T.C.
ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI
ÇED, İZİN VE DENETİM GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

DENİZ İZLEME KILAVUZLARI

T.C. ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI

TÜBİTAK MAM

Bu çalışma, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın sahibi olduğu ve TÜBİTAK-MAM koordinasyonunda yürütülen "Deniz İzlemelerinde Standardizasyonun Sağlanması Projesi" kapsamında, Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, Laboratuvar, Ölçüm ve İzleme Dairesi Başkanlığı tarafından yayıma hazırlanmıştır.

Bu çalışmanın her türlü basım ve dağıtım hakkı Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevresel Etki Değerlendirmesi İzin ve Denetim Genel Müdürlüğüne aittir. İzinsiz olarak çoğaltılamaz ve dağıtılamaz.

ANKARA – 2019

Eser Adı	:	Deniz İzleme Kılavuzları
ISBN	:	978-605-5294-84-7
Adres	:	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı – Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü Mustafa Kemal Mah. Eskişehir Devlet Yolu (Dumlupınar Bulvarı) 9.km No: 278 Çankaya/ANKARA
Tel	:	0 312 410 10 00
Faks	:	0 312 419 21 92
Web Sitesi	:	https://ced.csb.gov.tr/
Baskı	:	TÜBİTAK MAM Matbaası Gebze/Kocaeli
Kapak Resmi	:	http://www.sitesalive.com/ol/private/02s/gallery/images/11abbyplace.jpg

T.C. ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI

ÇED İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü
Laboratuvar Ölçüm ve İzleme Dairesi Başkanlığı
Mustafa Kemal Mahallesi Eskişehir Devlet Yolu
(Dumlupınar Bulvarı) 9.km No: 278 Çankaya/ANKARA
www.csb.gov.tr

BÖLÜMLER

BÖLÜM 1 Genel Bilgiler

BÖLÜM 2 Biyolojik Çeşitlilik Deniz Çöpleri Çalışmalarında Trol Yöntemi Kullanım Kılavuzu

BÖLÜM 3 Bentos İzleme Kılavuzu

BÖLÜM 4 Deniz Çöpleri İzleme Kılavuzu

BÖLÜM 5 Deniz Memelileri İzleme Kılavuzu

BÖLÜM 6 Hidrografik Koşullar İzleme Kılavuzu

BÖLÜM 7 İnorganik Kirleticiler İzleme Kılavuzu

BÖLÜM 8 Makroalg ve Deniz Çayırları İzleme Kılavuzu

BÖLÜM 9 Mikrobiyolojik Kirleticiler İzleme Kılavuzu

BÖLÜM 10 Organik Kirleticiler İzleme Kılavuzu

BÖLÜM 11 Ötrofikasyon İzleme Kılavuzu

BÖLÜM 12 Plankton İzleme Kılavuzu

BÖLÜM 13 Su Altı Gürültüsü İzleme Kılavuzu

BÖLÜM 1

İÇİNDEKİLER

TABLO DİZİNİ 2
ŞEKİL DİZİNİ 2
KISALTMALAR 3
1 GİRİŞ 4
1.1 Projenin Amaç, Kapsam ve Hedefleri 4
1.2 Avrupa Birliği Direktifleri 4
1.2.1 Su Çerçeve Direktifi (2000/60/EC) 4
1.2.2 Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi 5
1.3 DENİZ İZLEMELERİ KAPSAMINDA YÜRÜTÜLEN PROJELER 13
1.3.1 DEVOTES Projesi 13
1.3.2 UNEP/MAP ve MEDPOL 14
1.3.3 PERSEUS Projesi 14
1.3.4 Kıyı Suları Kalite Durumlarının Belirlenmesi ve Sınıflandırılması Projesi (DeKoS) 15
KAYNAKLAR 16

TABLO DİZİNİ

Tablo 1 DSÇD – EK I : İÇD Tanımlayıcıları arasındaki ilişki 8
Tablo 2 DSÇD izleme ve değerlendirme göstergeleri ile Denizlerde Bütünleşik İzleme Projesi göstergelerinin karşılaştırması 9

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1 DSÇD'nin Uygulama Basamakları ve Zaman Takvimi 7

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
AEP	: Akdeniz Eylem Planı
DEKOS	: Deniz ve Kıyı Sularının Kalite Durumlarının Belirlenmesi ve Sınıflandırılması Projesi
DSÇD	: Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi
İÇD	: İyi Çevresel Durum
MEDPOL	:The Marine Pollution Assessment and Control Component of MAP
MARBEF	: Denizel Biyoçeşitlilik ve Ekosistem İşleyişi
MAP	: Akdeniz Eylem Planı
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı/Akdeniz Eylem Planı
UEP	: Ulusal Eylem Planı
SÇD	: Su Çerçeve Direktifi

GİRİŞ

1.1 Projenin Amaç, Kapsam ve Hedefleri

Bu proje ile; Karadeniz, Marmara Denizi ve Boğazlar, Akdeniz ve Ege Denizi olmak üzere tüm denizlerimizde; kirlilik durum değerlendirmelerinin yapılması ve deniz, kıyı ve geçiş suları kalite durumlarının belirlenebilmesi için izlemelerde standardizasyonun sağlanması ve izleme stratejilerinin uygulanması amaçlanmıştır.

Bu proje ile mevzuata altlık oluşturacak Deniz İzleme Strateji Belgesi hazırlanması ve deniz izlemeler ve değerlendirme çalışmalarında kullanılmak üzere örnekleme yöntemlerinde, analiz metotlarında ve raporlamalarda standardizasyonu sağlanması amacıyla kılavuzların hazırlanması hedeflenmiştir.

Hazırlanan kılavuzlar su ile ilgili yönetmeliklerimiz, Avrupa Birliği Direktifleri ve Avrupa ülkelerinin oluşturduğu komisyonlarca yapılan deniz izleme ve değerlendirme çalışmalarını nasıl yaptıkları ve izleme matrisleri değerlendirilerek hazırlanmıştır. Proje kapsamında hazırlanan 12 adet kılavuz, Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (DSÇD) ile uyumlu ilk kılavuzlardır.

1.2 Avrupa Birliği Direktifleri

1.2.1 Su Çerçeve Direktifi (2000/60/EC)

23 Ekim 2000 tarihinde “Su Çerçeve Direktifi”nin kabulü ile AB düzeyinde mevcut olan bütün su koruma düzenlemelerini tek bir çatı altında birleştirilerek bütüncül bir yaklaşım benimsenmiştir. Su Çerçeve Direktifi, AB toprakları üzerindeki yüzey sularının, kıyı sularının ve yer altı sularının kirlenmesinin önlenmesi amacını taşımaktadır.

AB'nin su politikalarının değişimi uzun zamandır devam etmektedir. Literatürde üç büyük dalga halinde incelenen AB Su Politikalarının gelişimi 2000 yılında benimsenen "Su Çerçeve Direktifi" (2000/60/EC) ile farklı bir boyut kazanmıştır. AB’nin su politikasının "anayasası" olarak kabul edilen Direktif, önemli yenilikler içermesinin yanında şimdiye kadar olan su politikalarının çerçevesini belirlemesi açısından da önem taşımaktadır.

SÇD; iç suları, yüzeysel ve yeraltı suları, geçiş suları ve kıyı sularına yönelik bir yönetim sistemi getirmektedir. SÇD, yüzeysel ve yeraltı sularının 2015’e kadar “iyi duruma” getirilmesi amacıyla, üye devletleri, nehir havzalarına ve su kullanımına ilişkin analizler yapmaya, insani faaliyetlerinin su kaynaklarına etkisini incelemeye ve her nehir havzası için bir yönetim planı ve önlemler geliştirmeye zorlamaktadır.

AB’nin çevre politikası; kirliliği kaynağında önlemek, azaltmak ve ortadan kaldırmak; doğanın ve doğal kaynakların ekolojik dengeye zarar verecek şekilde işletilmesini engellemek ve rasyonel bir şekilde yönetilmesini sağlamak; “kirleten öder” ilkesini en etkin şekilde uygulamak; çevresel yükümlülükleri tüm politikalara entegre etmek ve sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmek şeklinde özetlenebilecek öncelikleri kapsamaktadır.

AB, SÇD ile havza temelli yönetim yaklaşımını benimsediğini ilan etmiştir. Direktif, tüm AB sınırları içerisindeki su kaynaklarının sadece miktar olarak değil, kalite olarak da korunmasını ve kontrol edilmesini hedeflemektedir. Sonuç olarak Avrupa sularının, ortak bir standarda göre korunması için kapsamlı bir politika ortaya konmuştur. SÇD ile su yönetiminde sektörel uyum ve ortak yönetim sağlanarak Avrupa'daki suların ekolojik ve kimyasal açıdan "iyi" duruma ulaşması ve 2026 yılına kadar tehlikeli kirleticilerden kaynaklanan kirliliğin azaltılması ve önlenmesi amaçlanmaktadır.

SÇD, su yönetimi eylem planlarında, yerel otoritelerin tümünün katılımının sağlanmasını esas alarak, sınır aşan sular için de komşu ülkelerle işbirliği yapılması zorunluluğunu getirmiştir. Ayrıca su kaynaklarının korunması amacıyla makul bir fiyatlandırma yapılarak kirletenin, kirliliğin bedelini ödemesi uygulaması getirilmiştir. Tüm bu çalışmalar üye ülkeler arasında işbirliğini gerektirmektedir.

1.2.2 Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi

Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (DSÇD), (Marine Strategy Framework Directive: 2008/56/EC) Avrupa Komisyonu'nun kıyı ve deniz sularının "İyi Çevresel Durum" (İÇD) hedeflerine göre ve "Ekosistem Yaklaşımlı Yönetim" (EYY) anlayışı ile sürdürülebilir kullanımını ve yönetimini düzenlemek amacı ile yayınlanmış bir çerçeve direktiftir.

DSÇD'nin temel anlayışı deniz ve kıyı sularda devam eden insan aktivitelerinin ekosistem tabanlı yönetim prensipleri ile düzenlenmesi ve hedeflenen İÇD'lerin alınacak önlemler ile karşılanmasıdır. Ekosistem tabanlı yönetim, sadece bir durum, tür veya bir ekosistem servisini dikkate almak yerine ekosistem içindeki tüm bileşenleri –insan ve aktiviteleri de dahil olmak üzere- birleri ile olan ilişkileri ile ele alan bir yönetim şeklidir (Wikipedia). Daha kapsamlı bir diğer tanım ise Convention on Biological Diversity (CBD, 2000) 'de yer almaktadır. Buna göre; bu yaklaşım, kara, su ve canlı kaynakların bütünleşik yönetimi olup "koruma" ve "sürdürülebilir kullanım" eşdeğer önemde algılanır ve bu yönetim biçimi ile kalkınma hedeflenir. Bu strateji, canlı topluluklar ile çevresini etkileşim halinde olan kompleks bir sistem olarak anlar ve insan bu sistemin önemli bir parçasıdır.

Bu yaklaşımın ilk uygulandığı ekosistemler karasal ekosistemler olup ABD'de de özellikle tehlike altındaki türlerin korunması, arazi kullanımı, su, beslenme gibi temel konuların idaresi arasında oluşan çelişkilerin çözümü için 1980 ve 1990'larda ortaya atılmıştır

EYY'nin denizlerdeki uygulamaları daha yakın tarihlerde ele alınmaya başlanmış olup bu ihtiyaç ve çalışmalar özellikle küresel ölçekte balık stoklarındaki azalma ve ekosistem durumundaki artan bozulmalar sebebi ile gündeme gelmiştir. Millennium Ekosistem Değerlendirme Sentez Raporu (MEA, 2005) bu konudaki istatistiklere yer vermiştir. Aynı raporda küresel, bölgesel ve yerel ölçeklerde insanın ve yaşadığı çevresinin kalitesi ile ekosistem servislerinin sürekliliği ve bu koşulların değişimine neden olan dolaylı ve dolaysız etkenlerle ilişkilendirilmiştir (Şekil 1). İnsan hem değişime neden olan etkenlerin bazılarının oluşmasına sebep olurken hem de ekosistem servislerinin (tedarik, düzenleyici, destek servisleri) kullanıcısı durumundadır. Bu temel prensip lokal ölçekten küresel ölçeğe kadar dikkate alınması gereken bir prensiptir ve EYY'nin ana fikridir. Son yüzyılda ve günümüzde ekosistem değişimlerine neden olan etkenlerin farklı ekosistemler üzerindeki etki şiddetini göstermektedir. Geçtiğimiz yüzyılda habitat ve iklim değişiminin denizler üzerindeki olumsuz etkisi orta ve az seviyede iken günümüzde bu faktörlerin etkisi hızla artmış ve artmaktadır.

Aynı sonuç kirlilik için de gözükmektedir. Aşırı kaynak kullanımı geçtiğimiz yüzyılda olduğu gibi bugün de denizler üzerindeki en yoğun baskıyı oluşturmaktadır. Kıyı bölgeler ve denizler ise geçtiğimiz yüzyıldan bu yana devam eden baskıların yoğun etkisi altındadır. Bu bağlamda, kıyı habitatları ve kaynakları yoğun baskı altında kalmıştır. İstilacı türlerin etkileri ise kıyı sularda yüksek seviyede kaydedilmiş ve bu etki artan şiddet ile sürmektedir.

DSÇD İyi Çevresel Durum ve Tanımlayıcıları

Direktifte tanımlanan (Madde 3(5)) "İyi Çevresel Durum" (Good Environmental Status), deniz sularının, ekolojik olarak çeşitli, dinamik ve kullanım durumları ile birlikte sağlıklı, temiz ve üretken ve süregelen ve gelecekteki ihtiyaçları karşılayacak şekilde sürdürülebilir kullanımlarının garanti edilebildiği çevresel durumu temsil eder.

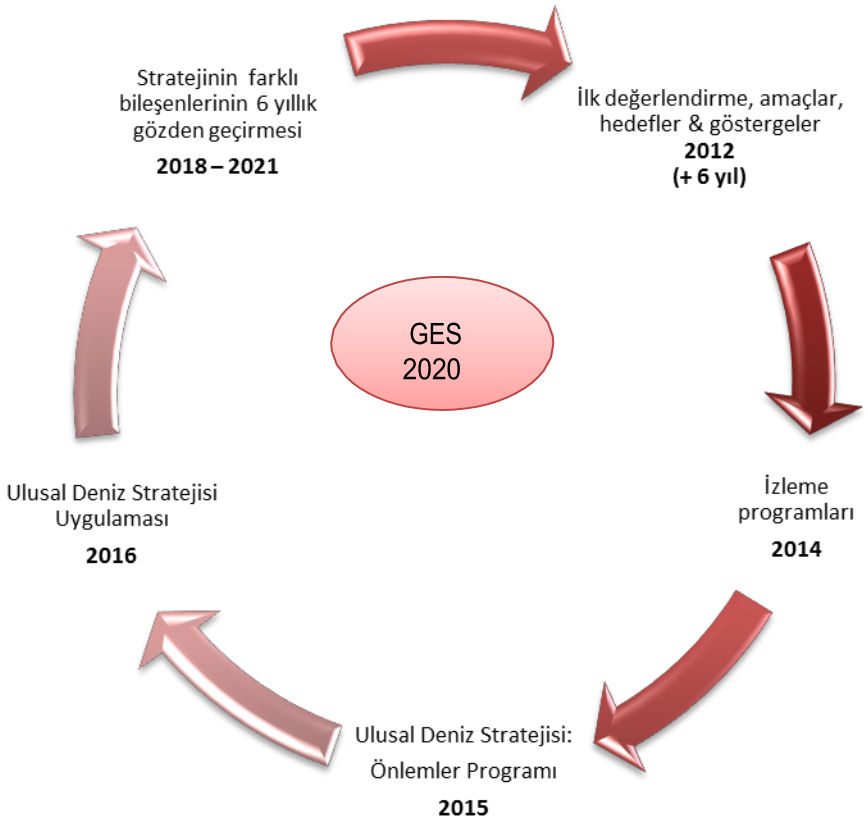
DSÇD Hedef ve Uygulama Basamakları

DSÇD 'nin temel hedefi 2020 yılına kadar denizlerde İÇD'nin sağlanmasıdır. Yukarıda da belirtilen tanımlayıcı/esaslar ve göstergelerin İÇD'nin tanımlanmasında ve hedeflerinin belirlenmesinde kullanılması beklenmektedir. 2020 yılı hedeflerinin sağlanmasında ve sonrasında intibak edici ve tekrarlanan bir yönetim anlayışı da benimsenmiştir.

Buna göre süreç ve basamaklar şu şekilde özetlenebilir:

1. Başlangıç değerlendirmeleri: Direktifte belirlenen bölge ve alt-bölgelerde (Madde 4) mevcut durum analizi Direktif Ek-III Tablo 1 ve 2'de belirtilen durum, baskı ve etki parametreleri kullanılarak yapılacaktır. Ayrıca, sosyal ve ekonomik analizlerin ilk değerlendirmelere eklenmesi istenmektedir.
2. İÇD'nin tanımlanması
3. Çevresel hedeflerin ve ilişkili indikatörlerin saptanması
4. İzleme Programı (devam eden değerlendirme ve hedeflerin düzenli güncelleştirilmesi için)
5. Önlemler Programı ve Uygulaması (İÇD'nin sağlanması veya sürdürülebilmesi için): Ulusal Deniz Stratejileri
6. Farklı basamakların gözden geçirilmesi
7. 6 yıllık aradan sonra ikinci değerlendirme ve tekrarlanan yönetim döngüsü

Şekil 1'de direktif işe tanımlı süreç şematik olarak özetlenmektedir.



Şekil 1 DSÇD'nin Uygulama Basamakları ve Zaman Takvimi
(DEKOS,2014)

DSÇD İyi Çevresel Durum (İÇD) Tanımlayıcıları Arasındaki İlişkiler

Her bir İÇD Tanımlayıcısı ve niceliksel göstergeleri arasındaki ilişkiler daha önce belirtilen Task Group Raporları içerisinde irdelenmiştir. Ancak özetle bazı İÇD tanımlayıcılarını genel olarak "durum" değerlendirmesine yönelik (D1, D3, D4, D6 gibi) bazılarının ise daha çok "baskı"ların değerlendirmesine yönelik olarak gruplanması (D2, D5, D7, D8, D9, D10, D11) mümkündür. Bunların bazılarını ise "etki" değerlendirmesine almak olasıdır. Bu konular her bir tanımlayıcı için detaylı değerlendirme yapılırken sorgulanacak ve diğer İÇD tanımlayıcıları ile ilişkileri değerlendirilecektir.

Ancak, Task Group1: Biodiversity raporunda yer alan bir değerlendirme konuya örnek olarak verilebilir (Tablo 1).

