması, kamuoyunun halk sağlığına yönelik olarak sürekli bilgilendirilmesi		Müsilaja bağlı balık tüketimiyle ilgili kamuoyunun halk sağlığına yönelik kaygılarının giderilmesine yönelik elde edilen verilerin düzenli paylaşılması önem arz etmektedir.
Balıkçılık kooperatiflerinin güçlendirilmesi	Orta/Uzun	Av sahalarının korunup gözetilmesi için güçlü balıkçı birliklerinin olması gerekmektedir. Böylece bilinçlendirilmiş, dış etkilere karşı av sahalarının korunması için birlikte hareket eden balıkçılar, yasak avcılığa karşı savunma geliştirebilirler.

Turizm Çözüm Önerileri Tablosu

Çözüm Önerileri	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)	Kısa Gerekçe
Marmara Denizi çevresine ilişkin bir turizm envanteri çıkarılması	Kısa	TÜİK istatistikleri il bazında ve daha çok ilin toplam yatak kapasitesiyle ilgili olduğu için Marmara Denizi çevresinde müsilağ sorunundan etkilenen turizm işletmelerine ilişkin net bir bilgi bulunmamaktadır. Bu kapsamda Marmara Denizi kıyısında yer alan ve müsilağdan doğrudan etkilenen turizm tesislerinin envanterinin çıkarılması, müsilağın turizm üzerindeki olumsuz etkilerini azaltma noktasında oluşturulacak politikalar için fayda sağlayacaktır.
Müsilağın turizm üzerine etkilerinin sayısallaştırılması ve modellenmesi	Orta/Uzun	Müsilağın turizm üzerine etkilerinin ile ilgili sayısal veriler bulunmadığından, bu konulardaki bilgiler ilgili kurumların gözlemleri ve görsel-yazılı basın takibi ile sınırlı kalmıştır. Uzun vadede yapılacak çalışmalarla, yerel yönetimlerle yürütülecek projelerle, müsilağın tesis ve işletmeler üzerindeki sosyo-ekonomik etkilerinin belirlenmesi, modellenmesi ve görselleştirilmesi önem arz etmektedir.
Turizm tesislerinin müsilağdan etkilenme düzeylerinin belirlenmesi	Kısa	Müsilağın gelecek yıllarda da tekrar etme olasılığı dikkate alınarak turizm tesislerinin hali hazırda nasıl ve hangi düzeyde etkilendikleri belirlenerek, geleceğe yönelik tedbirler belirlenmelidir.
Turizm-müsilağ risk yönetim planının hazırlanması	Orta/Uzun	Turizm sektörünün müsilağdan etkilenme düzeyleri belirlendikten sonra, alınacak önlemlerle geliştirilecek alternatif çözümleri de içeren turizm-müsilağ risk yönetim planı hazırlanmalıdır.
Müsilağın Marmara Denizi kıyısız alanında bulunan turizm tesisleri ve kültürel mirasa olası etkilerinin belirlenmesi	Orta/Uzun	Bölge ve ülke ekonomisine önemli katkı sağlayan Marmara Denizi kıyısız alanında konumlanmış turizm sektörü temsilcilerinin müsilağdan etkilenmemesi için sektörler arası işbirliği ve erken uyarı sisteminin geliştirilmesi gerekmektedir.

Deniz Taşımacılığı Çözüm Önerileri Tablosu

Çözüm Önerileri	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)	Kısa Gerekçe
Müsilajın gemi makine sistemleri, sevk sistemleri üzerindeki etkisinin araştırılması	Kısa	Gemi makine sistemlerinde soğutma suyunun denizden alınmasıyla, müsilajın olduğu bölgelerden su alınması durumunda gemi makinelerinin filtrelerinin tıkanması ve makinelerin soğutulamamaktan kaynaklı olarak durması veya kilitlemesi durumu oluşabilecektir. Bu etkinin kısa vadede belirlenmesine ihtiyaç vardır.
Müsilaj nedeniyle gemi makine sistemleri etkilenen gemilerin oluşturabileceği riskin ve deniz taşımacılığı üzerindeki etkilerinin belirlenmesi	Orta	Gemi makine sistemlerinde soğutma suyunun denizden alınmasıyla, müsilajın olduğu bölgelerden su alınması durumunda gemi makinelerinin filtrelerinin tıkanması sonucunda makinelerin soğutulamamaktan kaynaklı olarak durması nedeniyle kilitlemesi durumu gerçekleşebilecektir. Bu durum deniz kazalarına, ekonomik problemlerin oluşmasına neden olabilecektir. Bu problemlerin deniz taşımacılığında yaratacağı soruna ilaveten sosyo-ekonomik etkisinin de belirlenmesi gerekmektedir.
Deniz taşımacılığı açısından risk faktörleri ve müsilaj ilişkisi hakkında toplumsal farkındalık oluşturulması	Orta	Deniz taşımacılığında gemi stabilitesi için gerekli olan balast suyu, limanın bulunduğu bölgedeki deniz suyu içeriğinde, deniz canlıları ve birtakım organik ve inorganik partiküllerle birlikte geminin balast tankına alınmaktadır. Gemiler yükleme limanına vardıklarında, kargo bölümüne yükleme sırasında geminin dengesinin ve stabilitesinin bozulmaması için balast tanklarını yüklemeye uygun olarak boşaltmaktadır. Bu süreçte balast tanklarında bulunan hem müsilaj oluşumunu tetikleyebilecek ve hem de halk sağlığını tehdit edebilecek türlerin varlığına ilişkin envanter çalışmalarının yürütülmesi elzemdir. Bu çalışma sonuçlarına bağlı olarak denizel alanlarda gözlenen farklı türlerin kısa sürede ilgili kurum ve kuruluşlara bildirilmesine dair bir birim kurulması önerilebilir.

<p>Gemilerden ve denizcilik faaliyetlerinden kaynaklı kirlilikle mücadeleyle yönelik araştırma ve mevzuat çalışmalarının yapılması</p>	<p>Orta / Uzun</p>	<p>Gemi bacaları kaynaklı denize bırakılan bazı bileşiklerin (NO_x, SO_x gibi) etkisinin belirlenmesi gereklidir. Bu etki sadece hava kirliliği kaynaklı olmayıp, deniz ekosisteminde yarattığı kirlilik baskısını da tetiklemektedir. Gemi tersaneleri ve üretim tesislerinde hava kaynaklı emisyonların yarattığı hava kirliliğinin etkisi yanı sıra mülaj oluşumunda etkili olduğu bilinen bileşiklerin (Fe, Mg ve Mn vb. içerikli bileşikler) kirlilik ve yayılma haritalarının ve model çalışmalarının yapılmasına ihtiyaç vardır. Bu çalışmalara, olası kaynağı tespit edecek erken uyarı sistemleri ile ilgili farklı ihtiyaçları karşılayan ürün ve teknolojilerin çözüm anlamında tümleştirilme imkânı sağlanmalıdır.</p>
<p>Deniz taşımacılığına yönelik mülaj risk yönetim planlarının hazırlanması</p>	<p>Uzun</p>	<p>Deniz taşımacılığı faaliyetlerinde, özellikle kargo gemilerinde, mülaja bağlı olarak makine aksamalarında meydana gelebilecek sorunlar dikkate alınarak mülaj kaynaklı risklerin analiz edilmesi ve analiz sonucuna göre düzeltici ve önleyici eylemlerin belirlenmesi söz konusudur. Ayrıca, saha çalışması yöntemleri ile elde edilebilecek numunelerden çıkarılan veriler ile, balast suyu değişimi yapılan bölge ve Marmara Denizi'nde bulunan ekolojik bölgelere göre mülaja sebep olan fitoplanktonik formlar ve balast suyu arasında ilişki modeli belirlenerek, balast suyuna bağlı olarak mülaj oluşumu ile ilgili risk analizleri yapılarak, düzeltici ve önleyici eylemlerin belirlenmesi faydalı olacaktır.</p>
<p>Mülajın denizcilik sektörü kıyı ve karasal sistemlere olası etkilerinin araştırılması</p>	<p>Orta</p>	<p>Liman, marina, çekek yeri gibi denizcilik sektörü kıyı tesislerinin buralarda kullanılan ekipmanın mülajdan nasıl etkilendiğinin belirlenmesi, risk yönetimi açısından önemlidir. Diğer taraftan mülajın orta vadede farklı yapı materyallerine sahip gemi gövdeleri ve boyalarına olası etkileri de işletme maliyetleri açısından önemlidir.</p>

TOPLUMSAL FARKINDALIĞI ARTIRICI KAMPANYALARIN DÜZENLENMESİ

Hedef Başlığı

- **Toplumda bir bütün olarak ve ekosistemden özellikle fayda sağlayan hedef aktörler nezdinde farkındalık geliştirme çalışmalarının yürütülmesi**

Bu hedef kapsamındaki alt eylemlere örnekler aşağıda verilmektedir:

1. **Oyunlaştırma**
2. **Animasyon geliştirme**
3. **Kısa film hazırlama**
4. **Online eğitim platformları geliştirme**
5. **Bu noktada STK'lar ve MEB gibi diğer ilgili Bakanlıklar ile koordinasyon**
6. **Belli zaman aralıklarında ve acil durumlarda kamuoyunu doğru şekilde bilgilendirme**

Mevcut Durum Tanımlanması:

Çevre sorunları, sadece ilgi duyanları değil toplumun tamamını etkilemektedir. Müsilaj, Marmara Denizi özelinde görülse de bağlantılı bütün denizleri etkileyen ulusal ölçekte bir çevre sorunudur. Bu yüzden müsilaj oluşumunun önüne geçmek için müsilaja neden olan faktörlerin ortadan kaldırılmasında ulusal ölçekte farkındalığa ihtiyaç vardır. Diğer taraftan müsilajın izlenmesi ve etkin olarak takibi için çoğu zaman Marmara Denizi çevresinde yaşayanların özel katkıları da hayati önemdedir. Bu yüzden Vatandaş Bilimi de denilen bir toplumsal katılım çevrevesi oluşturularak Marmara Denizi çevresinde yaşayan insanları “proaktif” ve “katılımcı” bir yaklaşımla sürece dahil etmek gerekmektedir.

Bu bağlamda, tüm paydaşların katılımıyla hazırlanan “Marmara Denizi Koruma Eylem Planı” aslında anılan farkındalık çalışmalarının temelini teşkil etmektedir. Eylem planının en önemli özelliği, başta Marmara Denizi'nin korunmasına, her türlü kirlilikten ve bilhassa müsilaj sorunundan kurtulmasına ve Marmara'ya kıyısı olan tüm şehirlerin geleceğine katkı vermesine yönelik olması; ortak akılla, gayretle, birlik ve beraberlik içerisinde tüm sorumlularca kabul edilmiş olmasıdır. 8 Haziran 2021 tarihinden itibaren 7/24 esasıyla Marmara Denizi'ndeki müsilajın bilimsel temelli yöntemlerle tamamen temizlenmesine başlanacağı bilgisi verilmiştir. Bu sayede halkın, Türkiye odağındaki probleme paydaş olması ve çözüme ulaşmadaki rolü tanımlanmıştır.

Yüzeydeki temizlik çalışmalarına ilaveten, yürütülmesi planlanan farklı müdahale yöntemlerinin Marmara Denizi hassas ekosistemine olası etkileri dikkate alınarak, 23 Haziran 2021 tarihinde, 11 ayrı üniversiteden 21 öğretim üyesi ile TÜBİTAK iş birliği dahilinde, bilimsel ve teknik yanıtların alınabileceği bir komisyon “Bilim ve Teknik Kurulu” oluşturulmuştur. Sadece Marmara Denizi değil havzadaki su kaynaklarının karşılaştığı olumsuz etkilerin çözüm önerilerinin görüşüldüğü komisyonun oluşturduğu raporlar, üst komisyonlar ve Bakanlıklarla paylaşılmış ve kamuoyunda yer alması gereken detaylara yer verilmiştir. Aynı zamanda Marmara Denizi başta olmak üzere denizlerimizdeki müsilaj benzeri sorunların sebeplerini araştırarak alınması gereken önlemlerin belirlenmesi amacıyla, 6 Temmuz 2021 tarihinde TBMM Meclis Araştırma Komisyonu üyeleri belirlenmiştir. Komisyon üyelerinden ve diğer bilim insanlarından alınan görüşler doğrultusunda çalışmalarına yön veren TBMM Meclis Araştırma Komisyonu, 7-8-9 Eylül 2021 tarihlerinde, Marmara Denizi'nde yerinde dalışlarla güncel çalışmalar yürütmüştür.

Yarattığı olumsuz ekolojik, ekonomik ve sosyal etkiler sebebi ile müsilajın oluşum mekanizması, izlenmesi, oluşumunun önlenmesi ve müdahale yöntemleri konularında sürdürülebilir ama kısa vadede sonuç alınabilecek ve çözüm üretebilecek çalışmaların yürütülmesine devam edilmektedir. Ancak bu projeler yürütülürken,

- i) Kentsel ve endüstriyel atıksular, tarımsal aktiviteler, gemilerden kaynaklı riskler ile atmosferik taşınımı da kapsayacak şekilde kirlilik baskısına ve bu baskıların azaltılması için yapılması gerekenlerle ilgili çalışmalar,
- ii) Marmara Denizi'nin hidrodinamik, hidrobiyolojik şartları ile kimyasal yapısının belirlenmesine yönelik çalışmalar,
- iii) Müsilaj ve diğer kirlilik unsurlarının temel sektörel etkileri ile sektörlerin deniz kirliliği üzerine etkisine yönelik çalışmalara devam edilmektedir.

Kurul üyelerinin birçoğu, ulusal ve uluslararası basında yer alan ve ses getiren çalışmalara imza atmıştır. Bu konuda görsel basının yanı sıra demeçler, yazılar ve röportajlarla yazılı basında bilgilendirme çalışmaları üstlenmişlerdir. Farklı destekleyici kurumlar sayesinde belgesel çekimleri ile halkın yüzeyde müsilaj etkisinin kaybaldığına yönelik ön yargısını değiştirme amaçlı, deniz dibindeki zarara dair farkındalık çalışmalarını yürütmüşlerdir. Son dönemde, su kullanım bilincinde olduğu gibi, denizel alanlarda sağlıklı ekosistemler geliştirilmesine yönelik kalıcı farkındalık oluşmasının sağlanması ile ilgili çalışmalar planlanmaktadır.

Hedef başlığı olarak verilen “toplumda bir bütün olarak ve ekosistemden özellikle fayda sağlayan hedef aktörler nezdinde farkındalık geliştirme çalışmalarının yürütülmesi” çalışmalarında, Bilim ve Teknik Kurulu olarak belli zaman aralıklarında ve acil durumlarda kamuoyunu doğru şekilde bilgilendirme görevi üstlenilmiştir. Bu kapsamda Tablo 17’de Kurul üyeleri tarafından müsilaj oluşumunun başından beri ulusal ve uluslararası kamuoyunu aydınlatmaya yönelik yapılan bazı çalışma örnekleri listelenmiştir.

Tablo 17. Kurul üyeleri tarafından müsilajın oluşumu ve etkileri konusunda ulusal ve uluslararası kamuoyunu aydınlatmaya yönelik yapılan bazı çalışmalar

Kurul Üyesi	Sunum/Program/ Konu Başlığı	Kuruluş	Açıklama/Link
Prof. Dr. Gülşen Altuğ	Deniz Mikrobiyolojisi Riskler ve Fırsatlar	Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti /TMC	TEK Sağlık Kongresi Bildiri Sunumu
Prof. Dr. Gülşen Altuğ	Denizler Bize Ne Fısıldıyor?	TURMEPA	Online Seminer
Prof. Dr. Gülşen Altuğ	Denizde Müsilaj Oluşumu ve Bakteriyel Etkileşimler; Marmara Deniz Örneği	TMC	Online Seminer (Tek Sağlık Çalışma Grubu)
Prof. Dr. Gülşen Altuğ	Akuatik Alanlarda İklim Değişikliğinin Bakteriyel	Çanakkale 18 Mart Üniversitesi	International Global Climate Change Congress

Kurul Üyesi	Sunum/Program/ Konu Başlığı	Kuruluş	Açıklama/Link
	Antibiyotik Dirençliliğinin Küresel Dağılımına Etkisi		
Prof. Dr. Gülşen Altuğ	Küresel İklim Değişikliğinin Denizlerde Patojen Bakterilerin Dağılımına Etkisi	Çanakkale 18 Mart Üniversitesi	International Global Climate Change Congress
Prof. Dr. Gülşen Altuğ	The Bacterial Roles in Mucilage Formation; Sample Case of Sea of Marmara	Çanakkale 18 Mart Üniversitesi	International Global Climate Change Congress
Prof. Dr. Gülşen Altuğ	Bacterial Levels in Mucilage; Sample Case of Preliminary Study in İstanbul Province, the Sea of Marmara	Türkiye Bilimler Akademisi	http://www.tuba.gov.tr/files/yayinlar/bilim-ve-dusun/TUBA-978-605-2249-73-4.pdf
Prof. Dr. Gülşen Altuğ	Denizlerde Kirliliğin Sebepleri	Çevre TV	https://www.youtube.com/watch?v=jCnKaV48mKl&ab_channel=%C3%87evreTv
Prof. Dr. Gülşen Altuğ	Müsilajın Bakterilerle Bertarafı	Kanal D	https://www.youtube.com/watch?v=0APftBUQM8l&ab_channel=HaberD%C3%BCnyas%C4%B1
Prof. Dr. Gülşen Altuğ	Müsilaj Oluşumu ve Bertarafı	Anadolu Ajansı	https://www.aa.com.tr/tr/bilim-teknoloji/istanbul-universitesi-musilaji-
Prof. Dr. Gülşen Altuğ	Müsilaj-Deniz Bakterileri	Teknofest 2021	İ.Ü. Teknokent ENTERTECH Standından Canlı Yayın Söyleşi
Prof. Dr. Gülşen Altuğ	Deniz Kirliliği- Müsilaj	TRT Ankara Radyosu- Radyo 1	Canlı Yayın Söyleşi
Prof. Dr. Gülşen Altuğ	Deniz Salyası 'Müsilaj' Nedir? Neden Olur	Çevre TV	https://www.youtube.com/watch?v=BYUFuqo7juo&ab_channel=%C3%87evreTv
Prof. Dr. Gülşen Altuğ	Salyaya Karşı Çözüm (10.06.2021)	CNN TÜRK	https://www.cnnturk.com/video/turkiye/salyaya-karsi-cozum-deniz-bakterileri