Tablo 1 DSÇD – EK I : İÇD Tanımlayıcıları arasındaki ilişki

	"Baskı" Tanımlayıcıları	D2. Yabancı türler	D5. Ötrofikasyon	D7. Hidrografik değişimler	D8. Kirleticiler	D9. Deniz ürünlerindeki kirleticiler	D10. Deniz çöpü	D11. Gürültü ve enerji
Ekosistem bileşenleri ve fonksiyonları	**"Durum" Tanımlayıcıları**							
Denizel prosesler (pH, T, S, su hareketleri, bulanıklık)								
Su ve sediman kimyasal kalitesi (besin elementleri, ÇO, kimyasallar, radyoaktivite)								
Pelajik/haraketli türler (plankton, balık, memeliler, sürüngenler, kuşlar)	D1.Biyoçeşitlilik D3.Ticari balık ve kabuklular D4.Besin ağı							
Deniz cazibe alanları (haliçler, deltalar)	D6. Deniz tabanı bütünlüğü							
Deniz tabanı habitat, topluluk ve türleri	D1.Biyoçeşitlilik D3.Ticari balık ve kabuklular D4. Besin ağı D6. Deniz tabanı bütünlüğü							
Ekosistem fonksiyonları (kıyısal savunma, besin maddelerinin döngüleri)								

Tablo 2 DSÇD izleme ve değerlendirme göstergeleri ile Denizlerde Bütünleşik İzleme Projesi göstergelerinin karşılaştırması
(DBİ, 2014 final raporu)

Ref. No	PARAMETRE (DSÇD İÇD göstergeleri, EU JRC, 2012)	DSÇD İÇD Tanımlayıcısı	Açıklama (İzlenebilme durumu, 2016 planlama)
1	Çiçekli bitki biyokütlesi ve yıllık/mevsimsel çeşitliliği (1.2.1, 1.6.1, 1.6.2, 1.7.1, 4.3.1, 5.3.1, 6.1.2)	T1: Biyoçeşitlilik T4: Besin ağı T5: Ötrofikasyon T6: Deniz Tabanı	İzlenmesi zor. 2016 için planlanmıyor.
2	Çiçekli bitki türlerinin kompozisyonu ve yıllık/mevsimsel çeşitliliği (1.6.2, 1.7.1, 2.1.1, 2.2.1, 4.3.1, 5.2.4, 6.2.1, 6.2.2)	T1: Biyoçeşitlilik T2: Yabancı Türler T4: Besin ağı T5: Ötrofikasyon T6: Deniz Tabanı	İzleniyor. Ancak mevsimsel değil. 2016 sonrası için mevsimsel (en az 2 mevsim) önerilir.
3	Balık bolluğu (1.2.1, 1.7.1, 2.1.1, 2.2.1, 3.1.1, 3.1.2, 3.2.1, 3.2.2, 3.3.1, 3.3.2, 3.3.3, 4.1.1, 4.2.1, 4.3.1)	T1: Biyoçeşitlilik T2: Yabancı Türler T3: Ticari deniz ürünleri T4: Besin ağı	Uzman ve olanak var. Düzenli çalışmalar mevcut değil. 2016 için planlanıyor.
4	Balık yaşı/boyutları (1.3.1, 1.6.1, 3.1.1, 3.1.2, 3.2.1, 3.3.1, 3.3.2, 3.3.3, 3.3.4, 4.1.1, 4.2.1)	T1: Biyoçeşitlilik T2: Yabancı Türler T3: Ticari deniz ürünleri T4: Besin ağı	"
5	Balık dağılımı (1.1.1, 2.1.1, 2.2.1)	T1: Biyoçeşitlilik T2: Yabancı Türler	"
6	Yerli tür bolluğunun genetik olarak farklı formları (1.3.2, 2.2.1, 4.3.1)	T1: Biyoçeşitlilik T2: Yabancı Türler T4: Besin ağı	Yeni : araştırma gerektiriyor İzlemeler için henüz planlanmıyor
7	Var olan yerli türlerin genetik olarak farklı formları (1.3.2)	T1: Biyoçeşitlilik	"
8	Genetik olarak farklı yerli türlerin mekansal dağılımı (1.1.1, 1.1.2, 2.2.1)	T1: Biyoçeşitlilik T2: Yabancı Türler	"
9	Habitat özellikleri (önceden baskın olan, özel, koruma altında ve yok olma tehlikesiyle karşı karşıya olanlar) (1.4.1, 1.4.2, 1.5.1, 1.5.2, 1.7.1, 6.1.1)	T1: Biyoçeşitlilik T6: Deniz Tabanı	Bilgi mevcut ancak düzenli izleme yok. 2016 sonrası için ileri yöntemlerle yaygınlaştırılması düşünülmeli
10	Mikrobiyel patojenlerin katılımı		Çalışılabilir ve uzmanlarca öneriliyor. Belediye ve Sağlık Bakanlığı birimleri çalışıyor. 2016 sonrasına eklenebilir ancak başka kurumlar ile çakışmalar önlenmeli.
11	Yabancı türlerin katılımı (2.1.1 ; 2.2.1)	T2: Yabancı Türler	Veri ve bilgi mevcut. İzleme programında kısmen çalışılıyor. Ancak düzenli izleme metodolojisi mevcut değil.
12	Omurgasız dip faunası biyokütlesi ve yıllık/mevsimsel çeşitliliği (1.2.1, 1.6.1, 1.6.2, 1.7.1, 2.1.1, 4.3.1, 6.1.2)	T1: Biyoçeşitlilik T2: Yabancı Türler T4: Besin ağı T6: Deniz Tabanı	Çalışılabilir ancak güç. 2015 yılında uzman görüşlerine başvurulacak.
13	Omurgasız dip faunası kompozisyonu ve yıllık/mevsimsel çeşitliliği (1.6.2, 1.7.1, 2.1.1, 2.2.1, 4.3.1, 6.1.1, 6.2.1, 6.2.2)	T1: Biyoçeşitlilik T2: Yabancı Türler T4: Besin ağı T6: Deniz Tabanı	İzleniyor. Ancak mevsimsel değil. 2016 sonrası için mevsimsel (en az 2 mevsim) önerilir
14	Makroalg biyokütlesi (1.2.1, 1.6.1, 1.6.2, 1.7.1, 2.1.1, 2.2.1, 4.3.1, 5.2.3, 5.3.1, 6.1.2)		İzlenebilir ancak güç.
15	Makroalg tür kompozisyonu (1.6.2, 1.7.1, 2.1.1, 2.2.1, 5.2.4, 6.2.1, 6.2.2)	T1: Biyoçeşitlilik T2: Yabancı Türler T5: Ötrofikasyon	İzleniyor ancak zamansal ve mekansal olarak aralıklı veri mevcut. 2015 yılında mekânsal dağılım gözden geçirilecek, 2016 sonrası için

Ref. No	PARAMETRE (DSÇD İÇD göstergeleri, EU JRC, 2012)	DSÇD İÇD Tanımlayıcısı	Açıklama (İzlenebilme durumu, 2016 planlama)
		T6: Deniz Tabanı	yılda 2 kez önerilebilir.
16	Deniz memelilerinin bugünkü aralığı (1.1.1)	T1: Biyoçeşitlilik	Akdeniz Foku, yunus ve balinalar düzenli olmasa da gözleniyor/izleniyor. 2016 sonrası için düzenli olarak planlanabilir.
17	Deniz memelilerinin doğal aralığı (1.1.1)	T1: Biyoçeşitlilik	"
18	Deniz memelilerinin popülasyon dinamiği (1.3.1, 4.1.1, 4.3.1)	T1: Biyoçeşitlilik T4: Besin ağı	"
19	Deniz memelilerinin durumu(1.2.1, 1.3.1, 1.6.1)	T1: Biyoçeşitlilik	"
20	Yerli olmayan veya egzotik türlerin bolluğu (2.1.1, 2.2.1)	T2: Yabancı Türler	İzlenen biyolojik göstergelerin içerisinde var ancak izleme bölgeleri bu amaca yönelik kurgulanmış değil. Metodolojinin gözden geçirilmesi gerekiyor. 2015-2016 sürecinde belirlenecek.
21	Yerli olmayan veya egzotik türlerin varlığı (2.1.1, 2.2.1)	T2: Yabancı Türler	"
22	Yerli olmayan veya egzotik türlerin mekansal dağılımı(2.1.1, 2.2.1)	T2: Yabancı Türler	"
23	Koruma altındaki diğer türlerin gerçek kapsamı (1.1.1)	T1: Biyoçeşitlilik	Bölgelere göre kısmen biliniyor ancak düzenli çalışma gerekli
24	Koruma altındaki diğer türlerin doğal kapsamı (1.1.1)	T1: Biyoçeşitlilik	"
25	Koruma altındaki diğer türlerin popülasyon dinamiği (1.3.1)	T1: Biyoçeşitlilik	"
26	Koruma altındaki diğer türlerin durumu (1.2.1, 1.3.1, 1.6.1)	T1: Biyoçeşitlilik	"
27	Fitoplankton tür kompozisyonu ve coğrafik ve mevsimsel çeşitliliği (1.7.1, 2.1.1, 2.2.1, 5.2.4)	T1: Biyoçeşitlilik T2: Yabancı Türler T5: Ötrofikasyon	İzleniyor (yılda 2 kez) ancak mekan ve zaman ölçeğinde çalışmalar tamamen yeterli değil. 2016'dan sonra sıklık arttırılabilir.
28	Reptillerin gerçek kapsamı (1.1.1) (kaplumbağalar) (*Carettacaretta* ve *Cheloniamydas*)	T1: Biyoçeşitlilik	*Carettacaretta* ve *Cheloniamydas*ile ilgili çalışmalar mevcut, düzenli izleme ve metodolojisi konusunda bilgi yok. 2015-2016 sürecinde belirlenecek.
29	Reptillerin doğal kapsamı (1.1.1)	T1: Biyoçeşitlilik	"
30	Reptillerinpopülasyon dinamiği (1.3.1, 4.3.1)	T1: Biyoçeşitlilik	"
31	Reptillerin durumu (1.2.1, 1.3.1, 1.6.1)	T1: Biyoçeşitlilik	"
32	Su kuşlarının gerçek kapsamı (1.1.1)	T1: Biyoçeşitlilik	Kıyılarımızda belirlenmiş olan 47 adet önemli kuş alanında kışlayan, üreyen veya göç amaçlı kullanan kuş türleri, IUCN kriterlerine göre tehlike kriterleri ve dağılımları ve bollukları üzerine veriler bulunmaktadır. Ancak düzenli izlenme durumu hakkında bilgi mevcut değil.
33	Su kuşlarının doğal kapsamı (1.1.1)	T1: Biyoçeşitlilik	"
34	Su kuşlarının popülasyon dinamiği (1.3.1, 4.1.1, 4.3.1)	T1: Biyoçeşitlilik	"
35	Su kuşları türlerinin durumu (1.2.1, 1.3.1, 1.6.1)	T1: Biyoçeşitlilik	"

Ref. No	PARAMETRE (DSÇD İÇD göstergeleri, EU JRC, 2012)	DSÇD İÇD Tanımlayıcısı	Açıklama (İzlenebilme durumu, 2016 planlama)
36	Türlerin seçici ayrımı (3.1.1) Balıkçılığa bağlı ölüm	T3: Ticari deniz ürünleri	Popülasyon çalışanlar balıkçılığa bağlı ölümü hesaplamaktalar.
37	Yabancı türlerin yer değiştirmesi (2.1.1, 2.2.1)	T2: Yabancı Türler	Tüm biyolojik elementlerde izlenebilir ancak yöntem bilinmiyor. 2015-2016 sürecinde belirlenebilir.
“38	Zooplankton tür kompozisyonu ve coğrafik ve mevsimsel çeşitliliği (1.6.2, 1.7.1, 2.1.1, 2.2.1)	T1: Biyoçeşitlilik T2: Yabancı Türler	2016‘da izlenecek. 2011’de izlenmişti.
39	Asidifikasyon (1.6.3)	T1: Biyoçeşitlilik	pH ölçümleri izleme programına dahil ancak biyoçeşitliliğe yönelik nasıl izleneceğine dair metodoloji belirli değil.
40	Aşınma (1.6.3, 6.1.1, 6.1.2)	T1: Biyoçeşitlilik T6: Deniz Tabanı	Çalışılmıyor, yöntem bilinmiyor.
41	Kontaminantların biyolojik etkileri (1.6.3, 8.2.1, 8.2.2)	T1: Biyoçeşitlilik T8: Kirleticilerin seviye ve etkileri	Etkiler moleküler ve ekosistem düzeyinde çalışılıyor. Ancak izleme çalışmalarına dahil değil. Öncelikle göstergelere karar verilmesi gerekiyor. MAP/MED POL EcAp projesi çerçevesinde belirlenecek olan göstergeler programa dahil edilebilir.
42	Kontaminantların konsantrasyonu (1.6.3, 8.1.1, 9.1.1, 9.1.2)	T1: Biyoçeşitlilik T8: Kirleticilerin seviye ve etkileri T9: Deniz ürünlerinde kirleticiler	İzlemeler kapsamına dahil. Sediman ve biyotada çalışılıyor. Ancak kimyasal listesi sınırlanmış değil.
43	Akıntılar (1.6.3, 7.2.2)	T1: Biyoçeşitlilik T7: Hidrografik özellikler	Çalışılabiliyor, ancak mekan ve zaman ölçeğinde çalışmalar yeterli değil. 2015-2016 sürecinde körfez ve koylarda düzenli çalışmalar planlanabilir. 2016 sonrasında şamandıra sistemlerine geçiş yapılabilir.
44	Derinlik (1.6.3, 7.2.2)	T1: Biyoçeşitlilik T7: Hidrografik özellikler	İzleme çalışmalarına dahil.
45	Ekstraksiyon (6.1.2)	T6: Deniz Tabanı	Çalışma yok, yöntem bilinmiyor.
46	Buz örtüsü		Bizim denizlerimizi ilgilendirmiyor
47	Deniz çöpü (10.1.1, 10.1.2, 10.1.3, 10.2.1)	T10: Deniz çöpleri	Mikroplastikler pilot ölçekte izleniyor. 2015-2016’da metodolojiye yönelik çalışmalar devam edecek. 2016 yılında yapılacak balıkçılık (trol) çalışmaları sırasında da büyük çöpler çalışılacak. Ayrıca su yüzeyi ve kolonunda örneklemeye yönelik metot araştırma ve denemeleri 2015-2016 da gerçekleştirilecek.
48	Karışım özellikleri (1.6.3)	T1: Biyoçeşitlilik	Çalışılabilir ancak metot belirsizliği var
49	Besin tuzu konsantrasyonları (1.6.3, 5.1.1, 5.1.2)	T1: Biyoçeşitlilik T5: Ötrofikasyon	İzlemeler kapsamında yer alıyor. Su kolonu boyunca.
50	Oksijen (1.6.3, 5.3.2)	T1: Biyoçeşitlilik T5: Ötrofikasyon	“
51	Kalış süresi (1.6.3)		Çalışılabilir ancak metot belirsizliği var
52	Tuzluluk (1.6.3)	T1: Biyoçeşitlilik	İzlemeler kapsamında yer alıyor. Su kolonu boyunca
53	Deniz yatağı batimetrisi (1.6.3)	T1: Biyoçeşitlilik	Çalışılıyor, ancak düzenli izlenmiyor.
54	Deniz yatağı yapısı (6.1.1, 6.1.2, 7.1.1, 7.2.1, 7.2.2)	T6: Deniz Tabanı T7: Hidrografik özellikler	Çalışılıyor, ancak mekansal bilgi detaylı olarak mevcut değil
55	Deniz yatağı yapılanlarının kompozisyonu(6.1.1, 6.1.2, 7.1.1, 7.2.1, 7.2.2)	T6: Deniz Tabanı T7: Hidrografik özellikler	“

Ref. No	PARAMETRE (DSÇD İÇD göstergeleri, EU JRC, 2012)	DSÇD İÇD Tanımlayıcısı	Açıklama (İzlenebilme durumu, 2016 planlama)
56	Deniz yatağı topografisi (6.1.1, 6.1.2, 7.1.1, 7.2.1, 7.2.2)	T6: Deniz Tabanı T7: Hidrografik özellikler	Çalışılabilir ancak metot belirsizliği var
57	Kapatma / Şekil değiştirme (6.1.2, 7.1.1, 7.2.1)	T6: Deniz Tabanı T7: Hidrografik özellikler	"
58	Siltasyon (1.6.3)	T1: Biyoçeşitlilik	"
59	Düzleştirme (6.1.2, 7.1.1, 7.1.2)	T6: Deniz Tabanı T7: Hidrografik özellikler	"
60	Sıcaklık (1.6.3)	T1: Biyoçeşitlilik	İzlemeler kapsamında yer alıyor.
61	Bulanıklılık (1.6.3, 5.2.2)	T1: Biyoçeşitlilik T5: Ötrofikasyon	"
62	Su altı gürültüsü (11.1.1, 11.2.1)	T11: Su altı gürültüsü	Henüz izleme yok.
63	Upwelling (1.6.3)	T1: Biyoçeşitlilik	Çalışılabilir ancak metot belirsizliği var
64	Dalgaya maruz kalma (1.6.3)	T1: Biyoçeşitlilik	"
65	Besin tuzu ve organik madde girdileri (nokta ve yayılı kaynakların tümü, atmosferik, tarım, aqua kültür ve nehirler dahil)		İzleme programına dahil değil, farklı kurumlar tarafından çalışılıyor. Henüz denize girdilerin takibine yönelik entegre bir izleme sistemi mevcut değil
66	Sentetik kirleticilerin girişi (SÇD kapsamında belirlenen özel kirleticiler. Pestisitler, antifouling maddeler, ilaç ve kozmetik bileşikler gibi. Yayılı kaynaklardan, gemilerden, atmosfer yolu ile ortama girişler)		"
67	Sentetik olmayan kirleticilerin girişi (Metaller, hidrokarbonlar gibi. Gemilerden, petrol, gaz ve mineral aramalarından, atmosfer ve nehirler aracılığı ile)		"
68	Radyoaktif maddelerin girişi(ortamdaki seviyeleri)		Pilot ölçekte sediman ve suda izleniyor. 2015 yılında TAEK ve ÇŞB arasında bir protokol ile kapsam genişletmesine gidilmesi planlanıyor.

1.3 DENİZ İZLEMELERİ KAPSAMINDA YÜRÜTÜLEN PROJELER

1.3.1 DEVOTES Projesi

Bütün türlerin ortamdaki varlığı biyoçeşitliliği desteklemektedir. Fakat bu türler içinde etkiler ve ilişkiler açısından önemli bazı türler bulunmaktadır. Onların varlığı veya yokluğu tümüyle komünitenin biyoçeşitliliğinde önemli etkiye sahiptir. Biyoçeşitliliğin değerlendirilmesinde ve özellikle Deniz Strateji Çerçeve Direktifinde (DSÇD) bu türler üzerine yoğunlaşmak ve İyi Çevresel Durum indikatörü olarak bu türleri izlemek bir anlam ifade etmektedir.

Denizel Biyoçeşitlilik ve Ekosistem İşleyişi (MARBEF) kapsamında, "Keystone" olarak isimlendirilen türler, ekosistemdeki diğer türleri etkiler, komünitedeki diğer bazı türlerin bolluğunun ve tipinin belirlenmesine yardımcı olurlar. Benzer bir şekilde, keystone türler, biyokütle ve üretim açısından ekosistemin küçük bir bölümünü oluştursalar da, ekosistemden ayrılmaları durumunda ortamda dramatik değişimlere neden olurlar. Keystone türlerin bolluğundaki yükselme ve düşmeler onun avında, avın besininde ve sonuç olarak tüm besin zincirinde kademeli olarak etkilere neden olabilir.

DEVOTES'in amacı, özellikle Avrupa denizlerinde farklı habitatlar için ekosistem düzeyinde ve komünitede biyoçeşitlilik için önemli olan proseslerin veya potansiyel keystone

türlerin gözden geçirilmesi ve listelenmesidir. Bu katalog, literatürün incelenmesi, modelleme ve uzman görüşlerine dayandırılmıştır. Keystone türler sınıflandırılmış ve onların işlevsel metrik/indikatör olası kullanımı araştırılmıştır. DEVOTES kapsamında keystone türlerin belirlenmesi MARBEF kapsamındaki tanımlara dayandırılmaktadır.

1.3.2 UNEP/MAP ve MEDPOL

Akdeniz'de deniz kirliliğinin değerlendirilmesi ve kontrolünde "MED POL" programı, Akdeniz Eylem Planının (MAP) ilk uygulanan programıdır. 1975 yılında oluşturulan MEDPOL programı, Akdeniz ülkeleri Barselona Sözleşmesi'ne ait üç ana protokolün uygulamasında yardımcı olmayı amaçlamaktadır. Akdeniz Eylem Planı (MAP), UNEP'in çatısı altında bölgesel olarak kabul edilen ilk deniz programı planıdır. 1975 yılında kabul edilen MAP Akdeniz'in yanı sıra Avrupa Birliği'ne de sınır 21 ülkeyi kapsamaktadır. MED POL Programı (deniz kirliliği değerlendirilmesi) "LBS (Kara Kökenli Kirleticiler) Protokolü", "Kara Kökenli Kaynaklar ve Faaliyetlerinden Akdeniz'in Kirliliğe Karşı Korunması Protokolü", "Damping" ve "Tehlikeli Atıklar Protokolleri" nin uygulanmasına, ilişkin izlemeden sorumludur. MED POL, kirliliği kontrol önlemleri ve kara kökenli kaynaklardan gelen kirliliğin giderilmesi amacıyla eylem planlarının hazırlanması da dahil olmak üzere kirlilik izleme programlarının oluşturulmasında ve uygulanmasında Akdeniz ülkelerine yardımcı olmaktadır.

1.3.3 PERSEUS Projesi

PERSEUS, Avrupa Birliği 7. Çerçeve Programı tarafından desteklenen, Güney Avrupa Denizleri için bölgesel yöneticileri desteklemek üzerine oluşturulan, politika geliştirme odaklı bir denizel araştırma projesidir. Proje kapsamında, denizel ekosistemler ve sosyo-ekonomi üzerine araştırma yapan 22 ülkeden, 54 işbirlikçi ve çok sayıda uzman, Akdeniz ve Karadeniz'de, Avrupa Komisyonu'nun 2008 yılında getirdiği Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (DSÇD, Marine Strategy Framework Directive, MSFD) kapsamında belirlediği 11 adet tanımlayıcı üzerinden, 2020 yılına kadar Avrupa Deniz Sularında İyi Çevresel Durumu'nu (İÇD, Good Environmental Status, GES) oluşturmak için bir arada çalışmaktadır. DSÇD, denizler üzerindeki tüm baskıları dikkate alarak, bölgesel olarak ekosistem tabanlı bir yönetim prensibi oluşturmayı amaçlar. İÇD ise, ekolojik olarak çeşitlilik gösteren, dinamik, temiz, sağlıklı ve verimli deniz sularının çevresel durumu olarak tanımlanmaktadır.

İÇD tanımlayıcıları; 11 adet ana başlıktan oluşmakta (DSÇD, Ek-1) ve bu başlıklar altında bulunan 26 adet kriter ve ilgili 56 adet indikatör (DSÇD, Ek-3) ile İÇD'u belirlemek için rehberlik etmektedir.

Ekosistemde gerçekleşen değişikliler nelerdir, denizlerimizdeki bozulmaların tespitine yönelik yapılan ölçümler nelerdir ve neden yapılmaktadır sorularını ele alan bu proje ile tarihsel önemi büyük olan bu iki deniz ekosistemi içinde gerçekleşen değişiklikleri tanımlayabilmek için havzadan kıyısal alanlara kadar oldukça büyük ölçekli bir çalışma alanı seçilmiştir. Ayrıca PERSEUS projesi ile ilk defa, doğal ve insan kaynaklı baskılar arasındaki ilişkiyi ele almakta, bu iki baskı unsurunun bir araya geldiğinde denizel ekosistemler üzerindeki etkisini ve eğer gerekli önlemler alınmazsa sosyo-ekonomik açıdan ne tür problemlerle karşılaşılacağını ortaya koymaktadır. Proje kapsamında uydu gözlemlerine ve prototip cihazlar geliştirilmesine dayanan yenilikçi teknolojiler sığ sularla ilgili ölçümler yapılmasına ve veri elde edilmesine olanak sağlayacaktır. Elde edilen sonuçlarla, DSÇD kapsamına göre ülkelerin politikalarını adapte etmeleri sağlanacak, ayrıca yöneticilerin

senaryo temelli yönetim stratejileri ile yeni teknolojiler geliştirmesi için bilimsel bir altyapı sağlanmış olacaktır.

1.3.4 Kıyı Suları Kalite Durumlarının Belirlenmesi ve Sınıflandırılması Projesi (DeKoS)

AB Su Çerçevesi Direktifi (SÇD) (2000/60/EC) ve 2008 yılında yürürlüğe giren AB Deniz Stratejisi Direktifi (DSÇD) (2008/56/EC) uygulamalarına yönelik olarak, geçiş-kıyı ve kıyı-deniz suları için "ekosistem yaklaşımlı yönetim " prensibi uygulamalarını destekleyecek gerekli bilgi ve uygulama araçlarının oluşturulması hedeflenmiştir. Ayrıca, kıyı ve deniz kaynaklarımızın sürdürülebilir kullanımına yönelik, iyi çevresel seviye hedeflerini temel alan bilgi ve önerilerin oluşturulup ortak planlama yapması gereken karar verici ve uygulayıcılara sunulması da Proje'nin stratejik bir hedefidir. Bu yolla, gerekli yönetim planlarının oluşturulması; kentleşme/sanayi gelişim, balıkçılık, turizm, enerji elde edimi gibi kıyı ve deniz kullanımlarının düzenlenmesi, için gerekli bilimsel temel oluşturulacaktır. Bu hedefler doğrultusunda Proje'nin amacı, tüm kıyı ve geçiş sularımızın, AB Su Çerçevesi Direktifine (SÇD) göre tiplerine ayrılması ve sınıflandırılması, kirlilik ve ekolojik durum haritalarının oluşturulması ve buna bağlı olarak deşarj kriterlerinin belirlenmesi ile denizlerimiz için iyi çevresel durumun tanımlanarak, buna yönelik çevresel hedeflerin AB Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi'ne (DSÇD) göre belirlenmesidir.

Projenin önemli çıktıları kıyı suları tipolojileri, baskı ve durum bilgileri değerlendirilerek tüm denizlerimiz için SÇD uyumlu kıyı suları Su Yönetim Birimleri (SYB) tanımlanmıştır. Buna göre 76 tane su yönetim birimi belirlenmiştir. Denizlerimizin, DSÇD, SÇD gibi AB Direktiflerine, taraf olunan Bölge Denizleri Sözleşmelerinin isterlerine ve ulusal ihtiyaçlara göre izlenmesi ve değerlendirilmesi amacı ile oluşturulacak "Bütünleşik Deniz İzleme ve Değerlendirme Programı" temel prensipleri ile kısa ve uzun vadede uygulama ve geliştirmeye yönelik kriter ve öneriler verilmiştir. İzleme programının uygulamasına yönelik "enstitüsel yapı", "kılavuzlar" ve diğer ihtiyaç dahilindeki mevzuat çalışmalarına girdiler sağlanmıştır. Denizlerimiz için CBS "baskı/kirlilik/ekosistem kalitesi haritaları oluşturulmuştur. Ulusal Kıyı Suları Bentik Omurgasızlar Veri Tabanının oluşturularak, ekolojik değerlendirme için kullanılan uluslar arası indekslerin Türkiye kıyı suları için uygulanabilir hale getirilmesidir.

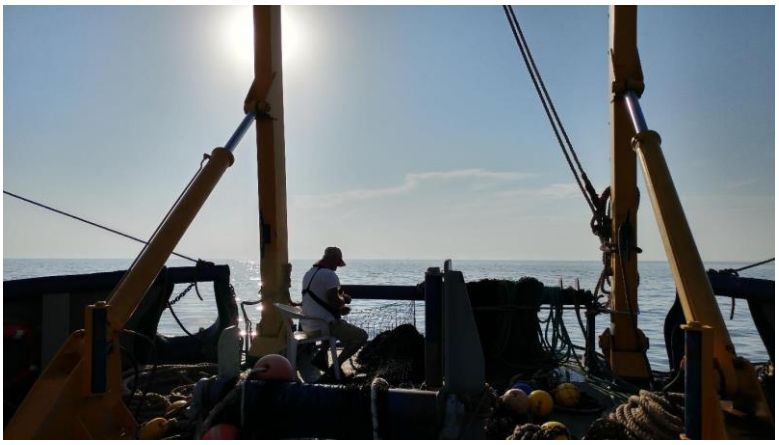
KAYNAKLAR

Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme İşi Projesi. Final Raporu. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2011. Gebze Kocaeli

Dekos, 2014. ÇŞB-ÇYGM ve TÜBİTAK-MAM; Deniz ve Kıyı Suları Kalite Durumlarının Belirlenmesi ve Sınıflandırılması Projesi (DeKoS). ÇTÜE 5118703, Rapor No. ÇTÜE. 13.155 (Sonuç Raporu), Şubat 2014, Gebze-Kocaeli

Bölüm 2

Biyolojik Çeşitlilik ve Deniz Çöpleri Çalışmalarında Trol Yöntemi Kullanım Kılavuzu



Hazırlayanlar:

Kılavuz Lideri

Doç.Dr. Nazlı DEMİREL	İstanbul Üniversitesi

Kılavuz Ekibi

Yrd.Doç.Dr. E.Mümtaz Tıraşın	Dokuz Eylül Üniversitesi
Doç.Dr. Ali Cemal Gücü	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Prof.Dr. Ertuğ Düzgüneş	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Yrd.Doç.Dr. Ahsen Yüksek	İstanbul Üniversitesi
Prof.Dr. Ali İşmen	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Dr. Olgaç Güven	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Yrd.Doç.Dr. Aydın Ünlüoğlu	Dokuz Eylül Üniversitesi
Dr. Nazlı Kasapoğlu	Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü
Prof.Dr. Bülent Cihangir	Dokuz Eylül Üniversitesi
Doç.Dr. Cengiz Mutlu	Giresun Üniversitesi
Dr. Evrim Kalkan	TÜBİTAK MAM

İÇİNDEKİLER

TABLO DİZİNİ 2
ŞEKİL DİZİNİ 2
KISALTMALAR 3
TANIMLAR 3
1 GİRİŞ 4
2 AMAÇ 5
3 YÖNTEMLER 8
3.1 Örnekleme 8
3.1.1 Algarna ağı 8
3.1.2 Dip trol ağı 10
3.2 İstasyon seçimi 10
4 DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ 11
4.1 Biyolojik ölçümler ve izleme ölçütleri 11
4.1.1 Tanımlayıcı 1 - Biyolojik çeşitlilik ve Tanımlayıcı 2 - Yabancı türler 11
4.1.2 Tanımlayıcı 10 - Denizel katı atıklar 13
4.2 Analizler ve verilerin değerlendirilmesi (Tanımlayıcı 1 – Biyolojik çeşitlilik) 15
5 VERİ KALİTESİ VE RAPORLAMA 19
KAYNAKLAR 20

TABLO DİZİNİ

Tablo 1. DSÇD-İÇD Tanımlayıcıları 1, 2, 3 ve 10 için, DSÇD tarafından tanımlanan esas ve göstergeler 6
Tablo 2 AB Direktifleri ve Sözleşmeler düzeyinde balık biyoçeşitliliğinin ve ticari öneme sahip hedef türlerin değerlendirilmesi 7
Tablo 3 Deniz tabanı balık ile birlikte değerlendirilen bileşenlerin DSÇD – İÇD "Durum, Etki" ve "Baskı" Tanımlayıcıları ile olan ilişkisi 8

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1. Algarna ağının yapısı ve teknik özellikleri 9
Şekil 2 Algarna ağı 9

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
CBD	: Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi-Convention on Biological Diversity
ÇEDİDGM	: Çevresel Etki Değerlendirmesi İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü
ÇŞB	: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
DSÇD	: Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi
DEKOS	: Deniz ve Kıyı Suları Kalite Durumlarının Belirlenmesi ve Sınıflandırılması Projesi
DBKİ	: Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Projesi
EMB	: Ekonomik Münhasır Bölge
GSI	: Gonadosomatik İndeks
IUCN	: International Union for Conservation of Nature
İÇD	: İyi Çevresel Durum
LME	: Geniş Deniz Ekosistemleri
MAM	: Marmara Araştırma Merkezi
MTI	: Deniz Trofik İndeksi-Marine Trophic Index
TL	: Trofik Düzey
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
UNEP	: United Nations Environment Programme

TANIMLAR

Pelajik Sistem : Bentik bölgeyi örten su kütlesi, su kolununda duran veya hareket edebilen canlıların oluşturduğu sistem

1 GİRİŞ

Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi'nde (Convention on Biological Diversity, CBD, 1992) tanımlandığı şekliyle; "Biyolojik Çeşitlilik", diğerlerinin yanı sıra kara, deniz ve diğer su ekosistemleri ile bu ekosistemlerin bir parçası olduğu ekolojik birimler de dahil olmak üzere tüm kaynaklardan canlı organizmalar arasındaki çeşitlilik/değişkenlik anlamındadır. Tür içi ve türler arasındaki çeşitlilik İEE ekosistem çeşitliliği de buna dahildir. Bir bölgedeki genlerin, bu genleri taşıyan türlerin, bu türleri barındıran ekosistemlerin ve bunları birbirine bağlayan süreçlerin tamamını kapsar.

Avrupa Birliği, Deniz Strateji Çerçeve Direktifi kapsamında, biyolojik çeşitliliğin korunmasında temel hedef, ekolojik ölçekte habitat/topluluk, tür ve genlerin çeşitliliğindeki kayıpları durdurmak ve bozulmuş alanlarda, çevresel şartların izin verdiği ölçüde hedeflenen seviyeye ulaşmaktır. Biyolojik çeşitliliğin korunması 1992'deki Rio Zirvesi sonrasında, çevre politikalarında merkezi bir önem kazanarak uluslararası bir sorumluluk haline gelmiştir. Biyolojik çeşitliğin anlaşılması ve korunması, kapsamının genişliği ve çok hedefli olması nedeniyle gerçekleştirilmesi kolay olmayan bir amaçtır. Göz ardı edilemeyecek gerçek, gelecek nesillerin devamlılığının biyoçeşitliliğin bir bütün olarak korunmasına bağlı olduğudur.

Biyolojik çeşitlilik üzerindeki sorunlardan biri de yabancı türlerdir. "Biyolojik istila ya da biyolojik yayılım", türlerin doğal ortamlarından çıkıp, yabancı oldukları başka bir bölgede kolonileşmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu yabancı türlere egzotik türler denilmektedir. Egzotik türlerin yeni ortamlarına girişi çeşitli yollarla olmaktadır. Başlıca yollar olarak:

1. Yetiştiricilik amacıyla bilinçli taşınım,
2. Gemi balast suları ile tesadüfî taşınım,
3. Ortamlar arasındaki engellerin kalkmasıyla türlerin geçişine imkân verilmesi (Süveyş Kanalı'nın açılması ile Akdeniz'e geçiş)
4. Doğal süreçler (örneğin, Cebelitarık Boğazı'ndan Akdeniz'e geçiş) sıralanabilir.

Biyoçeşitlilik araştırmaları, yalnız nesli tükenen türlerle değil, insan etkisi sonucu komünitelerde meydana gelen yeni dengeler ve ilişkilerle de ilgilenmektedir (Öz, 2005).

Denizlerin gelişen dünyada başlıca sorunlarından biri de katı atık kirliliğidir. Karasal kökenli bu atıklar denizel ortama direkt boşaltımının yanında nehir, arıtma sistemleri deşarjları, yağmur suyu deşarjları veya rüzgar gibi vektörlerin etkisi ile dolaylı olarak da ulaşabilmektedir (UNEP ve NOAA, 2012). Denizel ortamda uzun süreli birikimi nedeni ile denizel atıklar kıyı şeridinde ve deniz tabanında birikerek önemli habitat kayıplarına neden olmaktadır. Ayrıca denizel canlıların yaşamın olumsuz etkilenmekte ve kirliliğe sebep olmaktadırlar. Neden oldukları çevresel zararlara ek olarak sosyal ve ekonomik yönden de olumsuz etkilerinin olduğu bilinmektedir.

Bu kılavuz, AB Deniz Strateji Çerçeve Direktifi (DSÇD) tarafından belirlenen ve "İyi Çevre Statüsü"ne ulaşmak için belirlenmiş tanımlayıcıların ulusal ölçekte standart yöntemlerle yapılabilmesi için konunun uzmanları tarafından oluşturulmuştur. DSÇD'nin 11 tanımlayıcısından 3'ü için gerçekleştirilecek izlemelerde ortak yöntemler bulunmaktadır. Tanımlayıcı 1 – Biyoçeşitlilik, Tanımlayıcı 2 – Yabancı türler, Tanımlayıcı 10 – Denizel katı

atık izlemelerinde özellikle deniz tabanı katı atık izlemesi için trol yöntemi kullanılarak yapılacak çalışmalarda standart yöntemler bu kılavuzun kapsamında ele alınmıştır.

Trol çalışmaları, aynı zamanda Tanımlayıcı 3 – Ticari balıkçılık kapsamına giren stok çalışmaları amacıyla da kullanılan bir yöntemdir. Ülkemizde ticari öneme sahip balık stoklarının izlenmesi, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı bünyesinde yer alan Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü tarafından 5 yılı aşkın süredir gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle, kılavuz kapsamına dahil edilmemiştir.

2 AMAÇ

Deniz çalışmalarında kullanılan trol yöntemi, deniz tabanında yaşayan demersal balık ve bentik türlerin örneklenmesini sağlar. Bu kılavuzun amacı, ülkemizde gerçekleştirilmesi planlanan uzun dönemli izleme çalışmalarında, trol yöntemiyle yapılacak örneklemelerin izleme ölçütleri, laboratuvar çalışmaları ve elde edilen verilerin değerlendirilmesinde standardizasyonu sağlamaktır. Bu sayede; denizlerimizde gerçekleştirilecek trol çalışmalarını en iyi düzenleme altında toplayarak aynı yöntemlerin uygulanması ve elde edilen sonuçların birbiriyle karşılaştırılması olanaklı kılınabilir.

Kılavuz, trol çalışmalarında kullanılacak ağın özelliklerinden, örneklemelerin yapılacağı bölgelerin ve derinliklerin seçimlerine, elde edilen örneklerde yapılacak izleme çalışmalarından sonuçların nasıl değerlendirileceğine ilişkin tüm çalışma aşamalarına ilişkin, katılımcı uzmanların görüşlerinden oluşan bilgileri içermektedir.

Akdeniz'de yapılan trol çalışmaları ile ilgili geçerli protokol MEDITS (MEDITS - International Bottom Survey in the Mediterranean, 2013) protokolüdür. Bu protokol, Veri Toplama Çerçeve belgesi olarak Avrupa Konseyi Düzenlemelerine (sayı 199/2008) tabidir ve Avrupa Komisyonu'nun Deniz Çalışmaları Genel Müdürlüğü (EC DG MARE) tarafından desteklenerek hazırlanmıştır. Akdeniz ülkelerinin trol çalışmasında bu protokolü izlemeleri çalışmanın esasları açısından sonuçlarının karşılaştırabilmesini sağlaması amacını gütmektedir. Bu kılavuz kapsamında, trol yöntemiyle yapılacak çalışmalar MEDITS (2013) protokolüne uygun olarak düzenlenmiştir. Trol yöntemi ile yapılacak izlemelerde elde edilecek türlerin DSÇD ve kapsamında belirlenen tanımlayıcılara ait esaslar ve göstergeleri aşağıda sunulmuştur (Tablo 1). Bu esas ve göstergelerin, ulusal düzeyde standart yöntemlerle izlenmesi, ülkemiz denizlerindeki mevcut durumun değerlendirilmesi ve iyi çevre statüsüne ulaşılması açısından büyük önem taşımaktadır. Tablo 2'de AB Direktifleri ve Sözleşmeler kapsamında ve bizim bölge denizlerimizde yapılan balık (T1, T2 ve T3'e yönelik) değerlendirmeleri özetlenmiştir.