Kurul Üyesi	Sunum/Program/ Konu Başlığı	Kuruluş	Açıklama/Link
Prof. Dr. Gülşen Altuğ	Müsilaj –Deniz Bakterileri	NTV	https://www.ntv.com.tr/galeri/turkiye/istanbul-universitesi-
Prof. Dr. Gülşen Altuğ	Müsilaj Bakteriolojik Çalışma	Daily Sabah	https://www.dailysabah.com/turkey/turkish-university-cleans-mucilage-with-bacteria-isolates/news
Prof. Dr. Ayşen Erdinçler	Marmara Denizi Zirvesi Yaşamın Kıyısında Bir Deniz	İstanbul Planlama Ajansı İPA	https://youtu.be/KpN4hr0f1Do
Prof. Dr. Ayşen Erdinçler	Bendine Sığmayan İstanbul Konuşmaları Disiplinler ve İdari Sınırların Ötesinde Deniz Salyası	İstanbul Araştırma Enstitüsü	https://youtu.be/bgF2uoAm_2o
Prof. Dr. Ayşen Erdinçler	Marmara Denizi'nde Toplanan Deniz Salyası	Haberler.Com	https://www.dailymotion.com/video/x828rvm
Prof. Dr. Ayşen Erdinçler	Marmara Denizi Nasıl Kurtulur?	Haberglobal	https://www.instagram.com/tv/CS_Qe2VnrzS/?utm_medium=share_sheet
Prof. Dr. Ayşen Erdinçler	Marmara Salyadan Kurtulacak mı?	Cnn Türk	https://www.cnntrk.com/video/turkiye/marmara-salyadan-kurtulacak-mi
Prof. Dr. Ayşen Erdinçler	Deniz Salyası ile Nasıl Mücadele Ediyoruz?	İstanbul Meraklıları İBB TV	https://youtu.be/kfU5TIs4Ryw
Prof. Dr. Ayşen Erdinçler	Müsilajın İnsan Sağlığına Etkileri	Müsilaj Forumu	https://youtu.be/qm7kGillMJl
Prof. Dr. Ayşen Erdinçler	Adalar Yazın Denize Girmemize Engel Olacak mı?	Adalarda Hayat	ADALARDA YAZIN DENİZE GİRMEMİZE ENGEL OLACAK MI? Deniz salyası, insan sağlığına zararlı mı? - YouTube
Prof. Dr. Ayşen Erdinçler	Deniz Salyası Doğal mı, Kirlilik mi, Isınma mı?	Adalı Dergisi	https://www.youtube.com/watch?v=C2wSyzLJsoY

Kurul Üyesi	Sunum/Program/ Konu Başlığı	Kuruluş	Açıklama/Link
Prof. Dr. Ayşen Erdinçler	İstanbul Boğazı Çöpkaparlar ile Temizleniyor	İBB TV	https://youtu.be/A8QJycstHEI
Prof. Dr. Ayşen Erdinçler	Marmara Denizi Müsilaj ve Ötesi	İST Dergi	https://www.istdergi.com/dosya/bu-deniz-kanser-marmara-denizi-musilaj-ve-otesi
Prof. Dr. Ayşen Erdinçler	2 bin 700 metre küp Deniz Salyası Toplandı	Simas Haber	https://youtu.be/5vd6oWoiguw
Prof. Dr. Ayşen Erdinçler	Marmara Denizi Kıyılarında Yapılan Çalışmalar Hakkında Bilgilendirme	Japonya Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA)	Online Katılım
Prof. Dr. Ayşen Erdinçler	1 Haziran - 31 Ağustos Tarihleri Arasında Kıyı Ve Plajlardan Toplamda 12.323 M ³ Atık Topladık.	İBB	https://fb.watch/8F1glX0tic/
Prof. Dr. Ayşen Erdinçler	Müsilaj Konusunda Bilgi Aktarımı	YEOSU ZİRVESİ	Online Katılım
Prof. Dr. Ayşen Erdinçler	Müsilaj	Çin Haber Ajansı	https://we.tl/t-X6bAIFKnEQ
Prof. Dr. Melike Gürel	Permatürk Soruyor: Müsilaj Problemi	Permatürk Vakfı	https://www.permaturk.org/post/permatürk-soruyor-musilaj-problemi
Prof. Dr. F. Saadet Karakulak	Marmara Denizi Balıkçılığı/Marmara Denizi Zirvesi	İPA (İBB)	https://www.youtube.com/watch?v=w60EBYLR0Lw
Prof. Dr. İzzet Öztürk	Bilimsel Veriler Işığında Marmara Denizi ve Türk Boğazlar Sistemi Kitabı		http://tuba.gov.tr/files/yayinlar/bilim-ve-dusun/978-605-2249-77-2.pdf
Prof. Dr. İzzet Öztürk	Marmara Denizi'nin Ekolojisi: Deniz Salyası Etkileşimleri ve Çözüm Önerileri		http://www.tuba.gov.tr/files/yayinlar/bilim-ve-dusun/TUBA-978-605-2249-73-4.pdf
Prof. Dr. İzzet Öztürk	Marmara Denizi'nde Müsilaj: Muhtemel	TBMM	Türkiye Büyük Millet Meclisi (TBMM)

Kurul Üyesi	Sunum/Program/ Konu Başlığı	Kuruluş	Açıklama/Link
	Sebepleri ve Kontrol Önerileri	06.10.2021	Müsilaj Araştırma Komisyonu
Prof. Dr. Melek İşinibilir Okyar	Marmara Denizi ve Müsilaj Problemi	YÖK	
Prof. Dr. Melek İşinibilir Okyar	YÖK Müsilaj Sonuç Raporu	Cumhurbaşkanlığı	
Prof. Dr. Melek İşinibilir Okyar	Marmara Denizinde Müsilaj Problemi	TBMM	
Prof. Dr. Melek İşinibilir Okyar	Denizel Müsilaj ve Etkileri	TRT Çocuk	
Prof. Dr. Mustafa Sarı	Marmara Denizinin Yeni Kabusu: Müsilaj Çalıştayı	Marmara Belediyeler Birliği Çalıştayı	https://www.youtube.com/watch?v=tnzFq4F6MsQ
Prof. Dr. Mustafa Sarı	Marmara Denizi'nde Salya Tehlikesi	Zanka TV	https://www.youtube.com/watch?v=jOtJZJ17lql
Prof. Dr. Mustafa Sarı	Marmara'da Canlı Yaşam Bitebilir mi?	Habertürk TV	https://www.youtube.com/watch?v=rF5BAz5LmLs
Prof. Dr. Mustafa Sarı	Müsilaj Nedir?	CNN Türk	https://www.youtube.com/watch?v=bqjPM0ySG9o
Prof. Dr. Mustafa Sarı	Marmara Denizinin Yeni Kabusu: Müsilaj	T24	https://www.youtube.com/watch?v=kzbnLZ3MY4g
Prof. Dr. Mustafa Sarı	Marmara Denizinin Yeni Kabusu: Müsilaj	Çin Devlet TV	http://www.xinhuanet.com/english/2021-06/14/c_1310007539.htm
Prof. Dr. Mustafa Sarı	Marmara Denizinin Yeni Kabusu: Müsilaj	El Cezire	https://www.aljazeera.com/news/2021/6/7/climate-change-sea-snot-killing-turkeys-marmara-sea
Prof. Dr. Mustafa Sarı	Marmara Denizinin Yeni Kabusu: Müsilaj	The New York Times	https://www.nytimes.com/2021/07/09/world/europe/istanbul-sea-of-marmara-pollution.html
Prof. Dr. Mustafa Sarı	Marmara Denizinin Yeni Kabusu: Müsilaj	The Washington Post	https://www.washingtonpost.com/world/2021/05/26/sea-snot/

Kurul Üyesi	Sunum/Program/ Konu Başlığı	Kuruluş	Açıklama/Link
Prof. Dr. Mustafa Sarı	Marmara Denizinin Yeni Kabusu: Müsilaj	The Guardian	https://www.theguardian.com/environnement/2021/may/25/turkey-struck-by-sea-snot-because-of-global-heating
Prof. Dr. Mustafa Sarı	Salya	BBC Türkçe	https://www.youtube.com/watch?v=ekblD6mfeal
Prof. Dr. Mustafa Sarı	Elveda Marmara	DW Türkçe	https://www.youtube.com/watch?v=UjOUfRDT-4I
Prof. Dr. Mustafa Sarı	Bir Umut Marmara	İş Bankası	https://www.youtube.com/watch?v=G7ptB1f_M7E
Prof. Dr. Mustafa Sarı	Marmara Denizi Müsilaj Belasından Kurtulur mu?	Fikir Turu	https://fikirturu.com/bilim/marmara-denizi-musilaj-belasindan-kurtulur-mu/
Prof. Dr. Mustafa Sarı	Müsilajda Son Durum	Çevre TV	https://www.youtube.com/watch?v=zBC9jJEfObk
Prof. Dr. Nüket Sivri	Sudaki Yaşam	Dünya Çevre Günü Özel Etkinliği- TULİP	https://www.youtube.com/watch?v=2ZDleUqRKj0
Prof. Dr. Nüket Sivri	Deniz Salyası-Müsilaj	TÜMBİFED TÜMBİKON	https://www.youtube.com/watch?v=OibBwNOL418
Prof. Dr. Nüket Sivri	Marmara Denizi Güncesi	TMMOB Çevre Mühendisleri Odası	https://www.youtube.com/watch?v=vp8ozLK295c
Prof. Dr. Nüket Sivri	Deniz Olmak	Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti	Çevrimiçi Katılım (Tek Sağlık Çalışma Grubu)
Prof. Dr. Nüket Sivri	Su Kaynaklarımız ve Olası Sucul Ekosistem Problemleri	Çevre TV	https://www.youtube.com/watch?v=LqGI4JwIDV4
Prof. Dr. Nüket Sivri	Müsilaj ve Denizlerimiz	TRT Ankara Radyosu- Radyo 1	Haber Yorum (13.07.2021)
Prof. Dr. Nüket Sivri	Su kaynaklarımız ve güncel durum	TRT Ankara Radyosu- Radyo 1	Toprağın Bereketi (22.10.2021)

Kurul Üyesi	Sunum/Program/ Konu Başlığı	Kuruluş	Açıklama/Link
Prof. Dr. Nüket Sivri	Marmara Denizi ve Müsilajda son durum	Şişli Hamidiye Etfal Eğitim ve Araştırma Hastanesi	Mikrobiyoloji ABD Seminer Dizisi Çevrimiçi Katılım (25.10.2021)
Prof. Dr. Nüket Sivri	Müsilaj ve Güncel Durum	TRT Ankara Radyosu- Radyo 1	Toprağın Bereketi (29.10.2021)
Prof. Dr. Funda Yercan	Müsilaj ve Denizcilik	Denizcilik Fakültesi Webinar'lar Serisi	Piri Reis Üniversitesi 30.06.2021
Doç. Dr. Ahsen Yüksek	22 Mart Dünya Su Günü/ Su ve Denizlerimizin Önemi Sorunlar	Mavibayrak (TURCEV)	https://youtu.be/S3cwOddUQHI
Doç. Dr. Ahsen Yüksek	Marmara Denizi Ekosistemi ve Sorunları/Bilgilendirme	Rotary Klup	
Doç. Dr. Ahsen Yüksek	Marmara ve Boğazlarda Kirlenme/ Bilgilendirme	CADOCEP	
Doç. Dr. Ahsen Yüksek	Marmara Denizi ve Müsilaj Oluşumu/Müsilaj	ÇOMU	https://youtu.be/S3cwOddUQHI
Doç. Dr. Ahsen Yüksek	TÜBA Deniz Salyası Eylem Planı Değerlendirme Toplantısı/ Marmara Denizi'nde Ortaya Çıkan Deniz Salyası (Müsilaj)	TÜBA	
Doç. Dr. Ahsen Yüksek	Marmara Denizi'nde Deniz Salyası/Müsilajı Oluşturan Sebepler	TÜBA	Marmara Denizi'nde ortaya çıkan deniz salyası (müsilajı) konusuna dair görüş alışverişinde bulunmak

Kurul Üyesi	Sunum/Program/ Konu Başlığı	Kuruluş	Açıklama/Link
Doç. Dr. Ahsen Yüksek	Marmara Denizi Ekosistem Sıkıntıları ve Çözüm Önerileri/ Marmara Denizi'nde Müsilaj Problemi ve Çözüm Önerileri	MBB	Marmara Denizi'nde Müsilaj Problemi ve Çözüm Önerileri Programı - YouTube
Doç. Dr. Ahsen Yüksek	Marmara ya Bir Soluk	Yeşiller Partisi	Forum: Marmara'ya Bir Soluk - Tüm yönleriyle müsilaj konuşuyoruz, 20 Haziran 2021 - YouTube
Doç. Dr. Ahsen Yüksek	Marmara Denizi'nde neler oluyor/ Müsilajın Nedenleri, Etkileri ve Çözüm Önerileri	DEÜ Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü	Müsilajın Nedenleri, Etkileri ve Çözüm Önerileri - YouTube
Doç. Dr. Ahsen Yüksek	Marmara Denizi'nin Ekolojisi: Deniz Salyası Etkileşimleri ve Çözüm Önerileri	TÜBA	http://www.tuba.gov.tr/files/yayinlar/bilim-ve-dusun/TUBA-978-605-2249-73-4.pdf
Doç. Dr. Ahsen Yüksek	Ekosistem Uyumlu Balıkçılık/ Marmara Denizi'nde Müsilaj sorunu	Gökceada Belediyesi	
Doç. Dr. Ahsen Yüksek	Koruma Alanının Önemi /Marmara Denizi'nde Çevresel Tehditler ve Deniz Kirliliği Çalıştayı	Marmara Adalar Platformu	
Doç. Dr. Ahsen Yüksek	Marmara Denizi Ekosistemi/Marmara Denizi Zirvesi	İPA (İBB)	https://www.youtube.com/watch?v=lapkgV24JN8
Doç. Dr. Ahsen Yüksek	Panel/Marmara Denizi Zirvesi	İPA (İBB)	https://www.youtube.com/watch?v=KpN4hr0f1Do
Doç. Dr. Ahsen Yüksek	Marmara'nın Sessiz Çılgılığı/Eylül Sayısı	Motor Boat Yacting	
Doç. Dr. Ahsen Yüksek	Medeniyetlere Ev Sahipliği Yapmış Marmara Denizi/ Marmara Denizi Gec Kalmadan	İstanbul Dergisi	

Kurul Üyesi	Sunum/Program/ Konu Başlığı	Kuruluş	Açıklama/Link
Doç. Dr. Ahsen Yüksek	Marmara Denizi/Belgesel	Tahsin Ceylan	

Ek olarak TÜBİTAK ve Bilim ve Teknik Kurulu'nun ortak girişimiyle 17 Kasım 2021 tarihinde Bilim ve Teknik Kurulu'nun faaliyetlerine ilişkin bilgilerin ve TÜBİTAK Müsilaj Araştırmaları Çağrısı kapsamında desteklenen projelerin kamuoyu ile paylaşılması amacıyla "TÜBİTAK Müsilaj Araştırmaları Çağrısı Projeleri Sanal Konferansı" düzenlenmiştir. Youtube üzerinden canlı olarak yayımlanarak geniş kitlelere ulaşan Sanal Konferans bu çalışmaların şeffaf ve paylaşımcı bir şekilde yürütülmesi sürecine katkı olarak değerlendirilmiştir. Konferansın sabah oturumunda Bilim ve Teknik Kurulu çalışmaları kamuoyu ile paylaşılırken (<https://www.youtube.com/watch?v=oBDY2-ZlwKI>); etkinliğin öğleden sonraki kısmında ise Bilim ve Teknik Kurulu üyelerinin moderatörlüğünde 5 eşzamanlı oturumda TÜBİTAK Müsilaj Araştırmaları Çağrısı kapsamında desteklenen projelere ilişkin kamuoyunda bilim temelli farkındalık oluşturmak amacıyla proje sunumları gerçekleştirilmiştir.

TÜBİTAK Müsilaj Araştırmaları özel çağrısı kapsamında desteklenmesine karar verilen projelerin listesi Tablo 18'de; TÜBİTAK Müsilaj Araştırmaları Çağrısı Projeleri Sanal Konferansı kapsamında gerçekleştirilen oturumların linkleri ise aşağıda yer almaktadır.

Oturum A: <https://www.youtube.com/watch?v=oBDY2-ZlwKI>

Oturum B: <https://www.youtube.com/watch?v=GNDCTGrQCiU>

Oturum C: <https://www.youtube.com/watch?v=rtxnZLHg1VY>

Oturum D: <https://www.youtube.com/watch?v=RZDQzCBQjB4>

Oturum E: <https://www.youtube.com/watch?v=6fuluQLVcCM>

Tablo 18. TÜBİTAK Müsilaj Araştırmaları Özel Çağrısı Kapsamında Desteklenmesine Karar Verilen Projeler

SIRA NO	PROJE ADI	YÜRÜTÜCÜ	KURULUŞ
Denizel Ortama Girecek Kirletici Miktarının Azaltılması ve İzleme ve Takip Sistemlerinin Oluşturulması			
1	Atıksularda Kirlilik Yükü Azatımı İçin Yenilikçi Hibrit Membran Biyoreaktör (If-Mbr) Arıtma Teknolojisinin Araştırılması	Dr. Öğr. Üyesi Türker Türken	İSTANBUL TEKNİK Ü.
2	Arıtma Çamuru Yönetiminde Sıfır Atık Yaklaşımı: Nütrient Geri Kazanımı	Emrah Şık	TÜBİTAK MAM
3	Otonom İnsansız Deniz ve Hava Araçları İle Optimizasyon ve Yapay Zeka Temelli Müşterek Müsilaj Temizleme Yaklaşımı	Doç. Dr. Mümtaz Karataş	MİLLİ SAVUNMA Ü.