Tablo 1. DSÇD-İÇD Tanımlayıcıları 1, 2, 3 ve 10 için, DSÇD tarafından tanımlanan esas ve göstergeler

DSÇD (MSFD) –Ek 1 **Tanımlayıcılar (Descriptors)**	**Esaslar (Criteria)**	**Göstergeler (Indicators)**
Tanımlayıcı 1. Biyolojik Çeşitlilik korunur. Habitat kalitesi ve dağılımı ile türlerin dağılımı ve baskınlığı hakim fiziksel, coğrafik ve iklimsel özelliklerle uyumludur. *(Biological diversity is maintained. The quality and occurrence of habitats and the distribution and abundance of species are in line with prevailing physiographic, geographic and climatic conditions)*	**1.1. Tür dağılımı** **1.2. Popülasyon büyüklüğü** **1.3. Popülasyonun durumu** **1.4. Habitat dağılımı** **1.5. Habitat büyüklüğü** **1.6. Habitatın durumu** **1.7. Ekosistem yapısı**	**1.1.1.** Dağılım aralığı **1.1.2.** Dağılım şekli **1.1.3.** Türün kapsadığı alan (sesil/bentik türler için) Popülasyonun baskınlığı ve/veya biyokütlesi 1.3.1. Demografik özellikleri (örn.,vücut büyüklüğü, yaş sınıfı, üreme oranı, yumurtlama oranı, hayatta kalma/ölüm oranları) 1.3.2. Popülasyonun genetik yapısı (mümkünse) 1.4.1. Dağılım aralığı 1.4.2. Dağılım şekli 1.5.1. Habitat alanı 1.5.2. Habitat hacmi 1.6.1. Tipik tür ve toplulukların durumu 1.6.2. Bağıl bolluk ve/veya biyokütle 1.6.3. Fiziksel, hidrolojik ve kimyasal koşullar 1.7.1. Ekosistem bileşenlerinin (habitat ve türler) kompozisyonu ve oranları
Tanımlayıcı 2. İnsan aktiviteleri ile taşınmış yerel olmayan türler, ekosistemleri olumsuz yönde değişikliğe uğratmayacak seviyededir. *(Non-indigenous species introduced by human activities are at levels that do not adversely alter the ecosystems)*	**2.1. Yabancı türlerin ve özellikle istilacı türlerin bolluğu ve durum özellikleri** **2.2. İstilacı yabancı türlerin çevresel etkileri**	2.1.1. Zamansal bolluk yönelimleri, ortaya çıkış zamanları, bölgesel dağılım, özellikle istilacı yabancı türler, risk altındaki alanlar, bu tip türlerin yayılım yolları 2.2.1. İyi çalışılmış bazı taksonomik gruplardan tür kompozisyonundaki değişiklikleri gösterecek, istilacı yabancı türler ile yerli olmayan türler arasındaki oran 2.2.2. Yabancı istilacı türlerin tür, habitat ve ekosistem seviyesinde etkileri
Tanımlayıcı 3. Ticari öneme sahip balık ve deniz kabuklularının popülasyonları güvenli biyolojik sınırlar içindedir (*Populations of all commercially exploited fish and shellfish are within safe biological limits, exhibiting a population age and size distribution that is indicative of a healthy stock)*	**3.1. Balıkçılık aktivitesi baskıları** **3.2. Stokun üreme kapasitesi** **3.3. Popülasyon yaşı ve büyüklük dağılımı**	3.1.1. Balıkçılığa bağlı ölüm oranı 3.1.2. Avcılık ve biyokütle indeksi arasındaki oran 3.2.1. Yumurtlayan stokun biyokütlesi 3.2.2. Biyokütle indeksi 3.3.1. İlk üreme olgunluğuna erişmiş bireylerin ortalama büyüklüğünden daha büyük balıkların oranı 3.3.2. Tüm bireylerin ortalama maksimum boyları 3.3.3. Balık boy dağılımının %95 değeri 3.3.4. İlk eşeysel olgunluk büyüklüğü, aşırı tüketimin neden olduğu genetik bozulmaları yansıtabilecek
Tanımlayıcı 10. Denizel döküntü (çöp) özellik ve miktarları kıyı ve deniz çevresine zarar vermez. *(Properties and quantities of marine litter do not cause harm to the coastal and marine environment)*	**10.1. Denizel ve kıyısal çevredeki döküntülerin özellikleri** **10.2. Döküntülerin denizel yaşama etkileri**	10.1.1. Sahil bölgelerinde biriken denizel atıkların miktarı, içeriği, zamana bağlı değişimine yönelik trendin takibidir ve mümkün olması durumunda kaynağının tespiti 10.1.2. Su kolonunda (deniz yüzeyinde buluna atıklarda dahil olmak üzere) bulunan ve deniz zeminde birikmiş olan atıkların içeriği, alansal dağılımı ve eğer mümkün ise kaynağının tespiti. 10.1.3. Mikro parçacıkların (özellikle mikroplastikler) miktar, dağılım ve eğer mümkün ise içeriğinin tespiti. 10.2.1. Denizel canlılar tarafından besin zannedilerek alınan denizel atıkların miktar ve içeriğine yönelik eğilimin takibi (örn.,mide analizleri)

Tablo 2 AB Direktifleri ve Sözleşmeler düzeyinde balık biyoçeşitliliğinin ve ticari öneme sahip hedef türlerin değerlendirilmesi

AB – DSÇD (1., 3. ve 4. İÇD Tanımlayıcıları balık biyoçeşitliliği izleme bileşeni ile ilgili olarak) Tanımlı özellikler/göstergeler	**DSÇD'de tanımlı özellikler**	**AB-SÇD**	**AB-HD**	**RAM SAR**	**AB-OBP**	**IMAP UNEP/ MAP (2016)** **GFCM ile ortak**	**BSC (2016)**
Balık	Balık baskınlık, tür dağılımları, popülasyon durumları, av/biyokütle oranı, biyokütle indeksi, yumurtlayan stok biyokütlesi, balıkçılık kaynaklı ölüm, avdan çıkan ortalama maksimum boy	Geçiş sularında izlenen bir biyolojik kalite elemanıdır	+	+	Hedef türler ve stoklar	Biyoçeşitlilik, yabancı türler ve bazı stok parametrelerine yönelik izleme	+
Yabancı türler	Yabancı türlerin görünme /varlık, dağılım, baskınlık, taşınarak yer değiştirme durumları		+	+		+	+

Tablo 3, deniz tabanı balık biyoçeştliliği izlemelerinin ilişkili olduğu "durum" ve "baskı" İÇD tanımlayıcıları ile olan ilişkisini göstermektedir. Balık izlemeleri belli aralıklar ile "survey" şeklinde organize edilebilir ve bu çalışmaların bütünleşik anlamda tüm bu tanımlayıcıları izleyebilecek şekilde planlanması tavsiye edilmektedir (Zampoukas vd. 2014). Yukarıda bunların bir kısmına değinilmiştir (deniz tabanı balık çalışması ile çöp çalışması gibi). Bunlara ek olarak, özellikle trolden alınan türler arasından belirlenecek tüketime yönelik hedef türler için kirletici çalışmaları (T9) gerçekleştirilmesi akıldı olacaktır. Ayrıca bu "survey"lerde düzenli olarak pelajik sisteme ait özelliklerin (fiziksel, kimyasal, biyolojik) de izlenmesi önerilmektedir.

Tablo 3 Deniz tabanı balık ile birlikte değerlendirilen bileşenlerin DSÇD – İÇD "Durum, Etki" ve "Baskı" Tanımlayıcıları ile olan ilişkisi

Ekosistem bileşenleri ve fonksiyonları	**"Baskı" Tanımlayıcıları**	D2. Yabancı türler	D5. Ötrofikasyon	D7. Hidrografik değişimler	D8. Kirleticiler	D9. Deniz ürünlerindeki kirleticiler	D10. Deniz çöpü	D11. Gürültü ve enerji
	"Durum" Tanımlayıcıları							
Deniz tabanı habitat, topluluk ve türleri	D1.Biyoçeşitlilik D3.Ticari balık ve kabuklular D4. Besin ağı D6. Deniz tabanı bütünlüğü							
Ekosistem fonksiyonları (kıyısal savunma, besin maddelerinin döngüleri)								

3 YÖNTEMLER

Bu kılavuzda bahsedilen 3 Tanımlayıcının esas ve göstergelerinin izlemelerinde kullanılacak ana yöntem trol ağı ve algarna ağı ile yapılacak örneklemelerden oluşmaktadır. Yöntemler MEDITS (2013) protokolünden uyarlanmıştır.

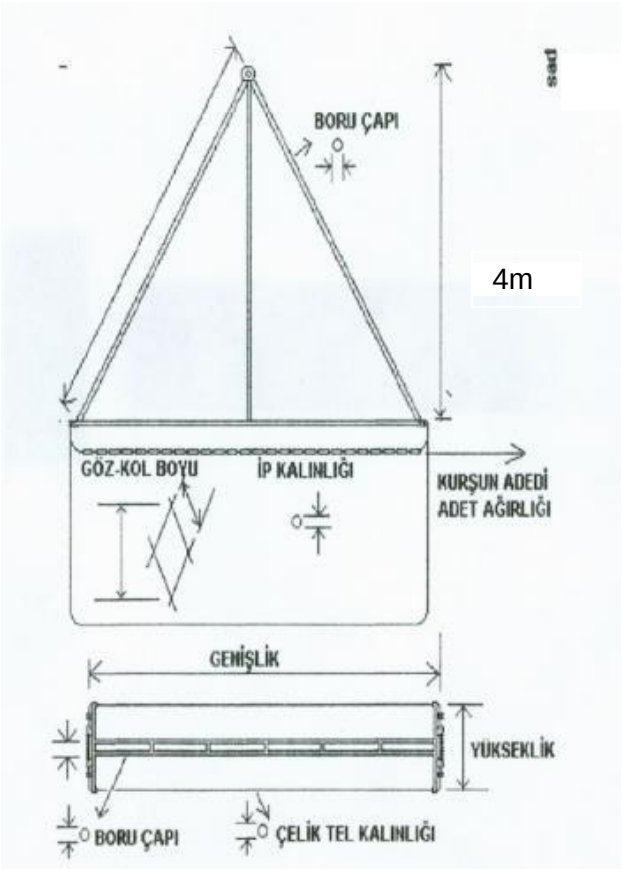
3.1 Örnekleme

3.1.1 Algarna ağı

Karadeniz'de yapılacak izlemelerde, ağ tipinin 0-15 m'de Algarna (Bim trol – Beam trawl) ağı olması önerilmektedir (Şekil 1 ve 2). Buna göre;

Algarna ile örneklemelerde;

- ✓ Çekim süresinin ağ zemine değdikten sonra 30 dakika sürdürülmesi,
- ✓ Çekim derinliğinin 0-15 m arasında olması,
- ✓ Çekim hızının 2 deniz mili/saat ile sınırlandırılması,
- ✓ Örnekleme sıklığının yılda bir kere yaz dönemi içinde olması göz önünde bulundurulmalıdır.



Teknik özellikleri:

1. Ağız açıklığı (genişlik): 3,0 m, yüksekliği 60 cm ve ağ göz açıklığı 40 mm (gözlerin tıkanması sonucu pek bir önem arz etmemektedir)

2. Frame boru çapı: 4 cm

3. Frame boyu 4 m. Daha kısa olursa sıkça zeminle teması kaybedebilir.

4. Çelik tel çapı: 0,5 m

5. iplik kalınlığı: trol ağındaki gibi. Üstte daha kalın koruyucu ağ bulunur.

6. Torba uzunluğu: 3 m

Şekil 1. Algarna ağının yapısı ve teknik özellikleri.

Şekil 2 Algarna ağı.

3.1.2 Dip trol ağı

Dip trolü ile örneklemelerde;

- ✓ Torba sonu tam göz açıklığı 20 mm olan (düğümden düğüme 10 mm) 4 görünümlü bir trol ağının kullanılması,
- ✓ Örneklemelerin 0-25, 25-50, 50-100, 100-200, 200-500 m ve uygun koşullar sağlandığı takdirde 500-800 m olmak üzere 5 veya 6 farklı derinlik tabakasında gerçekleştirilmesi,
- ✓ Her bir derinlik tabakasında 3 hatta trol örneklemesi yapılması,
- ✓ Trol ağının, mola edildikten sonra trol ırgat frenlerinin sıkılmasını takiben yaklaşık 2,5 deniz mili/saat hız ile sığ istasyonlarda (0-25 m) 15 dakika, 200 metre hattında 60 dakika ve diğer hatlarda 30 dakika süreyle çekilmesi,
- ✓ Trol örneklemelerinin, trol ağı gün doğumundan 30 dk sonra deniz dibine oturacak ve günbatımından 30 dk önce deniz tabanından kalkacak şekilde aydınlık gün periyodunda gerçekleştirilmesi,
- ✓ Örneklemenin zemin bozukluğu, çamurlanma ve benzer nedenlerden ötürü 30 dakikadan kısa sürmesi, ancak 15 dakikadan uzun olması halinde avın durumuna bakılacak ve ağda önemli hasar olmaması ve ağ içinde yeterli örnek bulunması halinde av geçerli sayılacaktır. Aksi durumda örneklemenin tekrarlanması,
- ✓ Belirlenen istasyonlarda leş, çamur birikimi ve benzer sebeplerden dolayı örnekleme yapılamaması durumunda, istasyonun yukarıda verilen ölçütlere uyan ve 10 mili aşmayacak uzaklıktaki bir alanda başka bir istasyona taşınması göz önünde bulundurulmalıdır.

3.2 İstasyon seçimi

Direkt örnekleme metodu sınıfına giren ve ticari avcılık sonucu elde edilen verilerin analizindeki yanılmayı ortadan kaldırmak için gerçekleştirilen bu çalışmalar bilimsel teknikler uygulanarak yapılmak zorundadır ve istasyonların yerlerinin seçimi de bilimsel kriterler gözetilerek yapılmalıdır (Katsanevakis ve diğ., 2012). Türkiye kıyılarında DEKOS projesi kapsamında "ekolojik ve biyolojik olarak önemli alanlar" belirlenmiştir (TÜBİTAK-MAM ve ÇŞB-ÇYGM, 2014). Örnekleme alanları seçilirken DEKOS (2014)'de belirlenen alanlar dikkate alınacak şekilde; her bölge için 0-20 m, 20-50 m (15-50 m Karadeniz için), 50-100 m, 100-200 m ve 200-500 derinlik konturlarındaki biyoçeşitliliği tanımlayacak en az bir istasyon belirlenmelidir. Her bir bölgenin (tüm denizlerimizdeki) farklılık gösteren özelliklerine göre örnekleme derinliklerinin ve örnekleme alanlarının doğru tanımlanması gerekir. Deniz dibi tarama metotları kullanılırken sedimanda yaşayan önemli, korunması gereken habitatlar üzerinde çekim yapılmamalıdır. Örnek verilecek olursa; kayalık alanlarda, mercan topluluklarının, sünger topluluklarının ve deniz çayırı yataklarının yoğun olarak bulunduğu özel alanlarda, diğer özel habitat tiplerinin varlığının bilindiği, vb. alanlarda çalışma istasyonları belirlenmemelidir (Katsanevakis ve diğ., 2012). Bu kapsamda düşünülecek olunursa, 2016 yılında Türkiye denizlerinde Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Projesi (ÇŞB - ÇEDİDGM ve TÜBİTAK-MAM, 2014 – 2016)'nin bir parçası olarak gerçekleştirilen deniz tabanı biyoçeşitliliği çalışmasında tüm denizler için ilgili uzmanlarla birlikte çalışma yapılarak, bu

özel alanları içermeyecek şekilde istasyonlar belirlenmiştir. Alanların belirlenmesinde geçmiş dönemde ve halihazırda çalışma yapılan yerler göz önünde tutulmuştur. Bu istasyonların konum ve özellikleri aşağıda yer almaktadır. Buna göre;

1) Karadeniz'de; 5 alt değerlendirme alanı (poligonlar) uzmanlarca kabul edilmiştir. Bu alanlar; Batı Karadeniz 1, Batı Karadeniz 2, Orta Karadeniz, Kızılırmak-Yeşilırmak Havzaları ve Doğu Karadeniz alanlarıdır,
2) Marmara Denizi 3 alt bölgeye ayrılmıştır. Bunlar Haliç, İzmit Körfezi ve Marmara Deniz alanıdır. Haliç'i temsilen algarna ile 30 m civarı tek istasyon, İzmit Körfezi için dış körfezde trol, orta ve iç körfezi de algarna ile tüm alanı temsil edecek 3 istasyon. Marmara Denizi'nde ise kuzey ve güney şelfi temsil edecek 25-50 m, 50-100 m, 100-200 m ve 200-500 derinlik konturlarında trol ile balıkçılık ve biyoçeşitliliği tanımlayacak en az bir istasyon belirlenmelidir. Ancak, alansal dağılımı çalışabilmek için çalışılan alan ve istasyonların arttırılması (doğal yapıya en az hasarın verilmesi şartı ile) önerilir. 25 m'nin altındaki istasyonlarda veya biyoçeşitlilik bakımından hassas (örneğin körfezlerin iç kısımları gibi) alanlarda algarna önerilir.
3) Ege Denizi'nde; Saroz Körfezi, Edremit Körfezi, İzmir Körfezi, Sığacık ve Gökova Körfezi olmak üzere 5 alanda derinlik değişimine göre yeterli sayıda istasyon,
4) Akdeniz'de; Antalya, Mersin ve İskenderun Körfezleri olmak üzere 4 alanda yeterli sayıda istasyonda izleme çalışmalarının yapılmasına karar verilmiştir.

İleri dönem izlemelerde de herhangi bir özel habitata denk gelmediği bilinen bu alanlar izlenmeye devam edilmelidir. Bunlara ek olarak gerekli görülen ek alanlarda örnekleme kriterlerine bağlı kalınarak ek istasyonlar eklenebilir.

4 DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

Bu bölümde; elde edilen örneklerin hem sahada hem de gerekliyse laboratuvarda, izleme ölçütlerine uygun biçimde yapılacak çalışma ve değerlendirme yöntemleri anlatılmaktadır.

4.1 Biyolojik ölçümler ve izleme ölçütleri

4.1.1 Tanımlayıcı 1 - Biyolojik çeşitlilik ve Tanımlayıcı 2 - Yabancı türler

Her bir trol örneklemesinde, trol ağı güverteye alındıktan sonra avın tamamı türlerine göre ayrılarak sayıları kaydedilmeli ve toplam ağırlıkları ölçülmelidir (ICES, 2015). IUCN'e göre tehlike altındaki türler (IUCN, 2016) ve Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığını Düzenleyen Tebliğde (4/1 Numaralı Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığının Düzenlenmesi Hakkında Tebliğ; No: 2016/35) yer alan koruma altındaki türler ile büyük kıkırdaklılar gibi hassas türlere öncelik verilmelidir. Bu türlere ait canlı olan bireylerin hızlıca ölçümleri alındıktan sonra denize canlı olarak geri bırakılmasına önem verilmelidir.

Örneklemelerde elde edilen türler denizlerimize göre hedef ve hedef dışı türler (Alverson ve diğ., 1994) olarak sınıflandırılmalıdır.