SIRA NO	PROJE ADI	YÜRÜTÜCÜ	KURULUŞ
4	Müsilaj İçin Oşinografik Erken Uyarı Sistemi	Dr. Öğr. Üyesi Devrim Tezcan	ORTA DOĞU TEKNİK Ü.
5	Marmara Denzinde Denizcilik Taşımacılığı Kaynaklı Kirliliğin Müsilaj Oluşumuna Etkisi	Prof. Dr. Sinan Uyanık	BURSA TEKNİK Ü.
6	Müsilajla Mücadelede Az Yer Kaplayan Yenilikçi Arıtma Teknolojilerinin Uygulanması ve Su Geri Kazanımı	Doç. Dr. Hale Özgün Erşahin	İSTANBUL TEKNİK Ü.
7	Bilgi Teknolojileri Kullanarak Marmara Denizi'ne Özgü Kirlilik Takip Sisteminin Altyapısının Oluşturulması	Prof. Dr. Nebiye Musaoğlu	İSTANBUL TEKNİK Ü.
8	Müsilaj Oluşmasını Kaynağında Önlemek İçin Bütünsel Yaklaşım	Prof. Dr. İskender Gökarp	ORTA DOĞU TEKNİK Ü.
9	Çoklu Uydu Sensörleriyle, Çok Bantta ve Çoklu Çözünürlüklerde Müsilaj Tespiti ve Takibi	Doç. Dr. Seniha Esen Yüksel Erdem	HACETTEPE Ü.
Müsilajın Biyoçeşitliliğe Etkilerinin Araştırılması ve Restorasyon Çalışmaları			
10	Müsilajın Marmara Denizi Prens Adaları Bölgesinde Yaşayan Yumuşak Mercanlar ve Süngerler Üzerindeki Etkisi	Doç. Dr. Nur Eda Topçu Eryalçın	İSTANBUL Ü.
11	Eko-Bataklık Sistem Hizmetleri: Ekonomik Su, Karbon, Besin Elementi ve Madde Geri Kazanımları ve Müsilaj Oluşumunun Durdurulması	Prof. Dr. Günay Erpul	ANKARA Ü.
12	Marmara Denizi ve Kuzey Ege'de Müsilaj Yapısının ve Müsilaj Yapısıyla Bağlantılı Plankton Aşırı Artışlarının Dna Metabarkodlama Yöntemi İle Biyolojik İzlemesi	Prof. Dr. Melek İşinibilir Okyar	İSTANBUL Ü.
13	Marmara Denizi ve Kuzey Ege Denizi'nde Müsilajın Makroflora (Makroalgler ve Deniz Çayırları) Üzerine Etkisi	Doç. Dr. Ergün Taşkın	MANİSA CELAL BAYAR Ü.
14	Müsilajın Posidonia Oceanica Çayırları İle Balık Tür Çeşitliliğine Etkilerinin Belirlenmesi ve Restorasyon Çalışmaları	Doç. Dr. Cahide Çiğdem Yiğın	ÇANAKKALE ÖNSEKİZ MART Ü.
15	Bandırma Körfezi ve Çanakkale Boğazı'nda Müsilajın Su Kolonunda ve Deniz Tabanındaki Biyoçeşitliliğe Etkisinin Metabarkodlama İle Araştırılması ve Biyoizleme Belirteçlerinin Geliştirilmesi	Doç. Dr. Emre Keskin	ANKARA Ü.
16	Marmara Denizi'nde Müsilajın Pelajik ve Bentik Balıkların Erken Yaşam Evreleri Üzerine Etkisi	Dr. İsmail Burak Daban	ÇANAKKALE ÖNSEKİZ MART Ü.

SIRA NO	PROJE ADI	YÜRÜTÜCÜ	KURULUŞ
17	Müsilajın Marmara Denizi'nin Mikrobiyal Çeşitliliği Üzerindeki Etkisinin Metagenomik Yöntemlerle İncelenmesi ve Değerlendirilmesi	Dr. Gülsima Dilek Usluer	TÜBİTAK MAM
Müsilajın Oluşum Mekanizmalarının ve Müsilajı Tetikleyen Faktörlerin Ortaya Çıkarılması			
18	Ekstrem Rüzgar ve Yağmur Koşullarında İstanbul Boğazı Akıntısı İle Marmara Denizi'ne Dağılan Kısa Süreli/Sporadik Besin Tuzu Yükü ve Müsilaj Oluşumunda Etkisi	Dr. Öğr. Üyesi Tülay Çokacar	İSTANBUL Ü.
19	Marmara Denizi ve Yakın Çevresine Ulaşan Karasal Besin Elementi Yük Bileşenlerinin Belirlenmesini Sağlayan Bir Hesap Sisteminin Tasarımı ve Yapılandırılması	Prof. Dr. Ali Ertürk	İSTANBUL Ü.
20	Marmara Denizi'nde Oluşan Müsilajın Kaynağının ve Barındırdığı Organizma Gruplarının 16s Amplikon Dizileme ve Metabarkodlama Metotları İle Araştırılması	Dr. Öğr. Üyesi Arzu Karahan	ORTA DOĞU TEKNİK Ü.
21	Marmara Denizi'nde Plankton Metabolizması ve Müsilajın Oksijen Tüketimine Etkisi	Dr. Asım Mustafa Mantıkcı	ORTA DOĞU TEKNİK Ü.
22	Mikroalg-Bakteri Mikrobiyomunun Müsilaj Oluşumu ve Biyokütle Üretimine Etkisi	Doç. Dr. Muharrem Balcı	İSTANBUL Ü.
23	Atmosferik Makro/Mikro Besin Tuzu Girdilerin Marmara Denizi'nde Gözlenen Müsilaj Olayları Üzerindeki Olası Etkileri	Doç. Dr. Mustafa Koçak	ORTA DOĞU TEKNİK Ü.
24	Deniz Müsilajı Oluşumunu Tetikleyen Temel Nutrient Madde Kaynaklarının İki Farklı Karakterdeki Havza Özelinde Araştırılarak Çözüm Önerilerinin Geliştirilmesi	Dr. Öğr. Üyesi Meltem Çelen	GEBZE TEKNİK Ü.
Müsilajın Halk Sağlığına Etkileri			
25	Marmara Denizi'nden Avlanan Su Ürünlerinde Müsilajın Halk Sağlığı Bakımından Etkilerinin Değerlendirilmesi	Prof. Dr. Nuray Erkan Özden	İSTANBUL Ü.
26	Marmara Denizi Müsilaj Mikrobiyomunun Shotgun Metagenom Dizileme İle Ortaya Çıkarılması ve Mikrobiyom Açığında Anahtar Unsurların Olabilecek Potansiyel Mikroorganizmaların Araştırılması	Doç. Dr. Aycan Gündoğdu	ERCİYES Ü.

SIRA NO	PROJE ADI	YÜRÜTÜCÜ	KURULUŞ
27	Müsilaja Neden Olan Fitoplanktonik Organizmalar İle Halk Sağlığını Tehdit Eden Toksin Üreten Türlerin Ortam Faktörleriyle İlişkisinin Ortaya Konması ve Besin Ağına Etkisinin Belirlenmesi	Prof. Dr. Neslihan Özdelice	İSTANBUL Ü.
28	Marmara Denizi Müsilajının Patojen Barındırma Potansiyeli ve Bakteriye Çeşitliliğe Olan Etkisinin Değerlendirilmesi	Dr. Öğr. Üyesi Sibel Zeki	İSTANBUL Ü.
29	Marmara Denizi Enterik Patojenlerine Özgü Litik Bakteriofajlar İle Etkin Biyosümfaktan Ramnolipidin Birlikte Kullanımının Müsilaj Üzerine Olası Etkinliğinin Belirlenmesi	Doç. Dr. Banu Kaşkatepe	ANKARA Ü.
30	Marmara Denizindeki Müsilajın Mikrobiyal Biyoçeşitlilik, Halk Sağlığı ve Su Hayvanları Sağlığı Üzerine Etkilerinin Araştırılması	Dr. İzzet Burçin Satıcıoğlu	ERCİYES Ü.
Müsilajın Sosyoekonomik Etkilerinin Analizi			
31	Müsilajın Gemi Makine Sistemleri Üzerindeki Sosyoekonomik Etkileri ve Risk Analizi Değerlendirmesi	Prof. Dr. Yasin Arslanoğlu	İSTANBUL TEKNİK Ü.
32	Müsilajın Yapay Resif Süksesyonu ve Balıkçılık Verimliliği Üzerinde Etkisi	Dr. Öğr. Üyesi Benal Gül	İSTANBUL Ü.
33	Marmara Denizinde Müsilaj Oluşumunda Deniz Taşımacılığının ve Balıkçılık Faaliyetinin Bütünleşik Etkileşiminin Değerlendirilmesi ve İyileştirilme Stratejileri Geliştirilmesi	Prof. Dr. Hatice Funda Yercan	İRİ REİS Ü.
Müsilajın Mekanik/Biyoteknolojik Yöntemlerle Bertarafı ve Değerlendirilmesi			
34	Müsilajın Biyolojik Bertarafında Kullanılan Yerli Deniz Bakteri İzolatlarının (Ydbk) Deniz Canlıları Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması	Doç. Dr. Gülşen Altuğ	İSTANBUL Ü.
35	Marmara Denizinin Kirlilik Yükünün Hafifletilmesinde Yenilikçi ve Ekolojik Bir Çözüm Olan Fitoremediasyon Tekniklerinin Nilüfer Çayı ve Çapraz Çayı Üzerindeki Uygulamaları	Dr. Öğr. Üyesi Ayşegül Akpınar	BİLECİK ŞEYH EDEBALI Ü.
36	Müsilajın Değerlendirilmesine Yönelik Bir Araştırma: Denizel Müsilaj Agregatlarından İzole Edilen Mikroalglerin Hidrojen ve Fotoakım Üretimi İçin Biyolojik Fotovoltaik Güneş Hücrelerinde Kullanılması	Prof. Dr. Hüseyin Bekir Yıldız	KTO KARATAY Ü.
37	Uv-C Işınlamasının Müsilaj Bertarafı Üzerinde Çevresel ve Ekonomik Etkisinin Araştırılması	Prof. Dr. Zinet Selmin Burak	İSTANBUL Ü.

Çözüm Önerileri Tablosu

Çözüm Önerileri	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)	Kısa Gerekçe
Müsilaj sorununun azaltılması noktasında bireysel rolleri vurgulayan denizin kirlilik yükünü azaltmaya yönelik farkındalık kampanyaları düzenlenmesi	Kısa/Orta	Müsilajın izlenmesi ve etkin olarak takibi için çoğu zaman Marmara Denizi çevresinde yaşayanların özel katkıları da hayati önemdedir. Bu nedenle Marmara Denizi çevresinde yaşayan insanları "proaktif" ve "katılımcı" bir yaklaşımla sürece dahil etmek önemlidir. İleri arıtma sistemlerinin kurulması zaman alacağı için denizin kirlilik yükünü azaltmaya yönelik bireysel farkındalık kampanyaları düzenlenmelidir. Artan sosyal medya ve internet kullanımı destekli, farkındalık çalışmaları için yetkin bilim insanlarıncı çevrimiçi sunumların yapılması düşünülmektedir. Müsilajla ilgili farkındalık ve bilinç seviyelerine ilişkin hedefler konulmalı ve bu konulan hedefler bilimsel yöntemlerle izlenmelidir.
Balık tüketimine ve denizin rekreasyonel amaçla kullanılmasına dair kaygıların giderilmesine yönelik kampanyaların oluşturulması	Kısa	Müsilaj sorununa ilişkin yapılan bilinçsiz açıklamalardan kaynaklı balık yemekten ve denize girmekten kaygı duyan halka yönelik ilgili bakanlıkların kampanyalar düzenlemesi ve online platformlar aracılığıyla vatandaşları bilgilendirmesi gerekmektedir. Böylece balıkçılık ve turizm sektörleri de bu durumdan olumsuz etkilenmeyecektir.
Marmara Denizi özelinde sürdürülebilir balıkçılık ve denizel biyoçeşitliliğin ekolojik önemine dair kamu spotları yapılması	Orta	Balıkçılık sadece halkın bol ve ucuz balık yemesini sağlamaktan öte bir anlama sahiptir. Deniz ekosisteminin sağlıklı işleyişine katkı sağlamak için ekosistem esaslı balıkçılık yönetimine geçiş zorunludur. Bu sürecin başarısını artırmak üzere ilgili bakanlıklarca vatandaşın pozitif katkısının alınmasını sağlamak üzere kamu spotları hazırlanması kamuoyunda müsilaj sorununa ilişkin farkındalık oluşmasına olumlu yönde fayda sağlayacaktır.
Okul öncesinden başlamak üzere her yaş grubuna yönelik denizel ekosistemlerin sağlığı ile ilgili farkındalık ve bilinç çalışmalarının yürütülmesi	Orta/Uzun	Farkındalık çalışmaları tek boyutlu, tek bir yaş grubunu hedef almadan, toplumun tamamına yönelik yapıldığında başarılı olabilmektedir. Bu yüzden okul öncesinden başlamak üzere her yaş grubuna yönelik olarak geliştirilecek farkındalık ve bilinç oluşturma eğitim çalışmaları bu sürece katkı sağlayacaktır.

Müsilajın nedenleri, etkileri ve çözümüne ilişkin oyunlaştırma süreçleri tasarlama ve farkındalığı artırma çalışmalarının oluşturulması	Uzun	Müsilaj çok boyutlu bir süreçtir. Nedenlerinin etkilerinin ve çözümlerinin daha iyi anlaşılması için bu süreçler ayrı ayrı veya bütünleşik olarak oyunlaştırılarak müsilaj sorununa ilişkin farkındalığın artırılması gerekmektedir. Bu konuda farklı kurumlarca tasarlanan oyunlaştırma süreçlerinin yaygınlaştırılması faydalı olacaktır.
Toplumun her kesiminde duyarlılık ve farkındalık oluşturmak üzere çevre okuryazarlığına yönelik kampanyalar düzenlenmesi	Uzun	Çevre sorunları, sadece ilgi duyanları değil toplumun tamamını etkilemektedir. Müsilaj, Marmara Denizi özelinde görülse de bağlantılı bütün denizleri etkileyen ulusal ölçekte bir çevre sorunudur. Bu yüzden müsilaj oluşumunun önüne geçmek için müsilaja neden olan faktörlerin ortadan kaldırılmasında ulusal ölçekte farkındalığa ihtiyaç vardır. Bu kapsamda çevre okuryazarlığı müsilaj sorununda toplumsal farkındalığın oluşmasında kilit rol oynayacaktır. Çevre sorunları, sınır tanımadığı gibi etkisi katlanarak artan bir niteliğe sahip olduğundan toplumun her kesiminde duyarlılık ve farkındalık oluşturmak üzere çevre okuryazarlığına yönelik eğitimlerin yürütülmesi, kampanyalar düzenlenmesi faydalı olacaktır.
Müsilaj konusunda ilgisi olan kurumlar ve bakanlıklar koordinasyonu ile müsilaj sorununa ilişkin farkındalık çalışmaları yürütülmesi	Kısa	Bilinç ve farkındalık çalışmaları ile müsilaj oluşum süreçleri hakkında detaylandırmalara ihtiyaç vardır. Kısa vadede bu tür acil ihtiyaçların giderilmesine yönelik düzenlemelerin yapılması ama orta vadede ilgili kurumların bir araya geldiği ve en iyi uygulamaların tartışıldığı geniş katılımlı bir çalıştay sonrası en iyi uygulamaları içeren raporların hazırlanması fayda sağlayacaktır.
Müsilaj konusunda ilgisi olan STKlar ile farkındalık çalışmaları yürütülmesi	Kısa/Uzun	Doğa ve Biyoçeşitlilik temalı çalışmalar üstelenen (Lets do it ve Doğa derneği gibi) STK'lar ile bilinç ve farkındalık çalışmaları sayesinde müsilaj oluşum süreçleri hakkında bilgilendirme çalışmalarının yapılması önerilmektedir. Çözüm önerileri ve uygulamaları içeren çalışmaların hazırlanması ve STKlar ile harekete geçilmesi fayda sağlayacaktır.
Sağlıklı denizel ekosistemlerde bulunan balık popülasyonu bilinçlendirme çalışmalarının planlanması	Kısa	Marmara Denizi ekosisteminde yaşanacak olumsuzlukların su ürünlerini nasıl etkileyeceğine dair bilinçlendirme seminerleri ile halkı bilgilendirerek eğitmek ve her bireyin denetim mekanizması içinde aktif rol almasına olanak sağlamak gerekmektedir.

<p>“Balıkçılık Bilgisinin Yaygınlaştırılması” çalışması ile Marmara Denizi ekosistemi için aktif rol oynayan sayısını artırıcı projeler yürütülmesi</p>	<p>Kısa</p>	<p>Ekosistemin izlenmesi ve değerlendirilmesi için sürekli bilgi akışı gerekmektedir. Özellikle deniz ile iç içe yaşayan balıkçılar denizlerdeki değişimleri en iyi izleyen gruplardır. Jelimsi canlıların takibi, aşırı alg çoğalması veya kısa süreli kirlilik problemlerinde bilgi akışının sağlanmasında aktif rol alabilirler. Böylece aktif rol alan bireylerle ilgili kurumların bir araya geldiği ve en iyi çözüm uygulamalarının tartışıldığı geniş katılımlı toplantılar ardından, halkın beklentilerini içeren raporların hazırlanması önerilmektedir.</p>
<p>Marmara Belediyeler Birliği, Marmara Denizi Eylem Planı Bilim ve Teknik Kurulu tarafından hazırlanan “İhtiyaçlar ve Çözüm Önerileri Raporu” nun yaşayan rapor halinde sürdürülebilirliğinin sağlanması</p>	<p>Kısa/Orta/ Uzun</p>	<p>TÜBİTAK Müsilaj Araştırmaları Özel Çağrısı kapsamında desteklenmesine karar verilen projelerin ve/veya müsilaj kapsamında yapılan araştırma sonuçlarının uzmanlarca değerlendirilmesi ve rapora katkı sağlaması beklenmektedir. O nedenle, araştırma sonuçları ile desteklenecek bu raporun, güncellenebilir ve geliştirilebilir olması ancak “yaşayan rapor” olması ile mümkündür.</p>

ÇALIŞMA GRUBU 4

Müsilajın Mekanik/ Biyoteknolojik Yöntemlerle Bertarafı ve Değerlendirilmesi

Çalışma Grubu 4 Üyeleri:

Prof. Dr. Gülşen Altuğ (Grup Başkanı)

Prof. Dr. Bülent Keskinler

Prof. Dr. Mete Yılmaz

Prof. Dr. Nuray Çağlar

Dr. Osman Okur

MÜSİLAJIN MEKANİK/BİYOTEKNOLOJİK YÖNTEMLERLE BERTARAFI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Hedef Başlığı

- *Müsilajın yerinde bertarafına yönelik teknolojik ve biyolojik yöntemlerin araştırılması ve yöntemlerin birlikte kullanım yollarının geliştirilmesi*

Mevcut Durum Tanımlanması:

Marmara Denizi'nde 2021 yılında gözlenen yoğun müsilaj tecrübesine kadar müsilajın bertarafı ve bertarafına yönelik yöntemlerin geliştirilmesi konusunda bir ihtiyaç kaydedilmemiştir. Bu nedenle mevcut durumu tanımlarken geçmişe yönelik verilerden yararlanmak mümkün olmamıştır. 2020 Kasım ayında başlayan müsilaj 2021 Temmuz ayına kadar yüzeyde yoğun olarak gözlenmiştir. 8 Haziran 2021 tarihinde T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından başlatılan temizlik seferberliği ile yüzeyden müsilajın toplanması şeklinde çalışmalar yapılmıştır. Mevcut durum hakkında Ekim 2021 yılında hazırlanan rapora göre yüzeyde görünmeyen müsilajın dipte varlığını devam ettirdiği su altı kayıtları ile gündeme gelmektedir.

Marmara Denizi'nde yüzeyde ve dipte gözlenen yoğun müsilajın bertarafı konusunda yapılan işlemlerde yüzeydeki müsilaj mekanik yollarla toplanmıştır. Bu şekilde toplanan tonlarca müsilaj müsilajın görünen bölümünün deniz yüzeyinden uzaklaşmasını sağlamıştır. Müsilajın yüzeyden mekanik yöntemlerle toplanması uzun vadede müsilajın tekrarlanan bir problem olarak devam etmesi durumunda sorunu ortadan kaldıracak sürdürülebilir bir yöntem olarak görünmemektedir.

Müsilajın tekrarlayan bir problem olmasını önlemek ve nihai çözüme ulaşmak için uzun vadeli alınacak önlemlerle mevcut arıtma tesislerinin gelişmiş arıtma teknolojileri ile iyileştirilmesi ve kirlenici kaynakların kontrol altına alınmasının gerekliliği kaçınılmaz görünmektedir. Bu nedenle sadece oluşan müsilajın bertarafı konusunda değil, müsilajın oluşmadan önlenmesine katkı sağlayacak biyolojik/biyoteknolojik metotların geliştirilmesi konusunda da çalışmalara ihtiyaç vardır.

Mevcut durumda müsilajın bertarafına yönelik uygulama örnekleri ve metotlara yönelik kısıtlı bilgiler aşağıda özetlenmiştir.

Reaktif Oksijen Uygulaması:

Marmara Denizi'nde gözlenen müsilajın çeşitli önlemler ile gideriminin yollarını araştıran çalışmalardan biri olarak Temmuz 2021 tarihine kadar olan süreçte Marmara Denizi'nde müsilaj görülen alanlarda "reaktif oksijen" uygulamasının müsilaj bertarafına yönelik çözüm önerisi olarak sunulduğu görülmektedir. Ancak bu konuda tamamlanmış ve reaktif oksijenin kullanılabilirliğini gösteren bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bakteriyofaj Kullanımı:

Bilimsel proje çalışmalarına konu olan "müsilajdaki patojenlerin bakteriyofaj kullanılarak uzaklaştırılmasına" yönelik yöntemlerin denizlerde müsilajın olası olumsuz etkilerinin bertarafı

konusunda kullanılabilirliği ve bu kullanımın ileri deneysel çalışmalarla sahada kullanımının deniz ekosistemine etkisinin anlaşılması konularında ileri çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Beke vd., 2016; Carey-Smith vd., 2006).

Fitoremediasyon:

Fitoremediasyon herhangi bir kirleticinin ortamdaki uzaklaştırılması veya kirletici/toksik etkisinin azaltılması amacı ile farklı bitkiler kullanılarak yapılan biyolojik iyileştirme işlemidir (Ajayi, 2012). Kirleticilerin nehir ağızlarında denize ulaşmadan bazı bitkiler tarafından tutulmasını sağlayacak mekanizmalar yardımı ile fitoremediasyon metodu kullanılarak atık sulara bağlı kirleticilerin azaltılması ile müsilaj oluşumunun dolaylı olarak önlenmesi konusunda proje çalışmaları vardır. Fitoremediasyon alışmaları ile yapılacak uygulamanın zamana yayılması / yavaş sonuç vermesi nedeni ile bu konuda kısa vadede müsilajı önleyecek bir zm sunması beklenmemektedir. Ancak uzun vadede müsilajı tetikleyen sebepler arasında gösterilen noktasal kaynaklı kirletici yükünün azaltılması hususunda fitoremediasyona yönelik yöntemler üzerine çalışmalara ihtiyacımız olduğu açıktır. Bu nedenle bu çalışmaların takibi ve uygulanmasına yönelik pratikler önem taşımaktadır. 2021 yılında açılan TBTAK müsilaj projeleri ağrı kapsamında bu konuda yapılan çalışmaların ve proje süresi olan 9 ay sonrasında alınacak sonuçların takip edilmesi bu nedenle önem taşımaktadır.

Bazı Deniz Canlılarının Sisteme Eklenmesi:

Marmara Denizi'nde bulunan deniz hıyarı, midye ve benzeri makroorganizmaların çeşitli kirleticilerin giderilmesine yönelik kullanımları üzerine çalışmaların yapılması değer taşımaktadır. Ancak müsilajı önlemeye yönelik önerilen türün Marmara Denizi'ndeki dağılımı ve popülasyon yoğunluğu üzerine araştırma çalışmaları yapılması gereklidir. Bununla birlikte, biyoremediasyonda kullanılacak türün mevcut popülasyon yoğunluğuna olası etkilerinin değerlendirilmiş olması da önem taşımaktadır. Bu nedenle bu konuda yapılacak bilimsel çalışmalarda çok disiplinli yaklaşımlara ihtiyaç vardır.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı'nın yetiştiricilik amaçlı kurulacak midye çiftlikleri ile saatte yaklaşık 11 milyar litre suyu filtre etmeyi hedefledikleri çalışmaların gerçekleşmesi halinde bölgesel remediasyon konusunda katkılarının olması beklenmektedir.

Yerli Deniz Bakterilerinin Kullanımı:

Deniz kaynaklı biyolojik unsurların ürün/fayda/hizmet amaçlı üretimine yönelik çalışmaları konu alan "Deniz Biyoteknolojisi" aynı zamanda "Endüstri 4.0" hedef bileşenlerinden biridir (ANON, 2010). İklim değişikliği etkilerini minimize etmek ve ortadan kaldırmak, kirliliği azaltmak ve fosil yakıtlara dayalı olmayı ortadan kaldırmak için yenilikçi mikrobiyal teknolojilerin geliştirilmesi tavsiye edilmektedir. Gelişen dünya koşullarında, kirleticilerin giderilmesinde yararlı bakterilerin kullanılması ekolojik kaygı taşımayan evre dostu yöntemler olarak tanımlanmaktadır.

Biyolojik iyileştirme (biyoremediasyon) denilen bu yöntem doğada biyodegradasyon denilen kirleticilerin mikroorganizmalar tarafından parçalanması işleminin insan eliyle taklit edilmesinden oluşan bir mekanizmayı tanımlamaktadır. Kirleticilere karşı kullanılan mekanik, fiziksel, kimyasal metotlara göre ekolojik üstünlükleri olan bu yöntemler başta gelişmiş ülkelerde olmak üzere her geçen gün daha fazla kullanılmaktadır.

Marmara Denizi'nde gözlenen ekolojik ve ekonomik kayıplara neden olan müsilaj probleminin giderimi için çevre dostu yöntemlerin geliştirilmesi kaçınılmaz görünmektedir. Ülkemiz deniz canlı kaynaklarının petrol ve doğalgaz gibi katma değer yaratan cansız kaynaklar kadar önem verilerek dikkatle ele alınması ve AB Marine Strategy vizyon ve strateji başlıklarında tanımlanan düşük çevresel etki ile geleceğin ürünlerinin gıda, çevre, sağlık, enerji ve endüstriyel süreçlerin geliştirilmesi alanlarında kullanımının sağlanması konusunda çalışmalara ihtiyaç vardır.

Yeşil mutabakat, Paris İklim Anlaşması, 2050 sıfır karbon hedefleri gibi uluslararası yönergeler geleceğin yenilikçi ürünlerinin minimum çevresel etki ve düşük maliyetle gerçekleşmesine yönelik yolları tariflemektedir. Bu çalışmalara erken yönelen ülkelerin başta küresel iklim değişikliği olmak üzere çevresel sorunlara çözüm üretme konusunda avantaj kazanacağı anlaşılmaktadır.

Ülkemizde yapılan farklı çalışmalarda deniz bakterilerinin ürüne yönelik kullanımı konusunda üretilen veriler bu çalışmalara yönelik potansiyel sunmaktadır. Örneğin, deniz süngerleri ile simbiyotik yaşam süren epibiyotik bakteri izolatlarının % 84'ü Proteobacteria olarak tanımlanmıştır. Bu izolatlar arasında başta Bacillus türleri olmak üzere klinik kullanım potansiyeli olan antibakteriyel, antifungal, antitümoral etkili biyoaktif bileşik üreten izolatlar tespit edilmiştir (Altuğ vd., 2021). Bu bakterilerin antibakteriyel ürün olarak kullanımı konusunda 2021 yılında incelemeli patent tescili alınmıştır (Altuğ, 2021b).

Türkiye Denizleri'nden izole edilen bakterilerin farklı petrol türevlerine dirençlilikleri araştırılarak, petrol kirliliğinin gideriminde kullanılacak bakteri karışımlarına ulaşılmış olması deniz bakterilerinin kullanımı ile kimyasalların yerini alacak alternatif çözümlere örnek sunmaktadır. Bu konuda Ar-Ge çalışmaları tamamlanmış patente konu olan prototip hazırlanmıştır (Altuğ vd., 2016).

İstanbul Üniversitesi Su Bilimleri Fakültesi'nde yürütülen proje ile Türkiye Denizlerinden izole edilen bazı bakterilerin tarihi yapı yüzeylerinde biyolojik iyileştirme amaçlı kullanımına yönelik uygun enzimlere sahip bakteri karışımlarına ulaşılmış olması, yine İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Teknokent- ENTERTECH de Prof. Dr. Gülşen Altuğ tarafından yürütülen KOSGEB destekli yürütülen proje ile elde edilen deniz bakteri izolatlarının bitki besleme amaçlı kullanımına yönelik veriler, deniz bakteri izolatlarının çevre dostu metotlar olarak biyoteknolojik uygulamalarda kullanımı için yerli hammadde kullanılarak üretilecek ürün modellerinin ülkemize kazandırılması bakımından fırsatlar sunmaktadır.

Türkiye denizlerinde yapılan bakteriyolojik çalışmalarla bölgesel koşullara adapte olarak özgün metabolik özellik ve farklı dirençlilikler kazanmış bakterilerin AB strateji planında öncelikli araştırma alanı olarak gördüğü deniz biyoteknoloji kavramı altında katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülmesi deniz bakterileri ile yapılacak çalışmalara değer katmaktadır. Mevcut durumda "Mavi Büyüme" hedefleri arasında yer alan deniz ve okyanusların sağlığı/üretkenliği/güvenliği/emniyeti ve dayanıklılığı korunarak barındırdıkları potansiyelin çeşitli deniz ve denizcilik endüstrileri tarafından akıllı, sürdürülebilir ve kapsayıcı kullanımının geliştirilmesi ile gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir. Bu hedef ile ekosistemlerin iyileşmesine, iklim regülasyonun sağlanmasına, küresel gıda güvenliğine, enerji ve ham madde gereksinimlerine, insan sağlığına, refahına, istihdama ve ekonomiye katkı sunulması amaçlanmaktadır. Bu nedenle ülkemiz deniz canlı kaynakları yenilikçi yaklaşımlarla yine denizlerin sağlığı için değerlendirilmelidir.

2000 yılından bu yana deniz bakterileri konusunda ülkemizde yapılan çalışmalardan elde edilen mikrobiyal ekoloji verileri ve deniz bakterilerinin izole edildikleri alana göre değişen özgün karakterleri, yukarıda sıralanan gerekçeler ışığında 2021 yılı Nisan ayında artış gösteren müsilajın bertarafında deniz bakterilerinin kullanılması konusunda bir çalışma geliştirilmesini zorunlu kılmıştır.

Çalışma, müsilaj etkisinde kalmış alanlarda uygun enzim özellikleri taşıyan seçimli deniz bakteri izolatları kullanılarak müsilajın doğal yollarla ayrıştırılmasının hızlandırılması ve biyolojik rehabilitasyonun sağlanması amacı ile T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü ve T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü onayı ve İBB Çevre ve Koruma Daire Başkanlığı'nın Yenikapı Yediemin Limanı'nda denemelerin yapılması için yer göstermesi üzerine 8 Haziran 2021-30 Haziran 2021 tarihleri arasında pilot çalışma olarak gerçekleştirilmiştir.

Pilot çalışmanın ilk bölümünde yüzeydeki müsilajın, ikinci bölümünde dipteki müsilajın giderimine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Yüzeydeki müsilajın giderimi çalışmalarında 8-13 Haziran 2021 tarihlerini kapsayan süreçte deniz izolatlarını içeren bakteri karışımlarının ortama aşılması işlemi uygulanmıştır.

Dipteki müsilajın giderimi aşamalarında Yenikapı Limanı'nda Şehit Taner Çebi İtfaiye İstasyonu su altı arama kurtarma dalgıçları ile yapılan sualtı keşif dalışlarının ardından Yenikapı mendirek içinde tespit edilen dip alanda farklı tekniklerle bakteri uygulama işlemi yapılmıştır.

Müsilajın giderimi için uygulama yapılan alanlara denizden izole edilen bakteriler arasında karbonhidrat katabolizması gösterenler başta olmak üzere lipit ve protein katabolizmasında yer alan ve birbirlerine karşı antogonistik etki göstermeyen, patojen bakterileri inhibe edebilecek antibakteriyel aktivitesi olan 2000 yılından bu yana denizden izole edilen bakteri izolatları taranarak seçilmiş laboratuvarında biyoadaptasyon işlemi ile verimlilikleri artırılmış ve uygulamada kullanılmıştır.

Çalışma süresince değişken çevresel parametrelerin (pH, su sıcaklığı, çözülmüş oksijen) ölçümü, ortamda uygulama öncesi ve sonrası durumu karşılaştırabilecek besin elementi analizleri (nitrit azotu, nitrat azotu, amonyum azotu, fosfat fosforu), toplam heterotrofik aerobik bakteri sayımı (HAB/ml), indikatör bakteri sayımı (fekal koliform, total koliform, intestinal enterokok koloni oluşturan birim:kob/100 ml) analizleri yapılmış, kültür edilebilen bakteri kompozisyonu araştırılmıştır (Altuğ, 2021a).

Müsilaj ve çevresindeki deniz suyunda toplam çözülmüş karbonhidrat analizleri, müsilajda UV ışık altında farklı dalga boylarında düşük molekül ağırlıklı parçalanma formlarının tespiti için polisakkaritin molekül ağırlığı tespit edilerek oligometrik ve polimerik yapının incelenmesine yönelik analizlerle müsilajın bakteriyolojik parçalanması kanıtlanmıştır.

Çalışma alanında dipteki müsilajın giderimine yönelik bakteri uygulamalarında ilk üç günlük uygulama sonucunda görsel olarak önemli derecede azalma tespit edilirken yüzey uygulamasında beş gün yapılan uygulamalar sonucunda uygulamaya devam etmeye gerek kalmayacak şekilde müsilaj giderimi sağlanmıştır (Altuğ, 2021a).

Yapılan uygulama çalışmaları su altı ve su üstü video ve fotoğraflar ile elde edilen görsel kayıtların yanında bakteriyolojik ve kimyasal analizlerle değerlendirilmiştir. Ortamdaki çözülmüş karbonhidrat oranlarında yüzeyde ve deniz dibinde müsilajın giderimi konusunda yerli/lokal deniz bakteri izolatları karışımlarının uygulanmasına bağlı düşüş gözlenirken,

uygulama süresince müsilağda yapılan yapı karakterizasyonu analizleri, şeker, yağ asitleri, organik karbon ve azot analizleri ile müsilağın bakteriyel parçalanmasına yönelik veriler sağlanmıştır. Elde edilen sonuçlar deniz bakteri uygulamalarının deniz ekosistemine etkisi açısından değerlendirilerek uygulamalar sonunda ortamdaki patojen bakteri içeriği ve indikatör bakteri düzeylerinde azalma olduğu, makroalglerde iyileşme gözleendiği, balık hareketliliğinin engellenmediği, ortamda deniz yıldızlarının ve canlı oldukları kabuk açıklığı ile gözlenen kara midyelerinin bulunduğu kaydedilmiştir (Altuğ, 2021a).

Çalışma verileri metabolik özellikleri müsilağın ayrışmasına uygun olarak seçilen yerli deniz bakteri izolatlarının ortamda sağlıklı bakteriyel florayı sağlayarak müsilağın bakteriyolojik parçalanmasını yüzeydeki müsilağ için beş günde, dipteki müsilağ için altı günde başarıyla sağladığını bilimsel olarak göstermiştir.