Hedef Türler (ortak uzman görüşü ile oluşturulmuştur); tüm Türkiye denizlerinde bulunan hedef ortak tür *Mullus barbatus* (barbunya) türüdür. Ek olarak; Karadeniz haricinde, Marmara, Kuzey Ege, Güney Ege, Doğu Akdeniz ve Batı Akdeniz için ikincil hedef ortak tür *Pagellus erythrinus* (kırma mercan) olarak kabul edilebilir. Uzmanlarca kılavuz olması açısından denizel bölgelere göre diğer hedef türler ise;

- Kuzey Ege için; *Merluccius merluccius* (berlam-bakalyaro), *Parapenaeus longirostris* (derin su pembe karidesi),
- Güney Ege için; *Upenus moluccensis* (paşa barbunu), *Pagellus acarne* (yabani mercan), *Dentex moroccanus* (Fas mercanı)
- Doğu Akdeniz için; *Saurida undosquamis* (zurna), *Dentex moroccanus* (Fas mercanı), *Aristaeomorpha foliacea, Upenus moluccensis* (paşa barbunu),
- Batı Akdeniz için; *Dentex moroccanus* (Fas mercanı), *Upenus moluccensis* (paşa barbunu), *Chlorophthalmus agassizi* (yeşilgöz)

✓ Hedef Dışı Türler;

- Tarım, Gıda ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından her yıl yayımlanan Su Ürünleri Sirkülerinde tanımlanmaktadır (4/1 Numaralı Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığının Düzenlenmesi Hakkında Tebliğ; No: 2016/35)

Trol ve algarna yöntemiyle elde edilecek örneklerden biyoçeşitlilik ve yabancı türler için, saha çalışması sırasında kayıt altına alınması gereken veriler şu şekilde sınıflandırılmıştır (Zampoukas ve diğ., 2014; ICES, 2015; UNEP-MAP, 2016);

- ✓ Av kompozisyonu, elde edilen türler ve miktarları,
- ✓ Av kompozisyonunda bulunan ticari balık türlerinin;
  - Ağırlık ve sayıca yüzdeleri,
  - Boy değerleri.
- ✓ Av kompozisyonunda bulunan hedef dışı ve ıskarta türlerin yüzdeleri,
- ✓ Av kompozisyonunda bulunan besin zincirinin üst basamaklarında yer alan köpek balıklarına ilişkin kayıtlar,
- ✓ Av kompozisyonunda bulunan yabancı türlerin;
  - Ağırlıkça yüzdeleri,
  - Niteliği (yabancı tür, yayılımcı tür vs.),
  - Örneklendikleri bölgeleri ve derinlikler,
  - Örnekleme zamanları (yaz, kış, tüm yıl vs.).

<u>Boy-Frekans Dağılımları:</u>

Her bir trol örneklemesinde, yakalanan türlerin (az sayıda çıkan türler hariç) 0,5 cm sınıf aralığında boy-frekans dağılımları çıkarılacaktır. Ayrıca ticari bakımdan değerli olan türlerden rastgele olmak üzere her 0,5 cm aralığından (yeterince yakalandığı takdirde) 5 bireyin hassas boy (TL) ve ağırlık (toplam ve somatik) ölçümleri laboratuvarda yapılacaktır. Örnekler soğutucuda saklanacaktır (Froese, 2006).

Örneklerde tamamı ölçülemeyecek kadar çok birey çıkması durumunda alt örnek alınacaktır. Alt örneklem sayısı, her bir istasyon için, rastgele alınacak en az 30 birey olmalıdır (Froese, 2006).

Cinsiyet Tayini ve Cinsiyet Oranı:

Cinsiyet tayinleri makroskobik gözlemle yapılacaktır. Her örnekleme ayı için 1 dişi bireye karşı gelen erkek birey sayısı hesaplanarak cinsiyet oranı bulunacaktır. Cinsiyet oranının 1:1 olduğunu kabul eden farksızlık hipotezinden sapmalar ki-kare testi ile incelenecektir (Ricker, 1975).

4.1.2 Tanımlayıcı 10 - Denizel katı atıklar

Örnekleme alanı tespiti

Günümüze kadar denizel ortamda bulunan atıklara yönelik gerçekleştirilen değerlendirmelerde gel-git bölgelerinden derin deniz alanlarına kadar deniz zemininin atıkları için birikim bölgesi olduğu ortaya konulmuştur. Atıkları deniz zemininindeki dağılımı hidrodinamik, jeomorfoloji ve insan etkisi altında şekillenmektedir. Genel olarak sığ alanlarda (< 30 metre) derin bölgelere oranlar atıkların daha yoğun bulunduğu bilinmektedir. Ayrıca sahil bölgelerinde balıkçılık, turizm gibi aktivitelerin atık miktarlıları üzerinde, zamansal ve mekânsal anlamda değişimler gösterse de, önemli etkileri olduğu gözlemlenmiştir. Bunun yanında, nehir taşınımı, akıntı şiddetleri, deniz zemininin yapısı gibi değişim gösteren diğer mevsimsel faktörlerinde atıkların miktarı ve dağılımı üzerine etkisi söz konusudur.

Deniz zeminde bulunan atıkların izlenmesine yönelik tüm yöntemler arasında trol ile gerçekleştirilen örneklemeler geniş alanların değerlendirilmesi ve izlenmesi için en uygun yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Bunun yanında bu yöntemin kullanılması noktasında kayalık bölgelerin değerlendirilememesi gibi bazı kısıtlamalar ile karşı karşıya kalındığı da göz ardı edilmemelidir.

UNEP tarafından yapılan değerlendirmelerde, deniz zeminde bulunan atıkların izlenmesi sürecinde aşağıda maddeler halinde belirtilen faktörlerin göz önüne alınması önerilmektedir (Cheshire, 2009).

- Tek tip zemin özelliği gösteren alanların değerlendirilmesi (tercihen kum / alüvyon zeminler),
- Atıkların birikimine olanak verecek fiziksel faktörlerin etkin olduğu alanların tercih edilmesi,
- Risk teşkil edilecek alanların değerlendirme dışında tutulması (su altında cephane bulunan veya koruma altında olan alanlar)
- Nesli tehlike altında olan veya koruma altında türlerin risk altında kalacağı bölgeler değerlendirme dışı tutulmalıdır.

Gerçekleştirilecek değerlendirmeler esnasında çalışma alanında etkin olan atık kaynağı faktörlerin (yerleşim bölgeleri, tarım arazileri, nehir girdisi olan noktalara mesafe, bölgede etkin akıntılar, bölgeden geçen ticari gemi rotaları, balıkçılık alanları, vb.) göz önünde bulundurulması önemlidir. Tespit edilen atıkları kütlelerinden ziyade miktar ve çeşitlilikleri (materyal tipi, atık türü) dair bilgiler izleme faaliyetleri açısından daha fazla önem taşımaktadır. Değerlendirme yapılan bölgedeki hidrografik ve çevresel etkin faktörlere (yüzey

ve zemin su sıcaklığı; yüzey ve zemin su tuzluluğu; yüzey ve zeminde etkin olan akıntıların yönü ve hızı; rüzgar yönü ve hızı) dair de bilgi toplanması elde edilecek sonuçların değerlendirilmesi sürecinde önemli katıklılar sağlayacaktır.

Derinlik seçimi ölçütlerinde denizel katı atıkların izlenmesinde ilk 30 m konturu önem taşımaktadır. Bununla birlikte şelf yapısına ve habitat tipine bağlı olarak derinlik dağılımı düzenlenmelidir. Örnekleme yapılacak istasyonlar için;

- ✓ Nehir ağızları ve limanlar deniz çöplerinin ana toplanma noktalarıdır.
- ✓ Turizm etkinliğinin yapıldığı bölgeler, her çeşit denizel katı atığın bulunduğu ve turizm açısından tehdit oluşturur alanlardır.
- ✓ Denizlerde akıntıların, deniz çöplerinin taşınmasında oynadığı ana rol nedeniyle göz önünde bulundurulmalı ve istasyon seçiminde akıntılar hesaba katılmalıdır.

Saha çalışması sırasında kayıt altına alınması gereken veriler;

- ✓ Av kompozisyonundaki katı atık ağırlığı,
- ✓ Katı atıkların niteliği (teneke, plastik, vs),
- ✓ Elde edilen balık türlerinde mide içeriği analizleri.

<u>Atıkların değerlendirilmesi aşamasında izlenecek yöntem</u>

UNEP tarafından denizel atıkların izlenmesine yönelik faaliyetlerin, sonuçların diğer alanlar ile karşılaştırmalı olarak veya birlikte değerlendirilebilmesi için, hali hazır devam etmekte olan örnekleme programlarının kabul ettiği yöntemler doğrultusunda yürütülmesini önermektedir (Cheshire, 2009). Akdeniz'de denizel atıkların izlenmesine yönelik yürütülen program MEDITS (Bertrand ve ark., 2007) programıdır. Buna göre;

- Gerçekleştirilecek operasyonlarda torba sonu tam göz açıklığı 20 mm olan (düğümden düğüme 10 mm) 4 görünümlü bir trol ağlarının kullanılması gerekmektedir.
- Trol çekimleri 30 dakika süre ile gerçekleştirilmeli ve çekim süresince trol teknesi 3,5 - 4 knot seyir hızını korumalıdır.
- Atıkların tespitine yönelik gerçekleştirilecek operasyonlar 10 – 50; 50 – 100; 100 – 200; 200 – 500 ve 500 - 800 m derinlik konturlarında gerçekleştirilmelidir.
- İzleme amacı ile değerlendirilmesi kararlaştırılan bölgelerin durumunun, örnekleme amacı ile kullanılacak altyapını kayıt altına alınması amacı ile "Deniz zemini atık izleme çalışma alanı ve operasyon bilgileri formu" formunun doldurulması gerekmektedir.
- Trol operasyonları sonunda tespit edilen atıklar atık kayıt formuna kaydedilecektir.
- Operasyonlar esansında yerinden oynatılması mümkün olmayan, büyük boyutlu veya bulunduğu ortam nedeni ile uzaklaştırılması mümkün olmayan atıkların kaydı forma kaydedilecek ve bu tip atıkların dökümü oluşturulacaktır. Bu sayede seyir için veya denizlerimizde yürütülen faaliyetler için risk oluşturabilecek alanların belirlenmesi hedeflenmektedir.

- Atıkların sınıflandırması esnasında MEDITS tarafından oluşturulan atık sınıflandırma sisteminin kullanılacaktır. Zaman ve iş gücü açısından olanak var ise atıklar "MSFD Denizel Atıklar Değerlendirme Çalışma Grubu" tarafından oluşturulmuş atık sınıflandıra sistemine göre ayrıştırılması, atıkların kaynağının tespiti aşamasında kullanılabilecek daha detaylı bilgiye ulaşılması açısından önerilmektedir.
- Çekimler sonrasında tespit edilen atıklara dair yoğunluk sonuçları adet/saat veya adet/km^2 olarak kayıt altına alınmalıdır.

4.2 Analizler ve verilerin değerlendirilmesi (Tanımlayıcı 1 – Biyolojik çeşitlilik)

Biyokütle

Biyokütle hesaplamalarında "Taranan Alan" yöntemi kullanılmalıdır (FAO, 1998). Trol örneklemesi demersal türler için çekim süresince ağın süpürdüğü alandaki türlerin bolluklarının tespit edildiği var sayılarak yapılır. Genel kavram olarak "Taranan Alan" ise biyokütle değerlendirme programları kapsamında tüm dünyada kullanılan bir metottur (ör. demersal balıklar, karidesler, yengeçler, vb) (Gunderson, 1993). En basit şekliyle tanımlamak gerekirse bu metot balık bolluk ve biyokütlesinin (belli bir alanda yaşayan toplam canlı kütlesinin) tahmininde kullanılır. Metodun standart uygulamasında demersal stokların yoğunluğu ve bolluğunu tahmin etmek için (a) organizmaların kaçma olasılığı (b) örnekleme yapılacak alanın iyi bilinmesi ve buradaki stoğun dağılımı (c) örnekleme dizaynının temsiliyeti gibi kritik öngörüleri yapmak gerekmektedir (Gunderson, 1993; Pezzuto ve diğ. 2008).

Dip trol ağının su altında izlediği yolun uzunluğunun trol ağı ağız açıklığıyla çarpımı olarak tanımlanan alanda bulunan balıkların 1 km^2'lik birim alana karşılık gelecek miktarları hesaplanmaktadır. Trol ağız açıklığı kurşunlu halat boyu belli bir katsayı ile çarpılarak belirlenmektedir. Bölgede yapılan denemeler sonucunda bu katsayının 0,5'e yakın olduğu hesaplanmıştır. Ağın su altında izlediği yolun uzunluğu trol operasyonu başlangıç ve bitiş koordinatları yardımıyla aşağıdaki formül kullanılarak bulunacaktır.

$$\square = \sqrt{(\square\square\square 1 - \square\square\square)^2 + (\square\square\square 1 - \square\square\square 2)^2 \,.\, \square\square\square^2 (0.5(\square\square\square 1 + \square\square\square 2))}$$

Burada Lat1 ve Lat2 başlangıç ve bitiş koordinatlarının enlemi, Lon1 ve Lon2 boylamını vermektedir.

Biyokütle her bölgede her derinlik aralığında her bir tür için ayrı ayrı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanacaktır.

$$\hat{B}_i = \frac{C_i \cdot A}{a \cdot q}$$

$\hat{B}_i$: "*i*" türünün ilgili derinlik aralığındaki biyokütle tahmini
C_i: "*i*" türünün örneklemede yakalanan miktar
A: İlgili derinlik aralığındaki toplam zemin alanı
a: örneklemede taranan alan
q: trol ağının avlayabilirlik katsayısı (burada *q* değeri "1" olarak değerlendirilecektir).

Boy-Ağırlık İlişkisi:

Balık boyu ile ağırlığı arasındaki ilişkinin incelenmesinde aşağıdaki allometrik büyüme eşitliği kullanılacaktır (Ricker, 1975; Froese, 2006).

$$W = a \cdot L^b$$

W : balığın vücut ağırlığı (g)
L: balığın total boyu (cm)
a ve b modele ilişkin katsayıları göstermektedir.

Optimum boy (Lopt)

Balıklarda ilk cinsel olgunluk (ergenlik) boyunun, tür ve bölgelere göre farklılık göstermesi nedeniyle; her bir türün bölge bazında ilk cinsel olgunluk boyu bilinmelidir. Lopt, hedef türün ilk cinsel olgunluk boy ortalamasının altında kalmamalıdır.

Gonadosomatik Indeks

Gonadosomatik gösterge gonad gelişim durumu ve üremeye harcanan enerjinin izlenmesinde; kullanılır. Ayrıca somatik kondisyon da somatik büyümeye ayrılan miktarın göstergesi olarak kullanılır (Barber ve Blake, 2006).

$$GSI = (GW / (WS-GW)) * 100$$

GSI : Gonadosomatik indeks
GW : Gonad ağırlığı
WS : Vücut ağırlığı

Deniz Trofik Indeksi (Marine Trophic Index-MTI)

Balıkçılığın çöküşünü yansıtacak indikatörleri tanımlamak genellikle çok kolay olmamaktadır (aşırı avcılık, küresel ısınma, kirlilik, habitat kaybı vb.). Deniz Trofik İndeksi (MTI) balıkçılık ve denizel ekosistemler arasındaki kompleks ilişkiyi tanımlamak için kullanılır ve konsept olarak "besin ağının aşağısına doğru giden balıkçılık" üzerine kuruludur. Balıkçılık daha büyük olanı yani besin ağının en üstünde yer alan uzun yaşam süresine sahip olanı (avlanma ekipmanı ne kadarını avlamaya izin veriyorsa) avlama yönünde hareket eder (Kleisner ve Pauly, 2011). Böylece daha büyük ve daha az dirençli olan tükenecek ve bu da akabinde daha küçük türler üzerinde balıkçılık baskısına neden olacaktır (Pauly ve diğ. 1998). MTI indeksi de besin ağının en üstündeki balık türleri tükendiğinde elde edilen avın tamamının ortalama trofik seviyesinde düşüş olacaktır mantığı üzerine geliştirilmiştir (Kleisner ve diğ. 2011).

Bir gösterge olan **Deniz trofik indeksinde** karaya çıkarılan türlerin ortalama trofik seviyesi sayısal bir değerdir. Trofik seviyeler birincil üreticiler için 1, deniz memelileri ve insanlar için 5 olan değerler arasında değişir. Trofik düzey enerji transfer adımlarının sayısı (seviyesi) ile belirlenen besin zincirinde bir organizmanın pozisyonu olarak tanımlanır.

Ekosistemler içinde balıkların rolü büyük ölçüde kendi büyüklüğünün bir fonksiyonudur: küçük balıklar çok büyük yırtıcı balıklara göre daha geniş bir dizilişe sahip olabilmektedir.

Trofik Indeks, bölgesel ve küresel olarak karaya çıkarılan balıkların ortalama trofik seviyesindeki değişimleri ölçer. Bu indeks, sürdürülebilir balıkçılığın bir göstergesi olmasının yanı sıra ekosistem bütünlüğünün bir ölçüsünü verir. Trofik seviyelerin azalması besin zincirlerinin kısaldığını gösterir. Kısalan ekosistemler doğal veya insan kaynaklı değişimler ile daha az başa çıkabilir. Uzun vadeli sürdürülebilir balıkçılık doğrudan insan geçimi ve refahı ile bağlantılıdır.

Trofik düzey (TL), enerji transfer adımlarının sayısı (seviyesi) ile belirlenen besin zincirinde bir organizmanın pozisyonu olarak tanımlanır; değeri 1 (birinci üreticiler) ve 5 (deniz memelileri ve insanlar) seviyesi arasında değişmektedir. Karaya çıkarılan balıkların ortalama trofik seviyesi 1 ile 5 arasında sayısal bir değerdir. Ekosistemler içinde balıkların rolü büyük ölçüde kendi büyüklüğünün bir fonksiyonudur: küçük balıklar, çok büyük yırtıcı balıklara göre daha geniş bir dizilişe sahip olabilmektedir. Diğer taraftan, çeşitli anatomik ve fizyolojik adaptasyonlar farklı balık türlerinin herbivor-otçul (trofik düzeyleri 2.0), ya da karnivor- etçil (trofik düzeyleri 3.0 ile yaklaşık 4.5 arasında değişen) olmasını sağlayarak besinsel özelleşmeye neden olabilir. Ayrıca, trofik seviyeler balıkların ömürleri boyunca değişir. Larvalar, genellikle herbivor zooplankton (TL = 2.0) ile beslenirler ve dolayısıyla yaklaşık 3.0 değerinde bir trofik seviyeye sahiptir. Daha sonra büyüme ile genç bireyler daha büyük, predator zooplankton, küçük balıklar veya bentik omurgasızlar tüketmeye başlar; Bu trofik seviyede bir artışa yol açar. Trofik seviye, genellikle tamamen piscivorous (balık ile beslenen) büyük balıklarda 4,5 civarında değerler almaktadır. Trofik seviye ile boyut arasındaki yakın ilişki nedeniyle, ortalama trofik seviye; hem boy kompozisyonunu ve hem de besin zincirinde bulundukları konumdaki değişimleri ve dolayısıyla da ekolojik rollerini yansıtmaktadır. Aşırı avcılık düşük trofik seviyedeki küçük balıklar ve omurgasızlara oranla büyük, yüksek trofik düzeye sahip balıkların azalmasına neden olmaktadır. Bu durum besin zincirinin en üstünde yer alan büyük balıkların avcılıkla çekildiği deniz besin ağlarında avcılığın düşük trofik seviyelere inmesine neden olmaktadır. Besin ağında aşağı doğru giden avcılık gittikçe daha düşük balığı hedefler ve sonunda çok küçük balıklar ve plankton ile sonlanır.