Çalışma boyunca elde edilen görsel kayıtlar, kimyasal ve bakteriyolojik analizler gerek deniz yüzeyinde gerekse deniz dibinde doğal koşullarda uzun sürede gerçekleşecek müsilağ ayrışmasının insan eliyle hızlandırılması ve müsilağın biyolojik bertarafı konusunda bu bakteri karışımlarının kullanılabilceğini göstermiştir (Altuğ, 2021a).

Deniz ekosistemlerinin farklı çevresel ve hidrografik dinamik koşullara sahip olmaları, fitoplankton, zooplankton, bakteriyoplankton, makro alg, balık, bentik canlılar ve memeliler gibi farklı organizmalara ev sahipliği yapmaları müsilağ gibi olumsuz bir etkeni gidermek amacı ile uygulanacak bakteriyel yöntemin bu sistemin hassas dengeleri ile uyumlu olması ve deniz canlılarının zarar görmesine yönelik risk içermemesi gerekmektedir.

Aynı zamanda dünyada atık su arıtımında, göl, gölet gibi akuatik alanlarda petrol, ağır metal tuzları, azot fosfor fazlalığı vb çevresel kirleticilerin giderilmesinde farklı bakterilerin kullanılmasına yönelik metotlar geliştirilmektedir. Ancak gerek bu örneklerde uygulanan bakteriler gerekse müsilağın tanımlı bir kirletici değil farklı karakterler sergileyebilen biyolojik bir kütle olması nedeniyle atık su arıtım sistemlerinde kullanılan bakteriler uygulama amaçları ve bakteri özellikleri bakımından müsilağa yönelik kullanım amacından farklıdır. Bu süreçte birçok atık su arıtım sistemlerinde kullanılan ticari bakteri preparatlarının veya ürünlerinin müsilağ gideriminde kullanım amaçlı denemeler için teklif edildiği durumlar yaşanmıştır. Yerli deniz bakterileri ile yapılan mevcut çalışma biyolojik bir oluşum olan müsilağın, 20 yıldır denizden izole edilerek muhafaza edilen ve denizin bölgesel dinamik koşullarına özgü adaptasyonlar ve dirençler geliştirmiş olan metabolik özellikleri tanımlanmış bakteri izolatları arasından seçilerek müsilağa özel geliştirilmiş bir karışım ile biyolojik bertarafını izah etmektedir (Altuğ, 2021a). Bu yüzden atık su sistemlerinde/çevresel kirleticilerin giderilmesinde kullanılan ticari bakteri preparatlarından ve uygulama alanlarından son derece farklıdır.

Bu uygulamada kullanılan bakteri karışımlarının çevreye özel adaptasyonlar geliştirmiş deniz bakterilerini içeriyor olması ithal menşeli bakterilere göre ülkemiz açısından katma değeri yüksek yerli ürün potansiyeli ve ekolojik/ekonomik avantajlar sunmaktadır.

8 Haziran 2021 tarihinde Marmara Denizi Yenikapı Yeddiemin Limanı'ndan başlayarak 30 Haziran 2021 tarihinde tamamlanan çalışmanın resmi raporu 12 Temmuz 2021 tarihinde T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ile T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı'na sunulmuştur (Altuğ, 2021a).

Mevcut durumda TÜBİTAK müsilağ çağrısı kapsamında tamamlanan bu pilot çalışmaya ilave olarak kullanılacak bakteri karışımlarının, fitoplankton, zooplankton, patojen bakteri, midye, balık (çipura, levrek, zebra fish), makro alg üzerindeki etkilerinin araştırılacağı, biyobozunurluk testlerinin yapılacağı proje başlamıştır. Bu proje kapsamında ayrıca yüksek hacimli üretim

optimizasyonuna yönelik çalışmalar yapılacaktır. Müsilaj çağrısı kapsamında TÜBİTAK desteği alan bu projenin ve bertarafa yönelik projelerin önümüzdeki 9 aylık süreçte mevcut sürece katkı sağlayacak veriler sağlanması beklenmektedir.

Müsilajın bertarafında kullanılması önerilebilen ticari **bakteriyel ürünlerin** insan sağlığı için yararlı probiyotik içeriyor olsalar dahi bakteri gelişimini etkileyen sıcaklık, pH, tuzluluk değişkenleri ile ağır metal/antibiyotik vb. farklı kirleticilerin olduğu dinamik deniz koşullarında gelişim kısıtı söz konusu olduğundan denize adapte olmayan bakterilerin uzun vadede faydasız kullanımı, maddi ve ekolojik kayıplar söz konusudur. Müsilajın bertarafı amacı ile biyolojik iyileştirme uygulamalarında kullanılacak organizmaların Marmara Denizi'nin yerel organizmaları olmaması halinde deniz ortamında deneme çalışması yapılmaması gerekmektedir. Biyolojik iyileştirme için önerilen organizmanın yerel mikroorganizma olması halinde ise deniz ekosistemine etkilerinin fitoplankton, zooplankton, bakteriyoplankton, balık, makroalg ve bentik organizma etkileri üzerinde bilimsel sonuçlarının sunulmuş olması önemli gerekliliktir.

Müsilajın bertarafı için önerilen birçok çalışmada ortamın % 5'i kadar mikroorganizma uygulanması planlanmaktadır. Bu ürünlerin yukarıda özetlenen deniz ekosistemi üzerinde etkileri konusundaki tehlikelerin dışında, Marmara Denizi hacmi için uygulanacak rakamın hem mali hem de hacimsel olarak oldukça yüksek olması ayrı bir çekince olarak değerlendirme konusudur.

Pilot çalışmada sözü edilen yerli bakterilerin kullanımı için denizin tamamında müsilaj gözlenmesi gerekmemektedir. Mevcut durumda müsilajın bertarafı konusunda önerilen ürünlerin Marmara Denizi'nde olası müsilaj vakası sonrasında denizin tamamı yerine kritik uygulama alanlarının belirlenerek ihtiyaca göre reçete edilecek koşulları belirlemek kritik öneme sahiptir.

Müsilaj yüzeyin dışında, su kolonu ve deniz dibinde bölgesel sorunlara neden olabilecek şekilde münferit olarak farklı alanlarda her zaman gözlenebildiği için fabrikaların veya gemilerin soğutma suyu aldığı bölgelerde soğutma suyu alırken filtreleri tıkanması, limanlarda gemi karinalarını kaplaması örneklerinde olduğu gibi önemli maddi kayıplara neden olduğundan bu problemin çevre dostu yöntemlerle reçete edilerek çözülmesinde ilgili bakteri karışımı avantaj sunmaktadır. Bu nedenle müsilaj oluşmamış ancak müsilaj riski taşıyan bölgelerde liman, marina, kıyısız rekreasyonel alanları, fabrika soğutma suyu alınan bölgeler, gemi soğutma suyu alınan bölgelerde yerli deniz bakterilerinin ihtiyaca göre reçete edilerek mikrobiyal florada iyileşme sağlanması mümkündür. Böylece çözünmeyen organik madde birikimi olan müsilaj benzeri yapıların oluşmadan önlenmesi konusunda biyolojik rehabilitasyon avantajı sağlanabilir. Bu nedenle yerli ürünler geliştirilerek fabrikaların soğutma sularını aldıkları ve olası müsilaj nedeniyle filtrelerde tıkanmaların yaşanacağı alanlar, gemi karinalarının zarar göreceği marina, liman, barınak bölgeleri vb. ayırımların yapılarak bölgesel ihtiyaçlara göre bilimsel verilerle geliştirilecek uygulama yöntemlerinin belirlenmesi bu nedenle kritik öneme sahiptir.

Yerli deniz bakterilerinin büyük hacimli reaktörlerde üretilmesi mümkündür. TÜBİTAK tarafından müsilaj çağrısı kapsamında desteklenen 121G153 proje çalışmasında yüksek hacimli üretim optimizasyonunun yapılacak olması ile kısa vadede bu konuda veri sağlanması beklenmektedir. Acil müdahale gerektiren durumlara ülkenin hazır olması gerektiğinden bakterilerin en azından kritik alanlarda kullanılması için farklı tekniklerin uygulanması konusunda çalışmalar geliştirilmelidir. Yukarıda bahsedilen pilot çalışmada kafes sistemleri ile farklı teknikler denenmiştir. Serbest mikroorganizma yerine bölgesel etkinliği artırmak, deniz

ortamına verilen bakterilerin tekrar kullanımının sağlanması, bölgesel ihtiyaca cevap verilmesi ve operasyon giderlerinin azaltılması amacı ile kontrollü bakteri salınımı ve immobilizasyon teknikleri gibi uygulamaların geliştirilmesi değer taşımaktadır.

Müsilajın Bertarafında Enzim Kullanımı:

Müsilajın bertarafında kullanılması önerilen proteaz, lipaz, glikozidaz gibi bazı enzimlerin balık yumurta ve larvaları başta olmak üzere deniz ekosistemi üzerindeki etkilerinin detaylı verilerine ihtiyaç vardır. Bu nedenle enzim ve/veya kimyasal içeren ürünlerin kullanımı konusunda laboratuvar ortamında gösterilmiş olan çalışmalar müsilajın yerinde bertarafında çeşitli çözümler içermektedir. Bu ve benzeri ürünlerin yerinde uygulama ile değil müsilajın dışarıya alındıktan sonra ekonomiye kazandırılması aşamalarında veya dışarıda bertarafı konusunda kullanılabilirliği değerlendirilmelidir.

Kaynaklar

Ajayi, T.O., Ogunbayo, A.O., (2012). Achieving environmental sustainability in wastewater treatment by phytoremediation with water hyacinth (Eichhornia Crassipes). Journal of Sustainable Development, 5(7): 80-90.

Altuğ, G., Çiftçi Türetken, P.S., Kalkan, S. Topaloğlu, B. (2021). The Distribution and Antibacterial Activity of Marine Sponge-Associated Bacteria in the Aegean Sea and the Sea of Marmara, Turkey. Curr Microbiol (2021). <https://doi.org/10.1007/s00284-021-02489-7>.

Altuğ, G. (2021a). Müsilaj Pilot Çalışma Sonuç Raporu. Deniz Bakteri İzolatları Kullanılarak Müsilajın Doğal Yollarla Bakteriyel Giderimi. Raporun Kapsadığı Tarih 08 Haziran 2021 - 30 Haziran 2021. 48s.

Altuğ, G. (2021b). Türk Patent Enstitüsü Tescil 2021. Buluş Sahibi G. Altuğ, Başvuru Sahibi İstanbul Üniveristesi Tescil No: TR 2016/14786: Antibakteriyel Ürünlerde Kullanılmak Üzere Deniz Süngerlerinden Bakteri İzole Etme Yöntemi.

Altuğ G. (2016). Türkiye Denizleri Bakterilerinin Biyoteknolojik Kullanımı. TÜBİTAK ÇAYDAG 114Y690 Proje Çalıştayı Bildiriler Kitabı, s. 7-21. İstanbul.

ANON (2010). European Science Foundation / ESF Marine Biotechnology: A New Vision and Strategy for Europe, Marine Board Position Paper 15.

Beke G, Stano M & Klucar L. (2016). Modelling the interaction between bacteriophages and their bacterial hosts. Mathematical Biosciences, 279, 27-32.

Carey-Smith, G. V., Billington, C., Cornelius, A. J., Hudson, J. A., Heinemann, J. A. (2006). Isolation and characterization of bacteriophages infecting Salmonella spp., FEMS Microbiology Letters, 258(2), 182–86.

Çözüm Önerileri Tablosu

Çözüm Önerileri	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)	Kısa Gerekçe
Müsilaj gözlenmesi halinde yerinde bertarafı gerektiren koşulların oluştuğuna dair acil eylem gerekliliği konusunda Bilim Kurulu onayı ile bilimsel karar mekanizmasına yönelik yapının oluşturulması	Kısa	Acil müdahale gerektiren durumlara ülkenin hazır olması gerekçesi ile müsilajın yoğun olarak gözlenmesi halinde biyolojik iyileştirme uygulamalarının Marmara Denizi ekosisteminin hassasiyeti göz önüne alınarak deniz ekosisteminin mikrobiyal durumu konusunda değişiklikleri izleyebilecek ve ihtiyaca göre reçete oluşturacak mikrobiyal ekoloji verilerini değerlendirecek uzmanlar eşliğinde yapılması gerektiğinden müsilajın bertarafına yönelik biyoremediasyon uygulamalarının bilimsel kurulun karar vermesinin ardından yapılması önem taşımaktadır. İstanbul Üniversitesi Su Bilimleri Fakültesi tarafından yapılan pilot çalışma ile yüzeyde ve dipte yerel deniz bakterileri uygulaması ile müsilajın bertarafı sağlanmıştır. Bu uygulamada ortamdaki bakteri kompozisyonu takip edilmiş ve bölgesel ihtiyaca göre uygulama yapılmıştır. Bölgesel sorunlarda liman, marina, kıyısız rekreasyonel alanları, fabrika soğutma suyu alınan bölgeler, gemi soğutma suyu alınan bölgelerde yerli deniz bakterilerinin ihtiyaca göre reçete edilerek mikrobiyal florada iyileşme sağlanması mümkün görünmektedir. Geliştirilen yerli ürünler ile fabrikaların soğutma sularını aldıkları ve olası müsilaj nedeniyle filtrelerde tıkanmaların yaşanacağı alanlar, gemi karınlarının zarar göreceği marina, liman, barınak bölgeleri vb. ayrımların yapılarak bölgesel ihtiyaçlara göre bilimsel verilerle geliştirilecek uygulama yöntemlerinin belirlenmesi bu nedenle kritik öneme sahiptir. Bu gerekçe ile denizde yapılacak uygulamalar için Bilim Kurulu onayı ile karar verecek bir yapının oluşturulması ihtiyacı vardır.
Mevcut çalışmalarla müsilajın Marmara Denizi yerel mikroorganizmaları ile yerinde bertarafına yönelik çalışmaların tamamlanması ve saha	Kısa	Küresel iklim değişimine yönelik alınan önlemler kapsamında öne çıkan yeşil mutabakat, Paris İklim Anlaşması, 2050 sıfır karbon hedefleri gibi uluslararası yönergeler geleceğin yenilikçi ürünlerinin minimum çevresel etki ve düşük maliyetle gerçekleşmesine yönelik yolların önemine dikkat çekmektedir. Bu çalışmalara erken

ölçekli üretimin yapılması		yönelen ülkelerin başta küresel iklim değişikliği olmak üzere çevresel sorunlara çözüm üretme konusunda avantaj kazanacağı açıktır. Ülkemizde yapılan bazı çalışmalarda deniz bakterilerinin ürüne yönelik kullanımı konusunda üretilen veriler bu çalışmalara yönelik potansiyel sunmaktadır. Müsilaja yönelik acil müdahale gerektiren durumlara ülkenin hazır olması ve sorunun proaktif bir nitelikte karşılanması gerekçesi ile yerel mikroorganizmalarla yapılacak çalışmaların tamamlanması önem taşımaktadır. Bu konuda İstanbul Üniversitesi Su Bilimleri Fakültesi tarafından yapılan pilot çalışma ile mesafe kazanılmıştır. Devam eden TÜBİTAK (121G153) proje ile kısa vadede bentik ve pelajik ekosisteme yönelik etkilerin ileri bilimsel kanıtlarının sunulması ve saha ölçekli üretim optimizasyonunun tamamlanması beklenmektedir. Ortamda çözünmeden kalan organik maddelerin müsilaj benzeri biyokütleyle dönüşmesinde ortamdaki bakterilerin verdikleri metabolik yanıtlara göre ayrışması veya birikmesi söz konusu olduğundan sağlıklı mikrofloranın varlığı müsilajın akıbeti/ayrışma süreci bakımından önem taşımaktadır. Müsilajın görünme riskinin yüksek olduğu alanlarda, organik madde birikimini dolayısıyla müsilaj benzeri yapıların oluşmadan önlenmesini sağlayacak yerli/yerel bakteri aşılmasının yapılması biyolojik rehabilitasyon avantajı sağlayacağından, lokal bakterilerle ilgili çalışmaların tamamlanması kritik öneme sahiptir. Yukarıda ilk çözüm maddesinde sözü edilen ve mevcut durumda detaylandırılan müsilajın görülmesi halinde veya müsilaj riskinin görülme ihtimali yüksek bölgesel sorunların yaşandığı durumlarda gemi karinalarının zarar göreceği marina, liman, barınak bölgeleri vb. ayırımların yapılarak bölgesel ihtiyaçlara göre bakteriler ile uygulama yapılması gerekliliğinin oluştuğuna karar verilen durumlarda bakterilerin yüksek hacimde üretimine yönelik optimizasyon çalışmalarının tamamlanması ülkenin acil müdahale gerektiren durumlara hazır olması bakımından önem taşımaktadır.
Fitoremediasyon çalışmalarının geliştirilmesi	Orta	Müsilaj oluşumunu önlemeye yönelik yöntemlerin geliştirilmesi bakımından önem taşıyan çalışmalar olarak herhangi bir kirleticinin ortamdaki uzaklaşması veya

		<p>kirletici/toksik etkisinin azaltılması amacı ile farklı bitkiler kullanılarak yapılan biyolojik iyileştirme işlemi olan fitoremediasyon çalışmalarının geliştirilmesi önemlidir. Müsilajın bertarafı konusunda kısa sürede çözüm sunan bir yöntem olmamakla beraber Marmara Denizi'ne nehirler yoluyla ulaşan kirleticilerin doğal yöntemlerle azaltılması ve orta vadede fayda sağlanması bakımından kirleticilerin nehir ağzlarında bazı bitkiler tarafından tutulmasını sağlayacak sistemler kurulması ile müsilaj oluşumunu tetikleyen sebeplerin dolaylı olarak azaltılması mümkündür. Bu konuda proje çalışmaları vardır. Müsilaj oluşumunu tetikleyen sebepler arasında olan noktasal kaynaklı kirletici yükünün azaltılmasının sağlanması konusunda fitoremediasyona yönelik yöntemlerin geliştirilmesi konusunda çalışmalara ihtiyaç olduğu açıktır. Bu nedenle bu çalışmaların takipleri ve uygulamaya konulmasına yönelik pratikleri önem taşımaktadır. 2021 TÜBİTAK müsilaj projeleri çağrı kapsamında bu konuda yapılan çalışmaların ve proje süresi olan 9 ay sonrasında alınacak sonuçların takip edilmesi bu nedenle önem taşımaktadır.</p>
Farklı yerel makroorganizmaların sisteme eklenmesi	Orta	<p>Marmara Denizi'nde kirleticilerin giderilmesine yönelik mekanizmaları nedeni ile tercih edilecek deniz hıyarı, midye ve benzeri bazı makroorganizmaların ekosisteme eklenerek sistemin biyolojik iyileştirmesine yönelik takviye sağlanması konusunda çalışmalar değer taşımaktadır. Bu çalışmalarda kullanılması önerilen türün Marmara Denizi'nde dağılımı ve popülasyon yoğunluğu üzerinde değerlendirme çalışmalarının yapılmış olması, biyoremediasyonda kullanılacak türün halihazırdaki mevcut popülasyon yoğunluğuna olası etkilerinin tanımlanmış olması ekosistem dengesi bakımından önem taşıdığından çok disiplinli yaklaşımlarla yapılacak bilimsel çalışmalara ihtiyaç vardır. Bunun dışında midye yetiştiricilik alanlarının artırılması konusunda 2021 yılında T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı'nın kurulacak midye çiftlikleri ile saatte yaklaşık 11 milyar litre suyu filtre etmeyi hedefledikleri çalışmaların gerçekleşmesi halinde bölgesel remediasyon konusunda katkılarının olması beklenmektedir.</p>

Müsilaj temizliği için önerilen kimyasal temizleyici kullanımına izin verilmemesi	Kısa	Deniz ekosisteminin doğal yapısı, ortamın sahip olduğu bileşenler, bentik ve pelajik ekosistemin korunması bakımından kritik öneme sahiptir. Marmara Denizi'nde gözlenen müsilajın bertarafı konusunda kimyasal içeren ürünlerin kullanımına izin verilmemesi ekosistem sağlığı bakımından hayati değer taşımaktadır. Kimyasalların deniz canlıları üzerindeki etkileri, ortamda kalıntı sorunlarına yol açması, mikro düzeyde etkileşimleri her koşulda deniz ortamına uygulanmasının engellenmesini gerektirmektedir.
---	------	---

Hedef Başlığı

- ***Yüzeydeki müsilaj tabakasının mekanik temizliği ve çıkarılan müsilajın çevre dostu yöntemlerle bertarafı***

Mevcut Durum Tanımlanması:

Mevcut durumda toplanan müsilaj karada bertaraf edilmekte ve başka bir amaç için kullanılmamaktadır. Müsilaj kütlelen yüksek miktarda tuz ve patojen mikroorganizma içermesi karada bertarafını sorunlu hale getirmektedir. Toplanan müsilaj %90 oranında su içerdiğinden susuzlaştırılmadan katı atık depolama sahalarında bertaraf edilmeye uygun değildir. Bu nedenle bazı illerde toplanan malzemenin lağünlere verilerek sıvı kısmın sızma ile denize karıştığı, koyulaşan kısmın bertaraf tesisine gönderildiği bir yol izlenmektedir. Ancak müsilajın patojen mikroorganizma barındırma ihtimali ve ağır metal kirliliği düşünüldüğünde bu yöntemle kirliliğin karasal alana taşınmasının yaratabileceği olası çevresel riskler de göz önüne alınmalıdır. Bu durumda müsilajın karada çevre dostu yöntemlerle bertarafına yönelik çözüm üretecek metotların geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Katma değerli ürünlere dönüştürülmesine yönelik çalışmalar geliştirilmelidir.

Müsilaj, içerisinde ağırlıklı olarak yağ, karbonhidrat, proteinli maddeler içeren organik bir maddedir. Ancak hangi amaçla kullanılacağına bağlı olarak yapısal karakterizasyonunun belirlenmesi çok önemlidir. Örneğin, toplanan müsilajın hidrotermal sıvılaştırma gibi teknikler kullanılarak biyolojik yakıtlara dönüştürülebilirliği müsilajın yapısında ne oranda yağ olduğunun belirlenmesi ile aydınlatılabilir. Yine müsilajın ilaç ve kozmetik gibi sağlıkla ilgili alanlarda, yem sanayiinde değerlendirilmesi veya gübre olarak kullanılarak bir ekonomik girdiye dönüştürülmesi mümkündür. Bunun için de toplanan müsilajın yapısal özelliklerinin yanı sıra bakteriyolojik açıdan kirlilik yüküne ve ağır metal içeriğine bakılması gerekmektedir. Dolayısıyla toplanan müsilajın fiziksel, kimyasal ve biyolojik analizleri yapılarak karakterizasyonu ve çevre için herhangi bir zarar oluşturmayacak şekilde stabilize edilmesi müsilajın hem en doğru şekilde bertaraf edilebilmesi için hem de faydalı ürüne çevrilebilme potansiyelini değerlendirebilmek için kritik öneme sahiptir.

Müsilajın lityum-iyon bataryalarda doğrudan anot aktif malzemesi olarak veya içerdiği biyojenik kökenli polimerik yapılar sayesinde bu bataryaların içerisinde yer alan elektrotlarda performans artırıcı katkı malzemesi olarak kullanılmasına yönelik çalışmalar söz konusudur. Lityum iyon bataryalarda aktif malzeme olarak dünyada maleamik asit veya karboksilik asit tabanlı farklı organik yapılar kullanılmaktadır. Buradaki organik karbonun zayıf bağlar ile lityumu yapısında tutabilmesi denizlerimizdeki makro ve mikro alglerin (*Ulva lactuca* - *Chlorella vulgaris*) aktif malzemesi olarak çalışabilmesi kapsamında bize ışık tutmuş olup yapılan çalışmalarda mikro ve makro alglerin de bataryalarda kullanılabileceği görülmüştür (Kahsay vd., 2020; Wang vd., 2019). Bu bağlamda müsilajında bu sisteme entegre edileceği (Tahmini kapasite 100 – 130 mAh/g) ve elektrokimyasal performanslarının incelenmesi önem arz etmektedir (Çağlar ve Çetintaşoğlu, 2019).

Müsilajdan elde edilecek aktif karbonun atık suların arıtımında, endüstriyel faaliyetler sonucunda açığa çıkan düşük ve orta konsantrasyonlu kirletici kimyevi madde ihtiva eden gazların atmosfere atılmadan önce arıtılarak organik veya inorganik kirlilikten arındırılmasında değerlendirilmesi söz konusudur (Tao vd., 2012; Toprakci vd., 2021).

İçerisindeki nano metal partikülleri (gümüş – bakır) sayesinde, uygun ön işlemlerden (dezenfektasyon - sterilizasyon) geçirildikten sonra kozmetik sanayiinde katkı malzemesi

olarak (anti-mikrobiyal etkisi), biyoplastik olarak kullanımı gibi konular potansiyel değerlendirme alanları olarak görülmektedir (Sbardella, 2018; Kim vd., 2015).

Müsilajın içerisindeki nano metal partikül miktarının oranı, bu nano partiküllerin ekstraksiyon maliyetlerinde önemli avantajlar sağlayabilir ancak yapı içerisinde çok fazla farklı metal içermesi durumunda özellikle saflaştırma maliyetlerinin yüksek olması gibi riskler de içermektedir (Çağlar ve Çetintaşoğlu, 2019).

Bursa Teknik Üniversitesi Kimya ve Biyomühendislik Bölümlerinde gerçekleştirilen çalışmalarda Bursa'nın Mudanya kıyılarından toplanan müsilaj örnekleri çeşitli işlemlerden geçirildikten sonra süperkapasitörlerde elektrot malzemesi olarak kullanılmıştır. Bataryalar ile klasik kapasitörler arasındaki performans boşluğunu dolduran *süperkapasitörler*, yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjinin depolanması için en iyi çözümü sunarlar (Yılmaz ve Yılmaz, 2020).

Mudanya'dan toplanan müsilajla yapılan çalışmada hem elektriksel çift tabaka hem de pseudo-kapasitif O heteroatomların sinerjik etkisi ile yüksek kapasitans elde edilmiştir (322F/g @ 0.25 A/g). Deniz müsilajından üretilen biyokompozit malzeme bir süper kapasitör elektrot malzemesi olarak ilk kez incelenmiş ve oldukça yüksek verim elde edilmiştir (Sinan-tatlı vd., 2021, yayın hazırlık aşamasında). Dolayısıyla bu teknik hem müsilajı bertaraf etmede hem de yararlı ve değerli bir ürüne dönüştürmede yüksek potansiyele sahiptir.

Yine Bursa Teknik Üniversitesi Biyomühendislik ve Polimer Malzeme Mühendisliği Bölümlerinin yaptıkları çalışmada müsilaj kurutulduktan sonra "biyoplastiğe" dönüştürülmüştür. Mudanya kıyılarından elde edilen müsilaj örnekleri kurutulduktan sonra çeşitli çözücüler ve plastikleştiricilerle farklı oranlarda karıştırılmış, solvent casting ile üretilen biyoplastik filmlerin çekme dayanımı, diferansiyel tarama kalorimetresi, fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi, taramalı elektron mikroskopisi, termogravimetrik analiz ve antibakteriyel özellik testleri yapılmıştır (Soydan vd., 2021)

İlerleyen süreçte bu konuda devam eden çalışmaların tamamlanması müsilajın bertaraf edilmesi ve katma değer yaratacak ürünlere dönüştürülmesi konusunda veri sağlayacaktır.

Kaynaklar

Çağlar N., Çetintaşoğlu M. E. (2019). Denizel Kaynaklardan Elde Edilen Malzemelerin Enerji Depolama Uygulamalarında Kullanımı. (Doktora tezi 2019-devam ediyor). İÜ BAP, Doktora tez projesi, Proje No. 35177. (Patent başvurusu yapıldı, ön incelemeden geçti.) (1. Danışman: Nuray Çağlar, 2. Danışman Özgül Keleş)

Kahsay B. A., Wang F.-M. Hailu A. G., Su C.-H. (2020). Maleamic Acid as an Organic Anode Material in Lithium-Ion Batteries, *Polymers*, 12, 1109.

Kim S-K. (Ed.) (2015). Handbook of Marine Microalgae. Oxford: Elsevier.

Sbardella L., Comas J., Fenu A., Rodriguez-Roda I., Weemaes M. (2018). Advanced biological activated carbon filter for removing pharmaceutically active compounds from treated wastewater, *Science of the Total Environment*, 636, 519-529.

Soydan N. vd. (2021). (*Prof. Dr. Mete Yılmaz açıklama: yayına hazırlık aşamasında*)

Tao Y., Wei Z., HaiCheng Y., Cong W., ShanCheng S. (2012). Study on treatment of the pesticide wastewater by the composite process of biological active carbon filter-fluid bed, *Meteorological and Environmental Research*, 3, 35-37.

Toprakci O., Toprakci H.A., Okkay H. (2021). Methylene Blue Removal by Activated Carbon from platanus orientalis Leaves, *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 8, 283-289.

Wang Y., Liu W., Guo R., Qu Q., Zheng H., Zhang J., Huang Y. (2019). A high-capacity organic anode with self-assembled morphological transformation for green lithium-ion batteries, *Journal of Materials Chemistry A*, 39, 22621-22630.

Yılmaz, E. U. ve Yılmaz, M (2020). Diatom-Derived SiO₂/N-Doped C Nanocomposite for Electrochemical Capacitors, *ECS J. Solid State Sci. Technol.* 9 061012.

Çözüm Önerileri Tablosu

Çözüm Önerileri	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)	Kısa Gerekçe
Müsilajın yoğun olarak tekrar gözlenmesi ve mekanik yollarla toplanarak karaya çıkarılması halinde karada bertarafına yönelik çalışmalar geliştirilmesi	Kısa	<p>Mevcut durumda Marmara Denizi'nde gözlenen müsilaj mekanik olarak toplanmış ve katı atık dönüşüm tesislerine gönderilmiştir. Toplanan müsilajın çevre dostu yöntemlerle karada bertarafına yönelik bir uygulama yapılmamıştır.</p> <p>Müsilajın tekrar gözlenmesi halinde müsilajın karada bertarafına ülkenin hazır olması gerekçesi ile geliştirilecek çalışmalara ihtiyaç vardır.</p> <p>Lokal deniz bakterileri ile karada bertaraf konusunda fizibilite çalışmaları yapılması tuzluluk giderimi ve olası patojenlerin bertaraf edilerek müsilajın aşağıda örneklenen yöntemlerle katma değerli ürünlere dönüştürülmesine yönelik hammadde olarak hazırlanması çok disiplinli çalışmalar geliştirilmesi önem taşımaktadır.</p>
Müsilajdan aktif karbon elde edilerek farklı amaçlarla kullanımının geliştirilmesi	Orta	<p>Müsilajdan aktif karbon elde edilmesine yönelik çalışmalar müsilaj kütlesinin katma değerli ürüne dönüşümü gerekçesi ile değer taşımaktadır. Atık su arıtımı, kirletici kimyevi madde ihtiva eden gazların atmosfere atılmadan önce organik veya inorganik kirlilikten arındırılması gibi alanlarda kullanılacak aktif karbon için müsilaj kütlesi hammadde olarak kullanılabilir. Bu nedenle bu konuda çalışmaların geliştirilmesi gerekmektedir.</p>
Müsilajın lityum-iyon bataryalarda doğrudan anot aktif malzemesi	Orta	<p>Müsilaj kütlesinin katma değerli ürüne dönüşümü gerekçesinden hareketle müsilajın lityum-iyon bataryalarda doğrudan</p>

<p>veya süperkapasitörlerde elektrot malzemesi olarak kullanılmasına yönelik çalışmalar geliştirilmesi</p>		<p>anot aktif malzemesi olarak veya içerdiği biyojenik kökenli polimerik yapılar sayesinde bu bataryaların içerisinde yer alan elektrotlarda performans artırıcı katkı malzemesi olarak kullanılması söz konusudur. Bu konuda yapılan çalışmalar lityum-iyon bataryalarda aktif malzeme olarak dünyada maleamik asit veya karboksilik asit tabanlı farklı organik yapılar kullanıldığını göstermektedir. İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri Enstitüsü'nde yapılan çalışmada denizlerimizdeki makro ve mikro alglerin (Ulva lactuca - Chlorella vulgaris) bataryalarda kullanılabileceği görülmüştür. Bu bağlamda müsilajın da bu sisteme entegre edileceği hipotezi ile elektrokimyasal performanslarının incelenmesinin önemli olduğu anlaşılmaktadır. Bu konuda geliştirilecek çalışmalar müsilajın lityum-iyon bataryalarda doğrudan anot aktif malzemesi olarak değerlendirilmesi ile katma değerli ürünlere dönüştürülmesi konusunda veri sağlaması bakımından önem taşımaktadır.</p> <p>Müsilajın katma değerli ürünlere dönüştürülmesi konusunda Bursa Teknik Üniversitesi Kimya ve Biyomühendislik Bölümlerinde gerçekleştirilen çalışmalarda müsilaj örnekleri çeşitli işlemlerden geçirildikten sonra süperkapasitörlerde elektrot malzemesi olarak kullanılmıştır. Çalışmada deniz müsilajından üretilen biyokompozit malzeme bir süper kapasitör elektrot malzemesi olarak ilk kez incelenmiş ve yüksek verim elde edilmiştir. Bu nedenle bu çalışmaların geliştirilmesi müsilajın katma değerli ürünlere dönüştürülmesi konusunda önem taşımaktadır.</p>
<p>Müsilajın doğada bozunabilen biyoplastik ürünlere dönüştürülmesi</p>	<p>Orta</p>	<p>Bursa Teknik Üniversitesi Biyomühendislik ve Polimer Malzeme Mühendisliği Bölümlerinde yapılan çalışmada müsilajın kurutularak "biyoplastiğe" dönüştürülmesi mümkün olmuştur. Biyoplastik film haline getirilen materyalde yapılan ileri testlerle çekme dayanımı, diferansiyel tarama kalorimetresi, fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi, taramalı elektron mikroskopisi, termogravimetrik analiz ve antibakteriyel özellikleri belirlenmiştir. Müsilaj kütlesinin katma değerli ürünlere dönüşümü için bu konuda devam eden çalışmaların tamamlanması ve bu alanda çalışmalar geliştirilmesi önem taşımaktadır.</p>

Ek 1: Çalışma Grubu Üyelerinin Listesi

NO	İsim	A. Unvan	Kurum	Görevi
1	Hasan Mandal	Prof. Dr.	TÜBİTAK	Bilim Kurulu Başkanı
2	Ahsen Yüksek	Doç. Dr.	İstanbul Üniversitesi	Bilim Kurulu Üyesi
3	Ayşen Erdinçler	Prof. Dr.	Boğaziçi Üniversitesi	Bilim Kurulu Üyesi
4	Barış Salihoğlu	Prof. Dr.	Ortadoğu Teknik Üniversitesi	Bilim Kurulu Üyesi
5	Bülent Keskinler	Prof. Dr.	Gebze Teknik Üniversitesi	Bilim Kurulu Üyesi
6	Çolpan Polat Beken	Doç Dr.	TÜBİTAK MAM -emekli-	Bilim Kurulu Üyesi
7	Funda Yercan	Prof. Dr.	Piri Reis Üniversitesi	Bilim Kurulu Üyesi
8	Güçlü İnel	Prof. Dr.	İstanbul Teknik Üniversitesi	Bilim Kurulu Üyesi
9	Güleda Engin	Prof. Dr.	Yıldız Teknik Üniversitesi	Bilim Kurulu Üyesi
10	Gülşen Altuğ	Prof. Dr.	İstanbul Üniversitesi	Bilim Kurulu Üyesi
11	İzzet Öztürk	Prof. Dr.	İstanbul Teknik Üniversitesi	Bilim Kurulu Üyesi
12	Melek İşinibilir Okyar	Prof. Dr.	İstanbul Üniversitesi	Bilim Kurulu Üyesi
13	Melike Gürel	Prof. Dr.	İstanbul Teknik Üniversitesi	Bilim Kurulu Üyesi
14	Mete Yılmaz	Prof. Dr.	Bursa Teknik Üniversitesi	Bilim Kurulu Üyesi
15	Mustafa Sarı	Prof. Dr.	Bandırma Onyediy Eylül Üniversitesi	Bilim Kurulu Üyesi
16	Nuray Çağlar	Prof. Dr.	İstanbul Üniversitesi	Bilim Kurulu Üyesi
17	Nüket Sivri	Prof. Dr.	İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa	Bilim Kurulu Üyesi