Trofik azalma biyokütlede azalma ile birlikte ekosistemlerin yapısında değişikliklere yol açar. Uzun besin zincirleri daha kısa besin zincirleri ile yer değiştirilir. Bu değişim en üstteki predatorleri güçlü çevresel etkilerle besin ağının en altında yer alan planktonik organizmaların oluşturduğu dalgalanmalara maruz bırakır. Bu tür dalgalanmalar öncelikli olarak güçlü ve zayıf bağlantılı besin ağları tarafından azaltılır. Böylece avcılıkta hedeflenen balık türlerinin biyokütlesi; öncekinden daha geniş dalgalanma gösterecektir ve bu balıkçılık yönetimini giderek daha zorlaştıracak ve iklim değişikliği gibi çevresel değişikliklere giderek daha savunmasız bırakacaktır.

Kıyı alanlarının ötrofikasyonu gibi çevresel faktörlerin plankton ile beslenen alt trofik seviye balıklarında özellikle de yarı kapalı denizlerde bir artışa neden olabileceği unutulmamalıdır. Besin yönünden zengin suyun yukarı doğru akımı (upwelling) daha düşük trofik türlerin su sıcaklıkların artığı dönemlerdekine benzer bir artışa neden olabilir. Ancak, çevresel etkiler tek başına küresel olarak ortalama trofik seviyelerde görülen sürekli düşüşü açıklayamaz. Bu tür etkiler bazı kıyı alanları ile sınırlıdır ve bu nedenle büyük olasılıkla genel eğilim üzerinde sadece göreceli küçük bir etkisi vardır. Ortalama besin seviyesi eğilimleri

hesaplanırken belirli bir trofik seviyenin altındaki balık ve omurgasızlar hesaplamalardan çıkararak bu çevresel etkileri süzmek mümkündür.

Bu indeksi hesaplamak için 2 veri setine ihtiyaç vardır:

(i) **Taksonomik gruplara göre av verisi:** Taksonomik gruplara göre av verisi için kaynaklardan birisi FAO'dur. FAO (www.fao.org) küresel bir veri seti oluşturur ve sağlar. Bu veri seti göstergeyi hesaplamak için kullanılabilir. Bu hesaplamalar 1950'den günümüze eksi 2 yıla kadar ki bir zaman diliminde okyanus havzalarını temsil eden 18 alt alanda karaya çıkan balık miktarları için, her bir ülkeye ait karaya çıkan balık miktarları için ve küresel olarak yapılabilir. (i) verisi için diğer bir kaynak "The Sea Around Us Project"'nin veri tabanıdır (www.seaaroundus.org). Bu veri tabanı tüm ülkelerin (EMB) Ekonomik Münhasır Bölgelere, Geniş Deniz Ekosistemlere (LME) ve EEZ (Ekonomik Münhasır Bölge) dışında Açık Denizlere ait coğrafi referanslı verileri içerir.

(ii) **Bu grupların her biri için trofik seviye tahmini:** Balıkların besin kompozisyonuna dayalı trofik seviye tahminleri, FishBase' de, omurgasızlar için "The Sea Around Us database" veri tabanında bulunabilir. Trofik seviye tahminleri için başka bir kaynak yaygın olarak kullanılan Ecopath yazılımı kullanılarak oluşturulan ekosistem besin ağı modelleridir (bkz. www.ecopath.org). Mide içeriği kararlı azot izotopları da bir çalışmada kullanılmıştır.

Trofik seviyeler (TL) birincil üreticilere göre (TL= 1 olarak tanımlanmış) besin ağında bir canlının konumunu gösterir. TL aşağıda verilen formülden hesaplanabilir:

$$TLi = \Sigma j\ TLj \times DCij$$

TLj : j preyinin kısmi trofik seviyelerini ve DCij: i' nin besininde yer alan j'nin miktarını göstermektedir. Av verileri ve türler (ya da gruplar) için TL tahminleri kullanarak, ortalama TL ve her yıl k için Deniz Trofik indeks değerleri hesaplanabilir:

$$TLk = \Sigma i(Yik \times TLi))\ /\ \Sigma i\ Yik$$

Yi balıkçılık istatistiklerinde yer alan türlerin (grup), karaya çıkarılan avını göstermektedir. (Not; ideal olan ise ortalama TL'nin; sadece balıkçılık istatistiklerinde yer alan karaya çıkan avdan ziyade balıkçılık operasyonunda yakalanan tüm balıkları (karaya çıkarılan av+ ıskarta av (discards)) kapsamasıdır. Karaya çıkan avlar ile çalışıldığı durumda bu göz ardı edilmektedir).

Bu göstergeler ve yorumlanması konusunda daha ayrıntılı bilgi literatürde (Pauly ve diğ. 1998) ve TL, MTI ve benzer indikatörler ile ilgili detaylı bilgiler ise web sitesi- (www.seaaroundus.org) de verilmektedir.

5 VERİ KALİTESİ VE RAPORLAMA

Trol çalışmalarında veri kalitesini sağlamanın aşamaları olan yer seçimi, derinlik belirleme, kullanılan av malzemesi özellikleri, çekim hızı, saati, örnekleme, örneklerin ayrıştırılmaları, ölçümü yapılacak değişkenlerin (uzunluk, ağırlık gibi) ölçüm ve gerekli ise saklama koşullarının uygunluğu önemlidir. Çalışmalar sırasında kayıtların eksiksiz tutulmaları zorunludur. Bunların bir kısmı yukarıdaki bölümlerde açıklanmıştır. Ayrıca, Bütünleşik İzleme Kirlilik Projesi-2016 yılı için yapılan tüm denizlerdeki pilot uygulamalarda elde edilen deneyimler ile ortak bir uygulama protokolü oluşturulabilir.

Balık (trol) saha çalışmaları genellikle diğer izleme bileşenleri ile ortak planlanmaz, amaç çoğunlukla balıkçılığa yönelik veri toplamaktır. Ancak, DSÇD ve IMAP kapsamında yapılacak çalışmaların ortak ve entegre olarak planlanması gerekir. Yani su kolonu fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ile birlikte ilişkili tüm baskı ve durum göstergelerine yönelik çalışmanın farklı kurumların ortak planlama yapması ile gerçekleştirilmelidir. Diğer yandan, trol çalışma alanları arasında yol alınırken istasyonlar arası yapılabilecek ölçümlerin yapılması da tavsiye edilir. Bunların tümü "iyi uygulamalar" olacak ve kaynakların ortak ve daha verimli kullanılmasını sağlayacaktır (Zampoukas vd. 2014).

Raporlamalar ulusal ve uluslararası ihtiyaçlara göre yapılır. Bunun için öncelikle uluslararası / bölgesel ölçekte UNEP MAP –IMAP, BSC – BSIMAP ve EEA gibi kuruluşlarla ve onların raporlama formatları ile çalışılmalıdır. Bu bileşen için GFCM ile kurulan işbirlikleri de takip edilmeli ve ortak raporlama formatlarının oluşması ve dikkate alınması hedeflenmelidir. Bunların yanı sıra DSÇD 'yi uygulamak ile yükümlü olan ülkeler için bir raporlama paketi geliştirilmiş olup hali hazırda ülkemiz için zorunluluk oluşturmamaktadır. Ancak özellikle "biyolojik çeşitlilik" ile ilgili izleme programları için gerekli olan entegre değerlendirme çalışmaları için örnek oluşturabilecek bir raporlama olarak düşünüp dikkate alınabilir. IMAP ile BSIMAP raporlamalarının bu yönde yenileneceği varsayılabilir.

KAYNAKLAR

Alverson, D.L., Freeber, M.H., Murawski, S., and Pope, J.P., (1994). A global assessment of fisheries bycatch and discards. FAO Fish. Tech. Pap. No. 339. FAO, Rome, 233 p.

Barber, B.J. ve N.J. Blake. 2006. Reproductive physiology. Shumway, S.E. ve G.J. Parsons, (Editörler). *Scallops: biology, ecology and aquaculture.* Amsterdam, The Netherlands: Elsevier. pp. 357-416.

and aquaculture. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier. pp. 357–416.

Bertrand, J., A. Souplet, L., Gil de Soula, G., Relini, ve C., Politou. 2007. International bottom trawl survey in the Mediterranean (Medits), Instruction manual, Version 5. pp. 62. *http://www.sibm.it/SITO%20MEDITS/file.doc/Medits-Handbook_V5-2007.pdf*

Cheshire, A.C., Adler, E., Barbière J., Cohen, Y., Evans, S., Jarayabhand, S., Jeftic, L., Jung, R.T., Kinsey, S., Kusui, E.T., Lavine, I., Manyara, P., Oosterbaan, L., Pereira, M.A., Sheavly, S., Tkalin, A., Varadarajan, S., Wenneker, B. and Westphalen, G. 2009. UNEP/IOC Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter. UNEP Regional Seas Reports and Studies, No. 186; IOC.

FAO (1998). *Introduction to Tropical Fish Stock Assessment - Part 1: Manual.* FAO Fisheries Technical Paper 306/1 Rev. 2. ISBN 92-5-103996-8, Roma.

FAO (2004). *The State of World Fisheries and Aquaculture*. FAO. Rome.

Froese, R. (2006). *Cube law, condition factor, and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations*. Journal of Applied Ichthyology 22(4):241-253.

Gunderson, D.R. 1993. Surveys of fisheries resources. John Wiley & Sons, New York, 248 pp.

ICES. 2015. Report of the Working Group on the Ecosystem Effects of Fishing Activities (WGECO), 8-15 April 2015, ICES Headquarters, Copenhagen, Denmark. ICES CM 2015\ACOM:24. 122 pp.

Katsanevakis S, Weber, A., Pipitone, C. Ve diğ. 2012. Monitoring marine populations and communities: methods dealing with imperfect detectability. Aquatic Biology, 16: 31–52.

Kleisner K, Pauly D (2011) The Marine Trophic Index (MTI), the Fishing in Balance (FiB) Index and the spatial expan- sion of fisheries. In: Christensen V, Lai S, Palomares M, Zeller D, Pauly D (eds) The state of biodiversity and fish- eries in regional seas. Fisheries Centre Research Re- ports, Book 19(3). University of British Columbia, Van- couver, p 41–44

Pauly D, Christensen V, Dalsgaard J, Froese R, Torres F Jr (1998). Fishing down marine food webs. Science 279: 860−863

Öz, M.İ. (2005). *Datça-Bozburun Özel Çevre Koruma Bölgesi Lessepsiyen balık faunası üzerine bir inceleme.* Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, 2005.

Pauly, D., V. Christensen, J. Dalsgaard, R. Froese, ve F. Torres. 1998. Fishing down marine food webs. Science, 279(5352): 860-863.

Pezzuto, P. R., Alvarez-Perez, J. A., and Wahrlich, R. (2008). The use of the swept area method for assessing the seabob shrimp Xiphopenaeus kroyeri (Heller, 1862) biomass and removal rates based on artisanal fishery-derived data in southern Brazil: using depletion models to reduce uncertainty. Latin American Journal of Aquatic Research, 36: 245–257.

Ricker, W.E. (1975). *Computation and interpretation of biological statistics of fish populations*. Bull. Fish. Res. B. Can. 191, 1-382.

UNEP ve NOAA 2012. The Honolulu Strategy – A Global Framework for Prevention and Management of Marine Debris. *http://www.unep.org/gpa/documents/publications-/honolulustrategy.pdf*

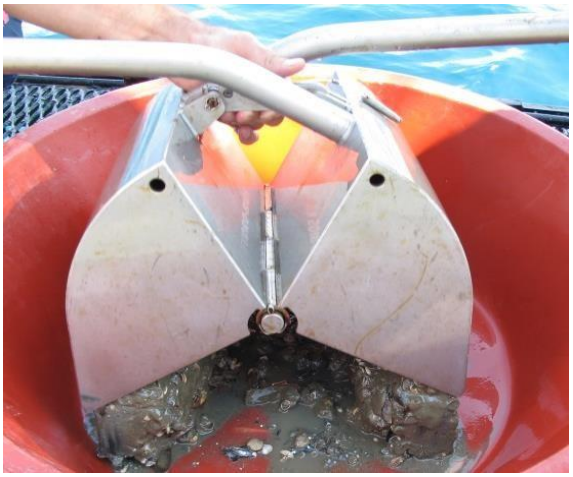
UNEP MAP, 2016. Draft Integrated Monitoring and Assessment Guidance,19th Ordinary Meeting of the Contracting Parties to the Convention for the Protection of the Marine Environment and the Coastal Region of the Mediterranean and its Protocols Athens, Greece, 9-12 February 2016.

Zampoukas, N., Palialexis, A., Duffek, A., Graveland, J., Giorgi, G., Hagebro, C. vd. 2014. Technical guidance on monitoring for the Marine Strategy Framework Directive. EC JRC Scientific and Policy Reports: 1-166.

İnternet siteleri

1. Resmi Gazete - 4/1 Numaralı Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığının Düzenlenmesi Hakkında Tebliğ (No: 2016/35): *http://www.tarim.gov.tr/BSGM/Lists/Duyuru/Attachments/64/4-1-Numaral%C4%B1-Ticari-Ama%C3%A7l%C4%B1%20-Su-%C3%9Cr%C3%BCnleri-Avc%C4%B1l%C4%B1%C4%9F%C4%B1n%C4%B1n-D%C3%BCzenlenmesi-Hakk%C4%B1nda%20Tebli%C4%9F.pdf*
2. IUCN: *http://www.iucnredlist.org/*
3. FAO Balıkçılık Departmanı: *http://www.fao.org/fi/*
4. The State of World Fisheries and Aquaculture: *http://www.fao.org/sof/sofia/*
5. Balıkçılık Kaynakları İzleme Sistemi(FIRMS): *http://firms.fao.org/*
6. Sea Around Us Project: *http://www.seaaroundus.org*

Bölüm 3
Bentos İzleme Kılavuzu



Hazırlayanlar:

Kılavuz Lideri

Prof. Dr. Ferah KOÇAK	Dokuz Eylül Üniversitesi

Kılavuz Ekibi

Dr. Evrim KALKAN	TÜBİTAK MAM
Prof. Dr. Murat SEZGİN	Sinop Üniversitesi
Doç. Dr. Şermin AÇIK ÇINAR	Dokuz Eylül Üniversitesi
Doç. Dr. Ahmet Mutlu GÖZLER	Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
Doç. Dr. Herdem ASLAN	Çanakkale 18 Mart Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Güley KURT ŞAHİN	Sinop Üniversitesi
Dr. N. Selda BAŞÇINAR	Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı-Trabzon
Uzm. Dr. Sinem ÖNEN	Dokuz Eylül Üniversitesi
Uzm. Dr. Gökhan KABOĞLU	Dokuz Eylül Üniversitesi
Uzm. Dr. Derya ÜRKMEZ	Sinop Üniversitesi

İÇİNDEKİLER

TABLO DİZİNİ 3
ŞEKİL DİZİNİ 3
KISALTMALAR 5
1 GİRİŞ 7
2 AMAÇ 9
3 YUMUŞAK SUBSTRATUM 9
3.1 Yumuşak Substratumun İzleme Çalışmalarındaki Önemi 9
3.2 Örnekleme Yöntemi, Ekipmanları ve İstasyon Seçimi 10
3.2.1 Infauna 10
3.2.2 Epifauna 14
4 SERT SUBSTRATUM 15
4.1 Sert Substratum Makrobentik Organizmalarının İzleme Çalışmalarındaki Önemi 15
4.2 Ortamı Temsil Eden Örnekleme Stratejisi 16
4.2.1 Örneklemede alan/istasyon seçimi ve izleme sıklığı 17
4.3 Örnekleme Yöntemi ve Ekipmanları 18
4.3.1 Fotoğraflama 19
4.3.2 Görsel sayım 19
4.3.3 Kazıyarak örnekleme 22
4.3.4 Dalarak örnekleme 23
5 ÖRNEKLERİN ARAZİ VE LABORATUVARDA DEĞERLENDİRİLMESİ 23
5.1 Yumuşak Substratum Organizmalarının Değerlendirilmesi (Infauna ve epifauna bireylerinin sedimandan ayrılması) 23
5.2 Sert substratum organizmalarının değerlendirilmesi 25
6 ÖRNEKLERİN FİKSE EDİLMESİ 26
7 ÖRNEKLERİN LABORATUVARDA YIKANMASI 27
8 ÖRNEKLERİN TAKSONOMİK GRUPLARA AYRILMASI 27
9 ÖRNEKLERİN ETİKETLEMESİ 27
10 TÜRLERİN MUHAFAZA EDİLMESİ VE SAKLAMASI 27
11 ÖRNEKLERİN KALİTATİF VE KANTİTATİF DEĞERLENDİRİLMESİ 28
11.1 Tür Tayini 28
11.2 Tür sayısı 28
11.3 Biyokütle 28
11.4 Bolluk 28
11.5 Örtücülük 28
12 YABANCI ORGANİZMALARIN İZLEME ÇALIŞMALARINDAKİ ÖNEMİ, ÖRNEKLEME METODU VE SIKLIĞI 29
13 BENTİK CANLILARIN HARİTALANMASI 31
14 ÇALIŞMAYA YARDIMCI ABİYOTİK DEĞİŞKENLER 33
15 RAPORLAMA 34
16 DEĞERLENDİRME -BİYOTİK İNDEKSLER 34

17 MOLEKÜLER METOTLARIN KULLANIMI 40
KAYNAKLAR 41

TABLO DİZİNİ

Tablo 1: İzleme çalışmalarında haritalama işlemleri için genel kriterler 31
Tablo 2. Örnekleme yöntemine göre verinin mekansal temsiliyeti 32
Tablo 3. Ege ve Akdeniz için Shannon-Weaver'ın Çeşitlilik İndeksi'nin (H') ekolojik durumlara göre sınıf sınır değerleri ve Ekolojik Kalite Oranları (EKO) (Dekos, 2014) 35
Tablo 4 Karadeniz için Shannon-Weaver'ın Çeşitlilik İndeksi'nin (H') ekolojik durumlara göre sınıf sınır değerleri ve Ekolojik Kalite Oranları (EKO) (Dekos, 2014) 35
Tablo 5. BENTIX'in ekolojik durumlara göre sınıf sınır değerleri ve Ekolojik Kalite Oranları (EKO) (Dekos, 2014) 36
Tablo 6. AMBI'nin ekolojik durumlara göre sınıf sınır değerleri ve Ekolojik Kalite Oranları (EKO) (Dekos, 2014) 37
Tablo 7.M-AMBI'nin ekolojik durumlara göre sınıf sınır değerleri ve Ekolojik Kalite Oranları (EKO) (Dekos, 2014) 37
Tablo 8. MEDOCC'un ekolojik durumlara göre sınıf sınır değerleri ve Ekolojik Kalite Oranları (EKO) (Dekos, 2014) 38
Tablo 9. TUBI'nin ekolojik durumlara göre sınıf sınır değerleri ve Ekolojik Kalite Oranları (EKO) .39
Tablo 10. ALEX'in ekolojik durumlara göre sınıf sınır değerleri ve Ekolojik Kalite Oranları (EKO) 40