NO	İsim	A. Unvan	Kurum	Görevi
18	Osman Okur	Dr.	TÜBİTAK MAM	Bilim Kurulu Üyesi
19	Saadet Karakulak	Prof. Dr.	İstanbul Üniversitesi	Bilim Kurulu Üyesi
20	Selma Ayaz	Doç. Dr.	TÜBİTAK MAM	Bilim Kurulu Üyesi
21	Sevil Veli	Prof. Dr.	Kocaeli Üniversitesi	Bilim Kurulu Üyesi

Marmara Denizi Eylem Planı

Bilim ve Teknik Kurulu

İhtiyaçlar ve Çözüm Önerileri Raporu

Ön Plana Çıkan Hususlar

No	Ana Başlık	Öneriler	Kısa Gerekçe	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)
1	Denizel Ortama Girecek Kirlenici Miktarının Azaltılması ve İzleme ve Takip Sistemlerinin Oluşturulması	Nitrat kirliliğinin azaltılmasına yönelik "Sularda Tarımsal Faaliyetlerden Kaynaklanan Nitrat Kirliliğinin Önlenmesine Yönelik İyi Tarım Uygulamaları Kodu Tebliği (2016/46)" nin Nitrata Hassas Bölgelerde uygulamaya geçmesi sağlanmalıdır.	Tarım ve hayvancılıktan kaynaklanan ve ötrofikasyona sebep olan nitrat kirliliğinin azaltılması için belirlenen Nitrata Hassas Bölgelerde (NHB) "Sularda Tarımsal Faaliyetlerden Kaynaklanan Nitrat Kirliliğinin Önlenmesine Yönelik İyi Tarım Uygulamaları Kodu Tebliği (2016/46)" gereklerinin ve hazırlanacak eylem planının uygulanması zaruridir.	Kısa
2	Denizel Ortama Girecek Kirlenici Miktarının Azaltılması ve İzleme ve Takip Sistemlerinin Oluşturulması	Marmara Denizi'ne kıyısı olan şehirlerdeki atıksu arıtma tesisi deşarjlarının ilgili yönetmelikler (Kentsel Atıksu Arıtma Yönetmeliği vb.) çerçevesinde izleme, denetim ve yaptırım faaliyetlerinin etkinleştirilmesi sağlanmalıdır.	Arıtma tesislerinin çalışma performansları ortaya konarak gerekli yeniliklerin ve yatırımların belirlenmesi önem arz etmektedir.	Kısa

No	Ana Başlık	Öneriler	Kısa Gerekçe	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)
3	Denizel Ortama Girecek Kirlenici Miktarının Azaltılması ve İzleme ve Takip Sistemlerinin Oluşturulması	Marmara Havzası'ndaki kentsel atık su toplama sistemine, ilgili yönetmeliklerde belirlenen sınırlar üzerinde yapılan endüstriyel deşarjlarda; öncelikli kirlenici ve tehlikeli atık (madde) deşarjları daha etkin denetlenerek, bu tür kirlenicilerin (deşarj öncesi) kaynağında önlenmesi sağlanmalıdır.	Marmara Havzası'ndaki kentsel atık su toplama sistemine ilgili yönetmeliklerde belirlenen sınırlar üzerinde yapılan endüstriyel deşarjlar, içerdikleri kirleniciler nedeniyle merkezi kentsel ve/veya Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesislerinin performansını (özellikle Nitritifikasyon) olumsuz biçimde etkilemektedir.	Kısa
4	Denizel Ortama Girecek Kirlenici Miktarının Azaltılması ve İzleme ve Takip Sistemlerinin Oluşturulması	İhale mevzuatında, arıtma tesislerin yapımı sonrası 8~10 yıl süreyle ihaleyi kazanan firma tarafından işletilmesi ile ilgili düzenleme yapılması önerilmektedir. Benzer şekilde işletme ihaleleri de uzun süreler gözetilerek düzenlenmelidir.	Anahtar teslimi projeler en düşük teklif üzerinden değerlendirilmekte olup işletme ve uzun dönem faydayı (geri kazanım, enerji vb.) çoğunlukla kapsamamaktadır. Dolayısıyla enkaz niteliğinde atıksu arıtma tesislerinin sayıları giderek artmaktadır.	Kısa
5	Denizel Ortama Girecek Kirlenici Miktarının Azaltılması ve İzleme ve Takip Sistemlerinin Oluşturulması	Marmara Havzası için tüm kurum/kuruluş ve Bakanlıklara ait veri tabanlarının (Çevresel Bilgi Sistemi, Ulusal Su Bilgi Sistemi vb.) birbirleri ile entegre edilmesi ve sistemde kayıt altına alınan verilerin tüm araştırmacılara ücretsiz olarak kullanımı ivedilikle sağlanmalıdır.	Marmara Denizi'nin hassas durumu göz önüne alınarak veri akışının sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi, verilerin ilgili otoriteler tarafından hızlıca değerlendirilebilmesi ve modelleme de dahil olmak üzere çeşitli araştırmalarda ihtiyaç duyulan verilere tek elden ulaşılabilmesi için gereklidir.	Kısa
6	Denizel Ortama Girecek Kirlenici Miktarının Azaltılması ve İzleme ve Takip Sistemlerinin Oluşturulması	Marmara Denizi Havzası içinde faaliyet gösteren, revizyon, ihale ve inşaat aşamasında olan tüm atıksu arıtma tesislerinin proses seçimi ile ilgili kriterlerin; "yerel koşullar göz önüne alınarak" alıcı ortam bazlı deşarj kriterlerini sağlayacak şekilde, organik madde, azot ve fosfor parametrelerinin giderimi açısından yeterlilikleri incelenmeli ve ileri biyolojik arıtma tesislerine ivedilikle dönüştürülmesi sağlanmalıdır.	Marmara Denizi'ne ait özel deşarj kriterleri; havzadan/diğer havzalardan gelen noktasal ve yayılı yükler ve endüstriyel katkılar da dikkate alınarak belirlenmelidir. Bu durumda mevcut arıtma teknolojileri yetersiz/atıl kalacağı için en uygun teknolojinin belirlenmesi, arıtma tesislerinin revizyon gereksinimlerinin saptanması yerinde olacaktır. Mevcut durumda, ihalelerde yaygın olarak kullanılan tasarım	Kısa/Orta

No	Ana Başlık	Öneriler	Kısa Gerekçe	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)
			yöntemlerinin hedeflenen kriterleri sağlamada yetersiz olduğu belirlenmiştir. Marmara Denizi'ni kirlenme ve mülaj probleminden koruyabilmesi ve yakın zamanda daha yüksek arıtma performansı beklenen bu tesislerin yerel koşullar gözönüne alınarak tahkik edilmesi, gerekli önlemlerin alınması elzemdir.	
7	Denizel Ortama Girecek Kirlenici Miktarının Azaltılması ve İzleme ve Takip Sistemlerinin Oluşturulması	Marmara Denizi için alıcı ortam bazlı deşarj limiti belirlenmesi çalışmalarının ivedilikle başlatılarak özel deşarj kriterleri azot ve fosfor parametrelerini de içerecek şekilde belirlenmelidir (Marmara ve Susurluk Havzaları'ndan Marmara Denizi'ne gelen yükler de dahil edilerek).	Marmara Denizi'ne ait özel deşarj kriterleri; havzadan/diğer havzalardan gelen noktasal ve yayılı yükler ve endüstriyel katkılar da dikkate alınarak belirlenmelidir. Alıcı ortamın su kalitesi ve kirlenme potansiyeli göz önüne alınarak belirlenen alıcı ortam bazlı deşarj limitlerinin noktasal kaynaklara uygulanması su kalite hedeflerini gerçekleştirme noktasında önemli olup, kirlilik azaltım ihtiyaçlarının belirlenmesi için de kritik bir araçtır. <u>Mevcut yönetmelik (Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği) teknoloji bazlı olup alıcı ortam taşıma kapasitesini dikkate almamaktadır.</u>	Kısa/Orta
8	Denizel Ortama Girecek Kirlenici Miktarının Azaltılması ve İzleme ve Takip Sistemlerinin Oluşturulması	Marmara Denizi'ne gelen kirlenici yükü minimize etmek için geri kazanılan atıksu miktarının artırılmasına yönelik çalışmalar başlatılmalıdır.	Mevcut evsel/kentsel atıksu arıtma tesislerinin sanayi, tarım, peyzaj vb. alanlarda su ihtiyacını sağlayacak şekilde geri kazanım yapmaları yükün azaltılması açısından önemli katkıda bulunacaktır. Ayrıca membran konsantre yönetiminin de dikkate alınması önemlidir.	Kısa/Orta
9	Denizel Ortama Girecek Kirlenici Miktarının Azaltılması ve İzleme ve Takip Sistemlerinin Oluşturulması	Yayıllı kirliliği önlemek için en iyi yönetim uygulamalarından (best management practices) Marmara ve Susurluk Havzaları dahil Marmara Denizi koşullarına uygun olanlar, yapılacak proje çalışmaları ile geliştirilerek uygulanmalıdır.	Yayıllı kaynaklı kirlilik kontrolü için öncelikli olarak belirlenmiş riskli bölgelerde azaltım çözümleri (yapay sulak alan, dere ıslahı ve yeşil kuşak uygulamaları, dijital/hassas tarım teknolojilerinin kullanımının teşviki, arazi kullanımından gelen yüzeysel drenaj suları kaynaklı besin maddesi	Orta

No	Ana Başlık	Öneriler	Kısa Gerekçe	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)
			azaltımı ile ilgili sürdürülebilir (yeşil) drenaj çözümler vb.) uygulanması gereklidir.	
10	Denizel Ortama Girecek Kirlenici Miktarının Azaltılması ve İzleme ve Takip Sistemlerinin Oluşturulması	Nehir Havzası Yönetim Planı kapsamında hazırlanan eylem takvimleri hayata geçirilmelidir.	Nehir Havzası Yönetim Planları bütüncül bir yaklaşım getirmektedir.	Orta
11	Denizel Ortama Girecek Kirlenici Miktarının Azaltılması ve İzleme ve Takip Sistemlerinin Oluşturulması	SAİS tebliğinin, alıcı ortama deşarjı bulunan havzadaki tüm önemli (ortalama debi $\geq 1000 \text{ m}^3/\text{gün}$) tesisleri kapsamı sağlanmalı; ayrıca Amonyum Azotu parametresi ile tesisin günlük elektrik tüketimi ve atılan günlük arıtma çamuru miktarları (ton, kek, %KM) değerleri de izlenmelidir.	Kirlenici yüklerinin belirlenmesinde atıksu debisinin bilinmesi önemlidir. Gerçek zamanlı takip yapılarak problemler karşısında hızlı aksiyon alınması gerekmektedir.	Orta
12	Denizel Ortama Girecek Kirlenici Miktarının Azaltılması ve İzleme ve Takip Sistemlerinin Oluşturulması	Marmara Denizi'nin 3 Boyutlu Hidrodinamik ve Ekolojik Modellerinin, veri tabanı ve karar destek mekanizması ile birlikte kullanılması ve araştırma amaçlı kullanıcılara açılması gerekmektedir.	Marmara Denizi'nde kirlenici konsantrasyonlarının tahmin edilebilmesi, ekosistemin davranışının anlaşılabilmesi, alınacak tedbirler sonucunda su kalitesinin ne kadar iyileşebileceğinin öngörülmesi açısından modelleme çalışmaları önemlidir. Marmara Bütünleşik Modelleme Sistemi (MARMOD) farklı kaynaklardan gelen besin yüklerinin Marmara Denizi'nde yarattıkları etkileri ayrı ayrı değerlendirerek hangi kaynakların hangi sürede ve ne ölçüde azaltılacağını bilgisini verecektir. Bu yük azaltım planlarının verimli olarak gerçekleştirilmesini sağlayacaktır.	Orta/Uzun

No	Ana Başlık	Öneriler	Kısa Gerekçe	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)
13	Denizel Ortama Girecek Kirletici Miktarının Azaltılması ve İzleme ve Takip Sistemlerinin Oluşturulması Müsilajın Biyoçeşitliliğe Etkilerinin Araştırılması ve Restorasyon Çalışmaları	Mikroplastik/nanoplastik kirliliğinin azaltılmasına yönelik Ar-Ge çalışmaları desteklenmeli ve mikro/nanoplastik kaynakları belirlenerek yenilikçi teknolojilerle arıtımının geliştirilmesine olanak sağlanmalıdır.	Son yıllarda plastik kirliliği ile ilgili yapılan araştırmalar mikro/nanoplastik kirliliğinin denizel ekosistemlerde biyoçeşitliliğe olumsuz etkilerinin olduğunu ve mikro kirleticiler açısından önemli rol oynadığını ortaya koymaktadır. Marmara Denizi genelinde yapılan araştırmalar; mikroplastik kirliliği açısından Marmara Denizi'nin Karadeniz ve Ege Denizi'nden daha kirli olduğunu göstermektedir. Özellikler deşarjlar ve nehirler ile birlikte gelen makro/mikro/nanoplastik yükünün azaltılması, biyoçeşitliliğin azalması ve kirleticilerin su ortamındaki artışını baskılamada olumlu rol oynayacaktır.	Orta/Uzun
14	Denizel Ortama Girecek Kirletici Miktarının Azaltılması ve İzleme ve Takip Sistemlerinin Oluşturulması Müsilajın Oluşum Mekanizmalarının Ortaya Çıkarılması/ Müsilajı Tetikleyen Faktörlerin Açığa Çıkarılması	Marmara Denizi'nde araştırma araçları (gemi, tekne, bot vb.) ile yapılan yüksek kalitede saha çalışmalarının (kıyı, deniz nehir ağızı) sayısı ivedilikle artırılmalıdır. Bunun yanında destekleyici olarak Marmara Denizi'nde uzun süreli ve sürekli veri toplayabilecek kıyısal ve derin deniz gözlem sistemleri ve otonom oşinografik ölçüm araçları da kullanılmalıdır.	Marmara Denizi'nde fiziksel, kimyasal ve biyolojik oşinografi çalışmalarının hem sayı hem kalite olarak artırılması, elde edilen verilerin model çalışmalarına girdi olarak verilmesi, model sonuçlarının daha doğru sonuçlar üretmesini sağlayacaktır. Ayrıca denizlerdeki fiziksel ve kimyasal parametrelerin sürekli olarak gözlenmesi, araştırma gemileri ile yapılan saha çalışmaları arasındaki zaman boşluklarının kapatılmasına yardımcı olarak; iklimsel ve insan kaynaklı kısa ve uzun dönemli değişimlerin takip edilmesini sağlayacaktır.	Kısa/Orta

No	Ana Başlık	Öneriler	Kısa Gerekçe	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)
15	Müsilajın Biyoçeşitliliğe Etkilerinin Araştırılması ve Restorasyon Çalışmaları	Boğaziçi alanlarında ve Boğazların giriş ve çıkış noktalarında 3 mil yarım çaplı bölgede aşırı avcılığa yol açan endüstriyel balıkçılık faaliyetleri yasaklanmalıdır.	İstanbul Boğazı biyolojik koridor olarak adlandırdığımız balıkların göç noktasıdır. Bu göç noktalarında yoğun olarak avcılığın yapılması, balık popülasyonlarının azalmasına yol açacaktır. Göç yapan balıklar üremek, beslenmek veya kışlamak adına Boğazlardan göç yaparlar. Derinliği sınırlı ve dar geçit olan Boğazlarda endüstriyel balıkçılığın yapılması bu balıkların gelecek stokları oluşturmaya engel teşkil edecek, buna bağlı olarak Marmara Denizi'ndeki pelajik yaşamdaki denge bozulacak, baskın ve fırsatçı türlerin miktarında artış olacaktır.	Kısa
16	Müsilajın Biyoçeşitliliğe Etkilerinin Araştırılması ve Restorasyon Çalışmaları	Kıyıların doğal yapısını ve kumsalları koruyan mevcut durumdaki kıyı yönetmeliği, biyoçeşitlilik ve çevre unsurları önceliklendirilip dikkate alarak revize edilmelidir.	Yol, meydan ve park alanı yapmak adına kıyısız alanların doldurulması hem biyoçeşitliliğin azalmasına böylelikle antropojenik ve sert substratlar üzerinde tutularak yaşamlarını sürdüren fırsatçı türlerin artmasına, hem de denizin kendini temizleme özelliğini kaybetmesine ve ötrofik yapıya bürünerek zararlı algal türlerin daha yoğun görünmesine neden olmaktadır.	Kısa/Orta
17	Müsilajın Biyoçeşitliliğe Etkilerinin Araştırılması ve Restorasyon Çalışmaları	Marmara Denizi'ndeki hayalet ağların sürekli olarak temizlenmesi sağlanmalıdır.	Hayalet ağlar canlıların barınma ve beslenme gibi davranışlarını olumsuz etkileyerek, göç yollarının bozulmasına, genel anlamda habitatlarının parçalanmasına veya yok olmasına sebep olmaktadır. Denizel habitatların üzerini kaplayıp ışık ve oksijen geçirgenliğini azaltarak deniz çayırları, mercan resifleri gibi habitatların yaşamını tehdit ederken bir yandan da makro/mikroplastik kirliliğine neden olmaktadır. Bu durum denizlerdeki biyoçeşitliliği olumsuz etkilediği gibi geçimini balıkçılıktan sağlayanları da etkilemektedir.	Kısa/Orta