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1Kutu kor 11
Şekil 2 R/V TÜBİTAK Marmara Araştırma Gemisi'nde kullanılan 35 kg ağırlığındaki Van Veen Grab 12
Şekil 3 Güverteye alınan grap örneği 13
Şekil 4 Dreç 14
Şekil 5 Kuadratın yerleştirilmesinde yardımcı olarak kullanılırken hat uygulaması (http://www.sitesalive.com/ol/private/02s/gallery/images/11abbyplace.jpg) 20
Şekil 6 Daha küçük karelere bölünmüş kuadrat (Bianchi ve diğ., 2004) 22
Şekil 7 Güverteye alınarak fotoğraflanan bentos örnekleri 23
Şekil 8 Arazi çalışmalarında alınan örneğin elenmesi 24
Şekil 9 Elenen örneklerin depolanması 25
Şekil 10Fiziko-kimyasal değişkenlerin su kolonunda belirlenmesi için kullanılan CTD-Roset sistemi 34

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ALEX	: Yabancı Tür Biyotik İndeksi
BT	: Kemer Transekt (Belt Transect)
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇEDİDGM	: Çevresel Etki Değerlendirme, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü
ÇŞB	: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
DEKOS	: Deniz ve Kıyı Suları Kalite Durumlarının Belirlenmesi ve Sınıflandırılması
DNA	: Deoksiribo Nükleik Asit
DSÇD	: Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi
EKO	: Ekolojik Kalite Oranları
GPS	: Küresel Konumlandırma Sistemi
H’	: Shannon-Weaver İndeksi
İÇD	: İyi Çevresel Durum
İED	: İyi Ekolojik Değerlendirme
LIT	: Doğrusal Çizgi Transekt (Point Intercept Transect)
MAM	: Marmara Araştırma Merkezi
MAP	: Akdeniz Eylem Planı (Mediterranean Action Plan)
PIT	: Noktasal Transekt (Point Intercept Transect)
PSU	: Pratik Tuzluluk Birimi (Practical Salinity Unit)
PVC	: Polivinil Klorür-Plastik materyal
RNA	: Ribo Nükleik Asit
ROV	: Uzaktan Kumandalı Denizaltı Sistemi
SCUBA	: Aletli Dalış
SÇD	: Su Çerçeve Direktifi
TUBİ	: Türk Bentik İndeksi
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezi
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı

1 GİRİŞ

Son yıllarda endüstrileşme ve şehirleşme nedeniyle ülkemiz denizlerindeki kıyısal habitatlar tehdit altındadır. Bentik denizel habitatlar, med-cezir zonundan en derin diplere kadar deniz tabanı ile bütünleşmiş biyolojik komüniteleri ve onların fiziksel çevrelerini kapsar ve bu tehditlere verdikleri tepkilerden dolayı bentik organizmalar, ortamdaki etkinin değerlendirilmesi ve izleme çalışmalarında değişimin belirlenmesi açısından büyük önem taşır. Biyotanın bu gibi çalışmalarda kullanılması su kolonu ile bütünleşik etkinin sağlanmasına yardımcı olduğu gibi, kirlilik etkisinin tarihsel yorumunu yapmayı da kolaylaştırmaktadır. Komünite parametreleri çalışılarak akuatik ekosistem üzerinde oluşan etkinin boyutları araştırılabilir (Chapman, 1996). Kirlilik amaçlı ekolojik çalışmalarda ana hedef, komünitede olumsuz etkinin başladığı evrenin belirlenebilmesi, ölçülebilmesidir.

Denizel çevre üzerinde insan kaynaklı etkinin yönetilebilmesi için son dönemlerde kabul gören düzenlemeler için sistemin koşullarını değerlendirmeye ihtiyaç duyulmaktadır. Ekosistem tanımlayıcıları ekosistemin durumu ve görevi hakkında bilgi verdiği için önemlidir. Bentik omurgasızlar, çevresel kalite durumunun belirlenmesinde önemli bileşenlerdir çünkü doğal ve antropojenik kaynaklı baskıya da çok hızlı tepki verebilirler (Pearson ve Rosenberg, 1978; Warwick ve Clarke, 2001). Ekosistem içinde türlere ait yaşam stratejileri 3 farklı ekolojik grup (r-selected, k-selected ve t-stresi tolere edebilen) altında değerlendirilmektedir. K-selected olarak tanımlanan türlerin yaşam döngüleri uzundur, yavaş gelişim gösterirler ve yüksek biyokütleye ulaşırlar. Ayrıca, düşük yoğunlukta bulunurlar, zaman içinde önemli değişim göstermezler ve herhangi bir stres karşısında toleranslı olarak kabul edilmezler. R-selected türler, baskılar ve stres nedeni ile popülasyonlarında artış sergileyen fırsatçı türlerdir yani yaşam döngüleri kısadır, hızlı gelişirler, erken seksüel olgunluğa erişirler ve yıl boyu üreyebilirler. T-stresi tolere edebilen türler ise birincil fırsatçı türleri kapsar ve bunlar komünitede öncü, koloni oluşturan ve düşük çözünmüş oksijen değerlerinde yaşayabilen türlerden oluşur (Gray, 1979).

Bentik fauna, detritusun parçalanması, nütrient döngüsü ve daha üst seviyelere enerji akışında önemli bir role sahiptir. Buna ilaveten, bu türler substrat ile çok sıkı ilişki halinde oldukları için organik kirleticiler ve kimyasallara yoğun olarak maruz kalır ve onları akümüle edebilirler. Genel olarak iyi çevre koşullarını yansıtan bir komünitenin çoğunluğunun k-selected türlerden oluşması, komünitede bir ya da bir kaç türün baskınlığının olmaması ve bolluk değerlerinin homojen dağılım göstermesi beklenir. Bu gibi komünitelerde türlerin rolleri rekabetçi olmaktan çok tamamlayıcı özelliktedir. Rekabet ortamı nişlerin dolu olması durumunda ortaya çıkar ve benzer kaynaklar rekabetçi türler tarafından kullanılır. Bu gibi ortamlardaki ekosistemler, oluşan çevresel değişimlere karşısında şekillenir ve bu değişimlere direnç gösterir (Rice ve diğ., 2010).

Bentik çalışmalardan elde edilen sonuçlar değerlendirilirken ekosistemin sağlık durumunu belirlemek için farklı indeksler kullanılmaktadır (Pearson ve Rosenberg, 1978, Warwickve Clarke, 2001). Avrupa Birliğine üye ülkelerin kabul ettiği 12 farklı metot çoklu metrik, çoklu değişkenli (ör. AMBI) ve tekli değişkenli (ör. MEDOCC, Bentix) olarak ayrılmaktadır. Çoklu metrik metotta indikatörler/gösterge türler tek bir formülde bütünleştirilmiştir. İndikatörlerden/ gösterge türlerden elde edilen skorlara göre alanlar, iyi ekolojik durumu yansıtan (İÇD - İyi Çevresel Durum) ve yansıtmayan (kötü-İÇD - İyi Olmayan Çevresel Durum) olarak iki şekilde değerlendirilmektedir. Bazı ülkeler farklı metotları farklı

ekolojik bölgeler için kullanmaktadır (Borja ve diğ., 2009). Türkiye'de ise Ege-Akdeniz yumuşak substrat bentos faunasına özgü bir indeks (Türk Bentik İndeks – TUBI) geliştirmiştir(Çınar ve diğ. 2015). Bu indeks kullanılırken bentik türlerin ekolojik grupları için DEKOS (2014) projesi kapsamında uzmanlar tarafından hazırlanan ve daha sonrasında Çınar ve diğ. (2015) tarafından yeni türler eklenerek geliştirilen ulusal tür veri tabanı kullanılmaktadır. Bu indekslere ek olarak yabancı türlerin Türkiye kıyılarında yumuşak substratbentik komüniteler üzerine etkilerini göstermek için başka bir indeks (ALEX), yine Türkiyeli araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir (Çınar ve Bakır, 2014). Yabancı Tür Biyotik İndeksi (ALEX) yabancı türlerin bentik komüniteler üzerine etkisini göstermek için Su Çerçeve Direktifi (SÇD) hedefleri doğrultusunda Ege-Akdeniz ekosistemleri için geliştirilmiştir.

Ekosistemin sağlık durumunu belirlemede araç olarak kullanılan tüm bu indeksler Akdeniz sularına özgü oluşturulmuşlardır. Karadeniz için de uygulanabilirler ancak Karadeniz Akdeniz'le kıyaslandığında denizel özellikler açısından tamamıyla farklı bir yapıya sahip olduğundan ve Karadeniz'de yaşayan türlerin ekolojileri ve adaptasyon süreçlerinin farklı bir değerlendirmeye tabi tutulmaları gerektiğinden bu indekslerin revize edilerek kullanılması veya denize özel indeks geliştirilmesinin gerekliliği konunun uzmanları tarafından belirtilmektedir. 2015 yılı itibariyle, Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme projesi kapsamında TUBI indeksi, indeksi hazırlayan akademisyenlerin önerisi doğrultusunda Karadeniz'in yumuşak substrat zoobentos değerlendirmelerinde kullanılmaya başlanmıştır. Önümüzdeki süreçte Karadeniz için indeksin gerekli revizyonunun yapılması planlanmaktadır. Karadeniz için yumuşak substrat bentos değerlendirmesi için izleme çalışmalarında düzenli olarak takip edilmesi önerilen iki indeks M-AMBI ve TUBI'dir. Ayrıca ALEX indeksi de Karadeniz'de yabancı türlerin etkisinin tespiti için 2015 yılından beri kullanılmaktadır. Akdeniz ve Ege Denizi değerlendirmelerinde TUBI'nin temel indeks olarak kullanılmalıdır, diğer indeksler de karşılaştırma amaçlı kullanılabilir.

Bentik ekosistemin sağlık durumunun belirlenmesi ve bunun bir gösterge olarak kullanılmasının önemine Barselona Sözleşmesi (1976), Bükreş Sözleşmesi (1992), Su Çerçeve Direktifi (2000/60/EC), Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (2010/477/EU) gibi uluslararası sözleşme ve dokümanlarda yer verilmiştir. AB ülkelerinin kıyı sularını kapsayan Akdeniz'in Kirlenmeye Karşı Korunması Sözleşmesi'nin (Barselona 1976) temel amacı Akdeniz'de kirliliği azaltarak denizel çevrenin korunması, geliştirilmesi ve böylelikle sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasıdır. Bu sözleşme, koordineli izleme çalışmaları sayesinde öncelikli çevre sorunlarının (nedenlerini ve etkilerini) tanımlanmasını sağlar ve ulusal mevzuattaki hedefleri ve standartları artırmak için sözleşmeye taraf olanların uyumlu olmalarına yardımcı olur. Akdeniz ülkelerinin ortak çabalarıyla oluşturulan ve UNEP/MAP Atina Ofisinin koordinasyonuyla Akdeniz Eylem Planı (MED POL) uygulamaya konulmuştur. Türkiye'nin taraf olduğu MED POL programının temel amacı, denizlerimizde kirlilik durumu ve eğilimlerin belirlenmesi; bu kirliliğe neden olan karasal kaynakların sürekli izlenerek AB kriterlerine uygun şekilde gerekli idari ve teknik önlemlerin alınmasını sağlamaktır. Bunlarda ilgili dokümanlarda Akdeniz'deki bentik habitatların ekolojik durumunun tespiti ötrofikasyon, yabancı türler, besin ağı vb göstergelerle de direk ilgili olduğu için önemli yer tutmaktadır (Zampoukas ve diğ., 2014). Ülkemizde ise, Akdeniz'de Özel Koruma Alanları ve Biyolojik Çeşitliliğe İlişkin Protokol (12.10.1988 tarih ve 19968 sayılı Resmi Gazete) kapsamında özellikle 3.,7. ve 20. başlıklar altında özel koruma bölgelerinin tanımlanması, izlenmesi (insan aktivitelerinin etkileri, popülasyon dinamikleri, habitatlar ve ekolojik süreçlerin (değişim) sürekli izlenmesi) ve iyileştirilmesi amacı ile

bilimsel ve teknik araştırmalar yapılması konusu belirtilmiştir.

Karadeniz için ise kirlilikle mücadele etmek ve Karadeniz ekosistemini rehabilite etmek amacıyla kıyıdaş ülkeler tarafından hazırlanan Bükreş Sözleşmesi (1992) 1994 yılında yürürlüğe girmiştir. Ülkemizi taraf olduğu Protokoller gereği yükümlülüklerini yerine getirme yönünde çalışmalar yürütmektedir. Karadeniz'in çevresel anlamda korunması ve rehabilitasyonu için Stratejik Eylem Planı 2009 yılında yenilenmiştir (http://www.blacksea-commission.org/_bssap2009.asp). Buna göre Karadeniz için 4 ana çevresel sorun (ötrofikasyon, kirlilik, canlı kaynakların tükenmesi, biyolojik çeşitliliğin olumsuz etkilenmesi) tanımlanmış ve bu sorunların giderilmesine yönelik operasyonel hedefler belirlenmiştir. Bu kapsamda Stratejik Eylem Planı'nda Uzun Dönemli Ekosistem Kalite Hedefleri (EcoQOs) oluşturulmuştur (Zampoukas ve diğ., 2014). Bu hedeflerden ikincisi olan "Karadeniz Biyoçeşitliliğinin ve Habitatlarının Korunması" başlığı altında bentik ekosistemlerin korunması tanımlaması yapılmıştır. Bunun için tehdit alındaki habitatlara yönelik bentik çalışmalar yapılması ve izleme çalışmaları yapılarak veri/bilgi toplama gerekliliği belirtilmiştir.

Avrupa Birliği'nde uygulanan iki direktif, Su Çerçeve Direktifi (SÇD) ve Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (DSÇD) birbirleriyle çok yakından ilişkili iki direktiftir. Bentik fauna ve floranın (bolluk, taksonomik kompozisyon, ve hassas gruplar yönünden) izlenmesi her iki direktifte de gereklilik olarak belirtilmiştir. Her ikisi de insan aktiviteleri ve bunun sonucunda oluşan baskıların biyolojik etkisinin ne olduğu arasındaki bağlantıyı kurmayı amaçlamaktadır. DSÇD kapsamında gerçekleştirilen izleme programlarının "İyi Çevresel Durum" (İÇD) hedefine ulaşılması ve sürdürülmesinde önceden tanımlanmış göstergeler üzerine yapılandırılması gerekmektedir (Zampoukas ve diğ., 2014).

Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi'nde(2010/477/EU), bentik ekosistemlerin İyi Çevresel Durumunu (İÇD) yansıtan üç tanımlayıcısı şu şekilde belirtilmiştir (*http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010D0477(01)&from=EN).*

Tanımlayıcı 1: Biyoçeşitliliğin korunması

Tanımlayıcı 2: İnsan aktiviteleri ile taşınmış yabancı türlerin ekosistemleri olumsuz yönde değişikliğe uğratmayacak seviyede olması

Tanımlayıcı 6: Deniz tabanı bütünlüğü kapsamında bentik ekosistemlerin olumsuz etkilere maruz kalmayacağı seviyede korunmasıdır (UNEP/MAP, 2016).

2 AMAÇ

Bu kılavuzun amacı, ülkemizde gerçekleştirilecek olan izleme çalışmalarında zoobentos örnekleme, analiz ve değerlendirme yöntemlerine yönelik rehber oluşturmasıdır. Kılavuz içeriği oldukça geniş kapsamlı olup, ayrıntılı olarak yumuşak ve sert substratum (farklı habitat tiplerine yönelik) zoobentos örnekleme, laboratuvar, analiz ve değerlendirmelerini içermektedir.

Hâlihazırda Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yürütülmekte olan deniz izleme çalışmaları yumuşak substrat makrozoobentos (Van Veen Grab örneklemesi ile) araştırmalarını içermekte olup değerlendirmeler de bu kapsamda yapılmaktadır. Kılavuzun bu kadar geniş

kapsamda tutulmasının nedeni; süreç içinde farklı substrat yapılarındaki habitat tiplerine yönelik izleme çalışmaları yapılması planlandığı durumlarda bir rehber olarak kullanılacak olmasıdır. Böylece bu çalışmalar uygun ve doğru metodolojiler kullanılarak yapılacaktır. Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (DSÇD) ve Habitat Direktifi (HD)'ne bakıldığında çok farklı habitat tiplerinin izlenmesinin önemi vurgulanmaktadır (ör.; littoral kaya ve biyojenik reefler, littoral sediman, kıyı sublittoral kaba kum, çamur, kum, karışık sediman tipleri gibi). HD Annex I'de deniz tabanı habitatları olarak tanımlanmış olan habitat tipleri (farklı substrat yapılarını temsil eden) için durum değerlendirilmesi yapılması gerekliliği belirtilmiştir. Ayrıca Annex II ve Annex IV'de belli omurgasız türleri belirtilmiş ve bu türlerden kiminin korunmasına yönelik özel alanların oluşturulması, kimininse koruma altına alınması gerektiği belirtilmiştir. DSÇD ise HD'den farklı olarak belirli tür ve habitatlara odaklanmaktansa kalitatif tanımlayıcılar önermektedir. DSÇD'de deniz izleme ve değerlendirmesi çalışmalarında göz önünde bulundurulması gereken habitat tipleri 3 kategoride tanımlanmıştır: (1) Predominant habitatlar (2) Özel habitat tipleri, (3) belli özellikleri olan habitat tipleri (Zampoukas ve diğ., 2014).

Zoobentosu içeren izleme çalışmalarının standardize edilmesi, farklı araştırmacılar tarafından farklı bölgelerde elde edilen sonuçların birbirleriyle daha doğru bir şekilde karşılaştırılabilmesini sağlayacaktır. Ayrıca, aynı yöntemler izlenerek yapılan değerlendirmeler ekosistemde geniş ölçekte meydana gelen değişimlerin doğru şekilde tespit edilmesini sağlayacaktır.

Kılavuzun bütünü, bentik çalışmalar için örneklemenin planlanmasından analizlerin nasıl yapılacağına kadar tüm aşamaları içermektedir. Habitatlara ve bentik organizma gruplarına bağlı olarak değişen örnekleme yöntemi ve ekipmanları yanında örneklerin arazi ve laboratuvarda değerlendirilmesi, örnek saklama yöntemi ve örneğe erişim, örneklerin kalitatif ve kantitatif değerlendirilmesi, yabancı organizmalar ve izleme çalışmalarındaki önemi, zoobentik canlıların haritalanması, çalışmaya yardımcı abiyotik değişkenler, raporlama ve biyotik indeksler gibi farklı konularda yapılmış çalışmalar, katılımcı uzmanların görüşleri de ilave edilerek değerlendirilmiştir.

Deniz ve Kıyı Suları Kalite Durumlarının Belirlenmesi ve Sınıflandırılması Projesi (Dekos, 2014), Türkiye denizlerinde Su Çerçeve Direktifi ve Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi'ne uyumlu olarak yumuşak substrat bentos çalışmalarının gerçekleştirilmesi ve değerlendirilmesi için bir temel oluşturmaktadır. 2015 yılında başlayan "Deniz İzlemelerinde Standardizasyonun Sağlanması Projesi" kapsamında yapılan toplantılarda kaliteli, güvenilir ve bunun sonucunda karşılaştırılabilir bentik çalışmaların nasıl yapılacağı konusundaki görüşler, ulusal yönetmelikler, AB Su Çerçeve Direktifi ve AB Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi dikkate alınarak ortaya konmuştur. 2014 -2016 yılları arasında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yürütülen Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Projesi kapsamında tüm denizlerimizde yumuşak substratum zoobentos çalışması yapılmış ve ekolojik kalite indeksleri kullanılarak değerlendirmeler yapılmıştır. Aynı çalışma 2017-2019 yılları süresince de devam edecektir.