No	Ana Başlık	Öneriler	Kısa Gerekçe	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)
18	Müsilajın Biyoçeşitliliğe Etkilerinin Araştırılması ve Restorasyon Çalışmaları	Yoğun kent dokuları ve sanayi alanlarının denizle komşuluk ettiği alanlarda kıyıda sünger alanları oluşturularak suyun sakince denizel ekosistemler ile buluşturulması sağlanmalıdır.	Yoğun kent dokuları ve endüstriyel alanlar hem yüzey akışı anlamında geçirimli yüzeyleri ile denizlere yüksek miktarda kirli yüzey suyunun akışının olduğu, hem de genelde kıyı çizgisinin en çok değiştirildiği alanlardır. Bu bölgelerdeki gelişimlerin kıyıdan yeterli mesafede tutularak oluşturulacak yeşil alanlarda yapılacak yoğun bitkilendirmeler ile suyun sızarak ve filtrelenerek sakince deniz sistemleri ile buluşturulması sağlanmalıdır. Bu alanların rekreatif amaçlı kullanımı da kent açısından ayrıca faydalıdır.	Orta/Uzun
19	Müsilajın Biyoçeşitliliğe Etkilerinin Araştırılması ve Restorasyon Çalışmaları	Marmara Denizi'nde özel ekosistemler (denizçayırları, mercan alanları gibi önemli habitatlar) belirlenerek koruma altına alınmalıdır.	Marmara Denizi çok farklı özel ekosistemlere sahiptir. Bu alanların belirlenmesi ve uygun koruma statüsüyle korunmaya alınması, Marmara Denizi biyoçeşitliliğinin restorasyonu açısından hayati önem arz etmektedir.	Orta/Uzun
20	Müsilajın Biyoçeşitliliğe Etkilerinin Araştırılması ve Restorasyon Çalışmaları	T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın yönetiminde, aşırı alg artışları (red-tide, zararlı toksik alg artışları vb.), denizanası, müsilaj ve istilacı tür izleme programının oluşturulması (sivil halkın katılımı ile) ve sürdürülebilir kılınması gerekmektedir.	İklim değişikliği ve besin ağındaki değişimlerle birlikte Akdeniz ve Karadeniz'de yoğun istilacı ve/veya yabancı türler görülmektedir. Bu türlerin sayılarındaki artışlar Doğu Akdeniz Havzası'nda ve özellikle antropojenik baskı altında olan Marmara Denizi'nde güncel ve önemli sorunlar oluşturmaktadır. Ayrıca pek çok sebeplere bağlı olarak denizlerimizde görülen aşırı alg artışı (red-tide, zararlı toksik alg artışları vb.), denizanası ve müsilajın oluşumu ekolojik ve ekonomik zararlara yol açmaktadır. Bu çözüm önerisi ile bu olayların takibi yapılarak olası problemlere karşı önlem alınabilme imkanı doğacaktır. Ülkemizin denizel	Orta/Uzun

No	Ana Başlık	Öneriler	Kısa Gerekçe	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)
			canlı kaynaklarının bilinmesine, yabancı türlerin etkilerinin anlaşılmasına fayda sağlayacaktır.	
21	Müsilajın Biyoçeşitliliğe Etkilerinin Araştırılması ve Restorasyon Çalışmaları Müsilajın Oluşum Mekanizmalarının Ortaya Çıkarılması/ Müsilajı Tetikleyen Faktörlerin Açığa Çıkarılması Müsilajın Halk Sağlığına Etkileri	Ülkemiz denizlerindeki biyoçeşitlilik verilerini içeren veri tabanlarının kurulması ve bu veri tabanlarının etkin olarak ileriye dönük çalışmalar için paylaşılması sağlanmalıdır.	Biyoçeşitlilik verilerini içeren yerli veritabanları oluşturulmalı, bu veritabanları rutin izleme çalışmaları ile güncel tutulmalı ve yerli/yabancı paydaşların kullanımına açık olmalıdır.	Orta/Uzun
22	Müsilajın Halk Sağlığına Etkileri	Halk sağlığı açısından sorun oluşturabilecek patojenler ve toksin yapılar; insan, gıda, ekosistem sağlığı başlıklarında değerlendirilmeli ve su ürünleri tüketimi ve gıda güvenliği yönünden incelenmelidir. Müsilajdan etkilenen alanların rekreasyonel amaçlı kullanım olanakları değerlendirilirken, dikkate alınması gereken ana başlıklar; patojenite, toksisite, antibiyotik direnç genleri ile olası polimer yapılarını içerecek şekilde genişletilmelidir.	Müsilaj oluşumunda etkin olan bazı türlerin; stres altında salgıladıkları metabolitler farklılıklar göstermektedir. Bu da doğal ortam bakterileri üzerinde fırsatçı patojen türlerin baskı oluşturmaya neden olmakta, patojen sayısındaki artış ise hastalık ve salgınların oluşması adına tetikleyici olabilmektedir. Bazı toksinlerin varlığı ise, hem sucul alanları kullananlar ve hem de o alandan temin edilen su ürünlerinin tüketimi açısından ölümcül olabilmektedir. Bu nedenle müsilajdan etkilenen alanların rekreasyonel amaçlı kullanımı için dikkate alınacak parametrelere; patojenite, toksisite, antibiyotik direnç genleri ile olası polimer yapılara ait ölçüm sonuçlarını eklenerek genişletilmelidir.	Kısa

No	Ana Başlık	Öneriler	Kısa Gerekçe	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)
23	Müsilajın Sosyoekonomik Etkilerinin Analizi (Balıkçılık)	Musilajdan olumsuz etkilenen küçük ölçekli balıkçılığın desteklenmesi gerekmektedir.	Musilaj sırasında balıkçılık faaliyeti yapamayan küçük ölçekli balıkçılar ekonomik olarak olumsuz etkilenmiştir. Gırgır balıkçıları avcılık sahasını değiştirerek mağduriyetlerini kısmen telafi edebilmişlerdir. Oysa küçük ölçekli balıkçıların ekonomik olarak desteklenmesine ihtiyaç vardır.	Kısa
24	Müsilajın Sosyoekonomik Etkilerinin Analizi (Balıkçılık)	Marmara Denizi'nde belirlenen “koruma alanları” nın ve bu alanlara uygun olarak balıkçılık faaliyetlerinin yeniden düzenlenmesi gerekmektedir. Ayrıca hedef dışı av ve ıskarta av oranlarını en aza indirecek düzenlemelerle ilgili çalışmalar yapılmalıdır.	Marmara Denizi'nde aşırı avcılığa bağlı olarak önemli habitatlar kaybedilmiş, ekonomik değeri yüksek balık stokları büyük kayıplara uğramış ve üreme boyları küçülmüştür. Pelajik ve demersal besin ağında kırılmalar olmuştur. Müsilaj deniz dibine çökerek yalancı bir dip oluşturmuş ve dipte sabit yaşayan organizmalara çok büyük zararlar vermiştir. Bunun yanı sıra Algarna ile yapılan avcılık, zarar görmüş dibin daha da tahrip olmasına neden olmaktadır. Algarna avcılığı, derinsu manyat avcılığı gibi deniz dibine zarar veren avcılık yöntemlerinin önlenmesi ve yerine alternatif avcılık tekniklerinin geliştirilmesi müsilajla mücadeleye ve denizel ekosistemin restorasyonuna katkı sağlayacaktır. Marmara Denizi ekosisteminin sağlığı ve biyoçeşitliliğin sürdürülebilirliği sağlanması açısından bu gereklidir. Sağlıklı deniz ekosistemleri için belli alanların tüm baskılardan uzak tutulması elzemdir. “Koruma alanları”nın ve bu alanlara uygun olarak yürütülecek balıkçılık faaliyetleri balıkların üreme ve beslenme alanları dikkate alınarak yeniden düzenlenmeli; “Ekosistem esaslı balıkçılık” yönetimi ve gereken altyapının oluşturulmasında tüm paydaşların görüşleri alınmalıdır.	Orta/Uzun

No	Ana Başlık	Öneriler	Kısa Gerekçe	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)
25	Müsilajın Sosyoekonomik Etkilerinin Analizi (Deniz Taşımacılığı)	Dünya deniz ticaretinde önemli bir rota üzerinde olan Marmara Denizi'nde, müsilaj nedeniyle etkilenen gemi seyir güvenliğinin sağlanması amacıyla, müsilajın gemi makine sistemlerine olası etkileri konusunda risk hesapları yapılmalıdır. İlaveten gemi balast sularının farklı bölgelerin denizsularını taşıması/aktarmasının, mevcut ekosisteme olumsuz etki oluşturma potansiyeli nedeniyle, tüm bu unsurları içeren risk hesaplarının ivedilikle yapılması gereklidir.	Deniz taşımacılığında, ekosistem sağlığını olumsuz etkileyebilen ve farklı denizsularından Marmara Denizi'ne taşınabilen balast suları ile müsilaj oluşturabilecek mikroorganizmaların taşınma potansiyeli bulunmasından dolayı; hedefe yönelik araştırma projelerinin yapılması ve potansiyel risklerin hesaplanması faydalı olacaktır. Gemilerin seyir esnasında denizden su çekilerek gemi makinelerinin soğutulması ve verimli çalışması sağlandığı için, son zamanlarda Marmara Denizi'nde yaşanan müsilaj nedeniyle filtrelerinin tamamen müsilajla kaplandığı görülmüştür. Bu durum filtrelerin işleyemez durumda olmasına, gemi makine sistemlerinin soğutmasını sağlayamamasına ve makine arızalarına, hatta dümen kilitlemelerine neden olabilmektedir. Müsilajdan etkilenen gemi makine sistemlerinin gemi seyir güvenliğinin sağlanması ve olası gemi kazalarının engellenmesi ile ekonomik problem yaşanmaması amacıyla risk hesaplamalarının yapılması faydalı olacaktır.	Kısa/Orta
26	Müsilajın Sosyoekonomik Etkilerinin Analizi (Deniz Taşımacılığı)	Müsilajın oluşum mekanizmalarını tetikleyici olabileceği öngörülen gemi ve denizcilik faaliyetlerinden kaynaklı kirlilikle mücadelede yönelik araştırma ve mevzuat çalışmaları hızlandırılmalıdır.	Denizcilik faaliyetleri, gemi kaynaklı operasyonel işlemler ve liman faaliyetleri; özellikle Dünya Denizcilik Örgütü (International Maritime Organization) tarafından belirlenmiş olan uluslararası boyutta uyulması gereken regülasyonların yanında, ülkemizde Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Denizcilik Genel Müdürlüğü tarafından belirlenen mevzuat ve diğer ilgili Bakanlıklarca belirlenmiş olan mevzuata uygun şekilde yürütülmektedir. Bunlara ek olarak, müsilajın oluşum	Orta/Uzun

No	Ana Başlık	Öneriler	Kısa Gerekçe	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)
			mekanizmalarında tetikleyici olabileceği öngörülen gemi ve denizcilik faaliyetlerinden kaynaklı kirlilikle ilgili olarak özellikle müsilağa yönelik güncellenmiş araştırma ve mevzuat çalışmalarının hızlandırılması gerekmektedir. Ayrıca çözüm anlamında yenilikçi ve yeşil teknolojilerin projelendirilmesi ve kullanımına imkân sağlanması faydalı olacaktır.	
27	Müsilağın Sosyoekonomik Etkilerinin Analizi (Turizm)	Turizmde yaşanan olumsuz etkileri azaltmak, tesislerin müsilağdan etkilenme düzeylerini belirlemek, geleceğe yönelik tedbirler ve politikalar oluşturmak adına " Turizm Envanteri " çıkarılmalıdır.	Marmara Denizi çevresine ilişkin güncel verileri içeren bir turizm envanterinin olmaması, müsilağ sorunundan etkilenen turizm işletmelerine dair çözüm olanaklarını sınırlandırmaktadır. Turizm konusunda yeni yatırım taleplerinin değerlendirilmesine ilişkin gelişmelerin takibi ve alınması gereken tedbirler açısından risk analizlerinin ve politikaların belirlenmesi gerekmektedir.	Kısa/Orta
28	Müsilağın Sosyoekonomik Etkilerinin Analizi (Turizm)	Deniz turizminde (rekreasyon faaliyetleri, amatör denizcilik, gezi tekneleri, dalış vb.) yaşanabilecek olumsuzlukların etkisini en aza indirmek adına, acil müdahale planları ve stratejileri geliştirilmelidir.	Marmara Denizi kıyısal alanında veya içinde buluna ekonomik öneme sahip ve kültürel miras olan değerlerimiz, müsilağ gibi olası doğal tehditlerden etkilenmektedir. Ekonomik kayıpların yaşandığı bu alanlarda, müsilağın turizm üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılmasını sağlayacak geleceğe yönelik tedbirlerin tanımlanmasında fayda görülmektedir.	Orta/Uzun
29	Toplumsal Farkındalığı Artırıcı Kampanyaların Düzenlenmesi	Okul öncesinden başlamak üzere her yaş grubuna yönelik denizel ekosistemlerin sağlığı ile ilgili farkındalık ve bilinç çalışmaları için okul programları, gerekirse ders planları düzenlenmelidir.	Okul öncesinden başlamak üzere her yaş grubuna yönelik denizel ekosistemlerin sağlığı, müsilağ ve benzer çevre sorunlarının çözümüne ilişkin farkındalık ve bilinç çalışmaları yürütülmeli; bu kazanım için konu ile ilgisi olan kurum/kuruluş ve STKlar ile çevre okuryazarlığına yönelik ortak kampanyalar düzenlenmelidir.	Kısa

No	Ana Başlık	Öneriler	Kısa Gerekçe	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)
30	Toplumsal Farkındalığı Artırıcı Kampanyaların Düzenlenmesi	Marmara Denizi özelinde sürdürülebilir balıkçılık ve denizel biyoçeşitliliğin ekolojik önemini vurgulanması; balık tüketimi ve denizin rekreasyonel amaçla kullanılmasına dair kaygıların giderilmesi amacıyla kamu spotları yapılmalıdır.	Müsilaj sorununun azaltılması, denizin rekreasyonel kullanım olasılıkları, su ürünleri tüketim alışkanlıklarındaki değişimler başlıklarında farkındalık kampanyaları düzenlenmeli; Marmara Denizi çevresinde yaşayan insanların "proaktif" ve "katılımcı" bir yaklaşımla sürece dahil edilmesi sağlanmalı; müsilajla ilgili farkındalık ve bilinç seviyelerine ilişkin hedefler konulmalı ve bu konulan hedeflerin bilimsel yöntemlerle izlenmesi sağlanmalıdır.	Kısa
31	Toplumsal Farkındalığı Artırıcı Kampanyaların Düzenlenmesi	Müsilaj problemi sadece denizel ekosistemin değil insan-hayvan-gıda-çevre unsurlarını da içine alacak şekilde, hem ekosistem sağlığı hem de diğer unsurları içeren "Tek Sağlık" başlığında bütüncül bir bakışla irdelenmeli; bu bakış açısıyla "ulusal ölçekte farkındalık" sağlanmalıdır.	Müsilaj başlığında, "Ulusal Ölçekte Farkındalık" sağlanması adına, bilimsel içerikli aynı zamanda popüler bilim destekli, herkesin anlayabileceği, ulusal boyutta çalışmalar ve programlar düzenlenmelidir. Bütüncül yaklaşımın temel alındığı "Tek Sağlık" başlığında anlaşılabilir içerikli bilinç çalışmaları yürütülmelidir.	Orta/Uzun
32	Müsilajın Mekanik/ Biyoteknolojik Yöntemlerle Bertarafı ve Değerlendirilmesi	Müsilaj yapının oluşumu ve yoğun olarak gözlenmesi halinde Marmara Denizi'ne etkisinin önlenmesi için bu konuda devam eden bilimsel çalışmaların sonuçlarına uygun bertaraf yöntemleri dikkate alınmalıdır. Bu konuda her türlü müdahale için bilim kurulundan görüş alınması gerekmektedir.	Körfezler gibi oksijen azlığının tespit edildiği alanlarda oksijeni artırıcı uygulamalar kısmı yarar getirebilir. Bunun ötesinde ekosisteme doğrudan müdahale bilimsel çalışmalar kapsamında reçete edilerek çok kısıtlı ve ancak bilim kurulu onayı ile olmalıdır. Acil müdahale gerektiren durumlara ülkenin hazır olması gerekçesi ile müsilajın yoğun olarak gözlenmesi halinde biyolojik iyileştirme uygulamalarının Marmara Denizi ekosisteminin hassasiyeti göz önüne alınarak deniz ekosisteminin mikrobiyal durumu konusunda değişiklikleri izleyebilecek ve ihtiyaca göre reçete oluşturacak mikrobiyal ekoloji verilerini	Kısa

No	Ana Başlık	Öneriler	Kısa Gerekçe	Zaman Planlaması (Kısa/Orta/Uzun)
			<p>değerlendirecek uzmanlar eşliğinde yapılması gerektiğinden müsilajın bertarafına yönelik biyoremediasyon uygulamalarının bilimsel kurulun karar vermesinin ardından yapılması önem taşımaktadır.</p> <p>Bu işlemler tanımlanırken sırasıyla; mekanik olarak yapılacak kaba temizlik sonrasında, körfezler, kıyısal alanlar, fabrikaların soğutma sularını aldıkları alanlar, gemi operasyonlarının yapıldığı alanlar ve gemi karinalarının zarar göreceği marina, liman, barınak vb. kritik alanlar başta olmak üzere, düşük çevresel etkisi bilimsel olarak kanıtlanmış yerli/lokal bakteriler dip kafesler, immobilize vb. uygulamalarla bölgesel ihtiyaçlara göre bilimsel olarak reçete edilerek uygulanmalıdır.</p> <p>Bununla birlikte müsilajın bertarafı konusunda bilim kurulu onayı ile müsilaj acil müdahale eylem planı oluşturulması gerekmektedir.</p>	
33	Tüm Başlıklar	Marmara Denizi Ekosistemi sağlığı önceliğindeki proje ve araştırmalara yönelik Ar-Ge ve yenilik desteklerinin sürdürülebilirliği sağlanmalıdır.	Müsilaj ile mücadeleye yönelik atılması gereken adımlara taban oluşturacak bilimsel kanıtlara dayalı veri ve araştırma çıktılarının sürdürülebilirliği elzemdir. Aynı zamanda Marmara Denizi Ekosistemi sağlığı önceliğinde yürütülen çalışma sonuçlarının, farklı merkez/ araştırma birimlerince alınan verilerle analizinin (bağlantılı veri ve zaman serisi analizleri gibi) yapılması sağlanmalıdır.	Orta/Uzun