3 YUMUŞAK SUBSTRATUM

3.1 Yumuşak Substratumun İzleme Çalışmalarındaki Önemi

Yumuşak substratumlarda bulunan bentik infauna ve epifaunanın tür kompozisyonu değişken olup türlerin dağılımında başta derinlik olmak üzere, tane boyu (sedimanın), pH, çözünmüş oksijen ve tuzluluk gibi pek çok çevresel faktör etkili olmaktadır. Yumuşak substratlar üzerinde veya içerisinde bulunan canlılara besin ortamı ve yumurtlama alanı oluşturduğu için yüksek tür çeşitliliğine sahiptir. Ayrıca besin tuzlarının (nütrientlerin) ve diğer kimyasalların sediman ve su kolonu arasındaki döngüsünü sağlayan ana kaynaklardır.

Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (DSÇD), Su Çerçeve Direktifi (SÇD), ulusal izleme programları vb. de bentik komunitelerin antropojenik baskıların etkilerini tespit etmek için indikatör olarak kullanılmalarının önerilmesinin nedeni; bentik komünite yapısının kirlilikle ilişkili olarak değişim göstermesi ve bu durumun da mevcut etkinin tespit edilmesinde avantaj sağlamasıdır (Zampoukas ve diğ., 2014).

Deniz tabanında birikim gösteren organik madde miktarının artması sonucu oksijen konsantrasyonunda düşüş meydana gelir. O bölgede yaşayan bentik komünite ise değişen koşullara komünite içinde toleranslı türlerin sayısını ve varlığını arttırarak cevap verir. Bu durumun kolaylıkla gözlemlenebilir ve tespit edilebilir olması izleme çalışmalarında indikatör olarak kullanılmalarının ana nedenidir (Tagliapietra ve Sigovini, 2010; Helcom, 2015). Bu nedenledir ki, DSÇD ve SÇD'nde gibi temel direktiflerde deniz tabanı bütünlüğü tanımlayıcısı altında bentik komünitelerin tür çeşitliliği, bolluğu, tür kompozisyonu, hassas toleranslı tür oranlarının tespiti vb. özelliklerinin belirlenmesi ve çok metrikli indeksler kullanılarak bentik komünitenin durumunun tespitinin yapılarak izlenmesi gerekliliği belirtilmektedir(*http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010 D0477(01) & from =EN).*

Yumuşak substratumda yaşayan organizmaların dağılımlarında, av-avcı ilişkileri, rekabet, bölgesel ekolojik baskılar ve sediman içerisinde yaşayan infaunanın beslenme ilişkileri gibi konular nedeniyle yüksek lokal heterojenite görülmektedir. Sedenter olduklarından, yani seri hareket kabiliyetleri olup ortamdan uzaklaşmayı başaramadıklarından, lokal koşulları yansıtırlar. Böylece tür kompozisyonundaki strese dayanıklı türlerin oranına bakılarak ortam koşullarıyla ilgili bilgiye kolaylıkla ulaşılması mümkün olmaktadır. Bir çok tür kirleticilerin yoğun olarak biriktiği sediman-su temas noktasında yaşamaktadırlar. Bu komüniteler farklı seviyelerde strese cevap veren türleri barındırmaktadırlar. Yumuşak substratum bentik organizmalarının organik madde zenginleşmesine gösterdiği tepki, mevcut ekosistemin durumunun anlaşılması açısından oldukça önemlidir. Organik madde artışı ile fırsatçı türlerin bolluğu artmakta, oksijen konsantrasyonu azalmakta ve bu koşulları takiben tür sayısında azalmalar meydana gelmektedir (Pearson ve Rosenberg, 1978). Bu sayede komünite içerisinde var olan türlerin tolerans durumlarına bakılarak ortamdaki baskının derecesi rahatlıkla tespit edilebilir. Yumuşak zeminde yaşayan makrobentik komüniteleri oluşturan taksonlar meiobentos ve mikrobentosa göre daha uzun yaşamlıdır ve dolayısıyla uzun süreli çevresel etkileri yansıtabilirler. Denizlerimizde yumuşak substratumlarda, sert substratumlara oranla çok daha fazla bilimsel araştırma gerçekleştirilmiştir. Yumuşak substratumun önemli temsilcilerinden başta poliketler ve yumuşakçalar içerisinde biyoindikatör olarak kullanılan pek çok takson bulunmaktadır.

3.2 Örnekleme Yöntemi, Ekipmanları ve İstasyon Seçimi

Bentik bölgede yapılacak izleme çalışmalarında, bölgede örnekleme yapılacak istasyonların, side scan sonar veya multibeam gibi bölgenin habitat, biyotop yapıları ile derinlik gibi fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan aletlerle yapılacak bir ön çalışmadan sonra seçilmesi, ortamı temsil etmeleri açısından daha uygun olacaktır. Makrozoobentik türlerin örneklemesinde sediman tipinin belirlenmesi seçilen istasyonların birbirleriyle kıyaslanabilirliğini sağlayacağından örneklemelerin tane boyu analizleri birbirine benzer sediman tiplerinden yapılması gerekmektedir (Eleftheriou ve McIntyre, 2005).

Kirlilik izleme çalışmalarında belirlenecek istasyonların tüm denizlerimiz için kirletici kaynaklara yakın bölgelerden seçilmesi gerekmektedir. Limanlar ve yetiştiricilik tesislerinin bulunduğu alanlar çok fazla kirlilik yükü olması nedeniyle izleme çalışmalarında yer almalıdır. Türkiye Denizleri'nde 50 m derinliği geçen derin sularda izleme çalışması yapmayı gerektiren belirgin bir kirletici kaynak yoksa (örn. derin deniz deşarjları, açık su balık yetiştiriciliği, vb) örnekleme derinliklerinin < 50m'de tutulması önerilmektedir. Kirlilik izleme çalışması yapılacak bölgelerde istasyon seçiminin kirlilik kaynaklarına yakın seçilmesi gerekmektedir. Derinliğe bağlı olarak komünite yapısı değiştiğinden her bir deniz için örnekleme derinliklerinin olabildiğince benzer tutulması gerekmektedir. Ayrıca izleme çalışması yapılacak istasyonların habitat tiplerinin karşılaştırılabilir olmaları için benzer olması gerekmektedir.

Yumuşak substratum örneklemelerinin 3 veya daha fazla tekrarlı (replikasyon) olacak şekilde yapılması tür komposizyonu hakkında daha doğru sonuçlar verecektir (Eleftheriou ve Holme 1984; Gray ve diğ., 1992). Yumuşak substratumda yapılacak izleme, habitat türüne, indikatör türe, organizmaların dağılım şekline, çalışma alanının özelliklerine, çalışma bölgesinde var olan habitat sayısına, çevresel değişkenlerin zamansal ve mekansal değişkenliğine, çalışmanın amacına ve mevcut bütçeye bağlıdır (ICES, 1996; Zampoukas ve diğ., 2014).

Bentik komünitelerin yıldan yıla değişen varyasyonlar gösterdiğinden Türkiye denizleri için örneklemelerin yılda bir kez, özellikle ortam koşullarında olumsuz durumların gözlendiği Ağustos sonu veya Eylül'de yapılması önerilir (Çınar ve diğ., 2015; DBTE-216, 2015; Başçınar ve diğ., 2015). İzleme yapılacak bölgede nütrient girişinin bentik canlıların yaşamları üzerinde ciddi etkileri görüldüğü takdirde, yılda iki kez (ilkbahar ve sonbahar) yapılması önerilmektedir (ICES, 2009).

Örneklemeler bölgenin büyüklüğüne, habitat tipine bağlı olarak değişmektedir. Yumuşak substratum örneklemelerinde kullanılan aletler infauna ve epifauna'yı oluşturan canlılar için farklılık göstermektedir (Bkz. 3.2.1 ve 3.2.2).

3.2.1 Infauna

Sedimanın içinde, yüzeyden itibaren yaklaşık olarak 1 m derinliğe kadar olan alanda yaşantılarını sürdüren canlılar infaunayı oluşturmaktır (ICES, 2009). Bu canlıların örneklemelerinde kutu kor ve grab kullanılmaktadır (Rumohr, 2009). Örnekler alındıktan sonra fotoğrafların çekilmesi ortama ilişkin bir kayıt oluşturulması açısından önemlidir.

Kutu Kor (Box Core)

Kutu kor örnekleyicileri özellikle derin sularda güvenli kullanımları nedeniyle tercih edilmekte, ancak daha sığ sularda da kullanılmaktadır. Kutu korlar, makrofaunanın değerlendirilmesine uygun olarak sedimanın daha derinlerine gömülmüş canlıların olabildiğince zarar görmeden alınabilmesini sağlar (Rumohr, 2009) (Şekil 1). Siltli sedimanlarda korun sedimana nüfusunun sağlanması için korun ağırlığı ayarlanmalıdır (Rumohr, 2009).Farklı markalarda üretilmiş kor örnekleyiciler mevcuttur (ör. Hessler ve Jumars, 1974; Boland ve Rowe, 1991; Jonasson ve Olausson, 1996). Kutu kor örnekleyiciler çok büyük ve ağır olduğu için çalışması zor aletlerdir. Kullanımı için büyük bir araştırma gemisi gerekir ve sağlıklı bir örnekleme için hava koşullarının uygun olması şarttır. Aletin denize bırakılması ve daha sonra tekrar güverteye alınması vinç yardımıyla yapılmalıdır (Rumohr, 2009).

Şekil 1 Kutu kor

Grab ile örnekleme

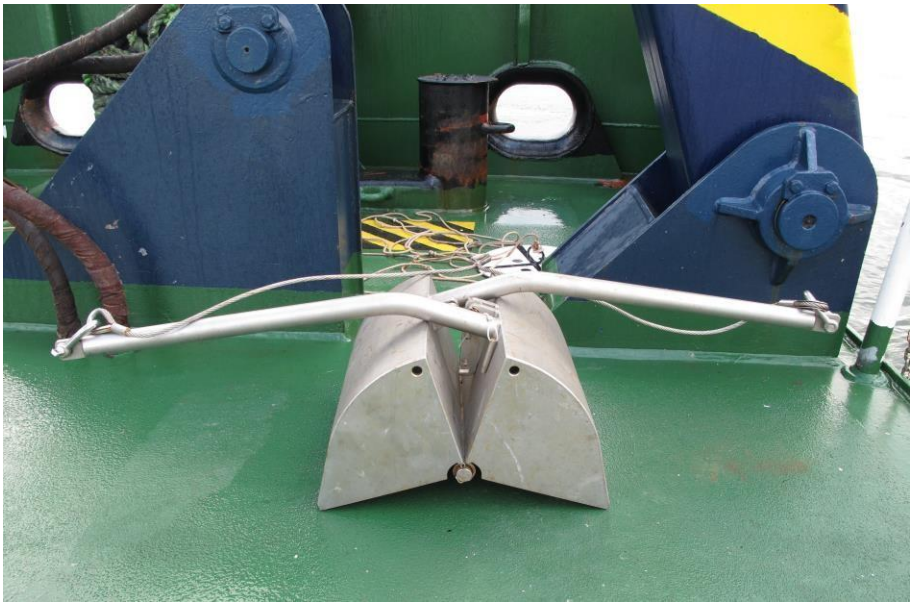
Yumuşak zemin örneklemelerinde kullanılan birçok grab çeşidi olmasına rağmen en çok kullanılan standart örnekleme aracı 0,1 m^2'lik alanı örnekleyebilen Van Veen Grab'dır (Şekil 2). Grab dibe iniş esnasında açıktır. Dibe değerek kapanır ve tüm dip malzemesiyle canlıları alır. Standart bir grab genel olarak 0,1 m^2 lik bir alanı örneklemesi ve çamurlu zeminlerde örnekleme yapılacaksa aletin 35-40 kg olması(Şekil 2), kumlu sedimanlarda ise 70-100 kg arasında olması önerilmektedir. Grab boş durumda iken aşağıdaki teknik özelliklere sahip olmalıdır (Rumohr, 2009):

1) Grabın oluşturduğu etkinin azaltılması açısından üst kısımdaki açıklığın olabildiğince geniş olması gereklidir (üst yüzeyin minimum %60 kadarı). Bu açıklıklar 0,5x0,5 mm göz açıklığında metal elek teli ile kaplı olmalıdır.

2) Grab üzerine 20 kg'a kadar ağırlık eklenebilmelidir. Bunun için ya grabın içerisine ya da üzerine dört eşit parça halinde yük bağlanabilir.

3) Eğik, uzun kollu grabların sert ve kumluk zeminlerde daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür

4) Grabın dizaynı, kapanma sırasında zeminden yükselmeyecek şekilde olmalıdır (ICES, 1994).



Şekil 2 R/V TÜBİTAK Marmara Araştırma Gemisi'nde kullanılan 35 kg ağırlığındaki Van Veen Grab

Grab ya da kutu kor örnekleyici kullanırken dikkat edilmesi gereken konular: Örneklemede gemi sabitlenmeli ve mümkün olduğunca az hareket etmelidir. Vinçle yapılan işlemler örnek kalitesi için kritik önem taşır. Bu nedenle, bu işlemin standart hale getirilmesi gereklidir. Örnekleme istasyonlarında grabın, mekanizmayı tetiklemeyecek şekilde yavaş ve zemine mümkün olan en küçük açıyla bırakılması gerekmektedir. Derin sularda ya da hızlı akıntı durumunda grab üzerine ağırlık eklenebilir. Deniz tabanına 5-10 m mesafe kaldığında grabın indirilme hızı azaltılmalıdır (<0.5 m/s), böylece grabın önünde meydana gelecek turbülans azaltılmış olur. Aksi taktirde yüzeydeki canlılar kaybedilebilir. Grab deniz tabanına temas ettiğinde halat gevşer ve alınan örnek ilk 5 m'de dikkatli bir şekilde, daha sonra da güvenli bir hızda yukarı doğru çekilir. Grab suya indirilirken ve çekilirken dikey konumunu korunmalıdır. Grab'ın ağzı sıkı bir şekilde kapanmalı ve grab çekilirken dip materyali akmamalıdır (Rumohr, 2009).

Güvertede örneklerin alınması ve gerekli işlemlerin yapılması için uygun ekipman bulunmalıdır. Grab güverteye alındığında önce büyük bir küvet içerisine yerleştirilerek gelen örneğin yeterli olup olmadığı incelenmelidir (Sekil 3). Örnekleme aletinin yeteri kadar bentik örnek almasına dikkat edilmelidir. Az miktarda alınan örnekler iptal edilmeli, örnek alımı tekrarlanmalıdır. Daha sonra amaca göre elenen örnekler yavaşça bidonlara boşaltılmalı, grab tekrar kullanılmadan önce iyi bir şekilde temizlenmelidir (Rumohr, 2009).

Grab ile örnekleme yapılırken aşağıdaki durumlar oluşur ise örnekleme geçersiz sayılmalı ve tekrarlanmalıdır (Eleftheriou ve McIntyre, 2005, Rumohr, 2009).

- Grabın ağzı deniz tabanında tam kapanmadığında
- Örneğin, tekneye transferi sırasında materyalin akarak kayıp olduğunun tespit edilmesi durumunda
- Aynı bölgede diğer örneklerden sapma gözlenmesi (örnek olarak, kumluk bölgeden örnekleme yapılırken *Mytilus* kümelerine ait örnek alınması) durumunda küçük bölgesel fauna yoğunluklarının not edilmesi için alınan örnek korunmalı ancak istasyon ortalamasının hesaplanmasında kullanılmak üzere yeni bir örnek alınmalıdır.
- Örnekleme yüzeyinin yıkandığı veya başka bir av aracı tarafından tarandığı fark edildiği durumlarda

Elekle yıkama işlemine geçilmeden önce sediman ve biyotop özellikleri kayıt altına alınmalıdır.

Şekil 3Güverteye alınan grap örneği

Dalarak örnekleme

Bilimsel örneklerin dalarak elde edilmesinde çoğunlukla SCUBA sistemleri kullanılır (Rumohr, 2009). Bu sistem, diğer birçok uzaktan örnekleme sitemleri ile karşılaştırıldığında, dalgıcın su altında serbest bir şekilde hareket etmesine olanak sağlar. Ayrıca birçok dalış merkezi tarafından öğretilen bir teknik olduğundan araştırmacıların çoğunun da ilk öğrendikleri dalış metodudur. SCUBA ekipmanları genellikle çok ağır değildir ve düşük maliyetlidir. Birçok bilimsel çalışma için dalgıcın kendi ekipmanını üzerinde taşıması ve tekneye bağımlı olmaması çok önemlidir. SCUBA da tek dezavantaj dalış süresinin, dalgıcın taşıyabileceği hava miktarı ile sınırlı olmasıdır. Sığ sularda yumuşak sedimanların örneklenmesinde SCUBA dalışı çok kullanışlı bir metottur. Ancak gemilerle alınan örnekler ile dalarak alınan örneklerden elde edilen veriler birleştirildiğinde karşılaştırma çalışması gereklidir (Rumohr, 2009). Dalarak örneklemede (özellikle meiobentos için) akrilik veya

metal tüp korlar (Jensen, 1983) kullanılır. Bunun dışında, çamurlu ve kumlu zeminlerde dalgıçların yönlendirdiği kutu korlar veya emici örnekleme aletleri de kullanılmaktadır (Rumohr, 2009).

3.2.2 Epifauna

Sedimanın üst yüzeyinde yaşantılarını sürdüren grab ve kutu kor gibi örnekleme aletlerle etkili bir şekilde örneklenemeyen canlılardır (Rumohr, 2009).

Dreç ile örnekleme

Dreç dikdörtgen bir metal çerçeveye sahip arkasında ise sedimanı biriktiren bir torba kısmı ile bu torbayı koruyan bir ağdan oluşan bir örnekleme aracıdır (Şekil 4). Amacı epifaunanın yanısıra sediman içinden de infauna örneklerini alabilmektir (Rumohr, 2009).

Şekil 4 Dreç

Grab ile kantitatif örnekleme yapılabilirken dreç ile yapılan örneklemeler kalitatiftir. Dreçin önünde sedimanla temas eden alt kenarına, sert zemine sahip (silt, kil) ortamları örnekleyebilmesi için ekstra bıçak şeklinde bir demir parça ilave edilebilir. Dreçin ağ göz açıklığı 0.5 mm olmalıdır. Ağ torbanın dolduktan sonra yırtılmasını engellemek için ağın dışına koruyucu bir torba da ilave edilebilmektedir. Bu genellikle çuval benzeri bir koruyucu örtüdür. Güverteye alınan dreç materyali geniş bir leğene boşaltılır ve güverte üstünde elekler yardımı ile ön eleme işlemi yapılır. Elenen materyal 5 L'lik plastik bidonlara nakledilir ve %4-5 lik formaldehit ile fikse edilir. Drej örneklemesinde alınan örneğe ait fotoğraf çekilmelidir (Rumohr, 2009).

Bim Trol ile örnekleme

Hareketli ve oldukça geniş alanlara yayılan canlıların toplanarak alandaki biyoçeşitliliğin tespit edilmesinde kullanılan oldukça etkili bir örnekleme aletidir.

Bim trol epifaunanın kalitatif örneklemesi için kullanılmaktadır. Dreçe göre daha geniş ağız çapına ve ağ göz açıklığına sahiptir. Bu sayede daha geniş bir alanı tarayabilmekte ve yumuşak substratum üzerinde yaşayan epifaunayı örnekleyebilmektedir. Bunlar genellikle salyangoz, yengeç, karides, midye, derisi dikenliler ve dip balıklarıdır. Değişik ebatlarda ağız açıklığına sahip bim trol tipleri bulunmakla birlikte genel olarak 2-5 m arasında değişen ağız açıklıklarına sahiptirler. Torba göz açıklığı genel olarak 1-1,5 cm'dir. Bim Trol örneklemesinde alınan örneğe ait fotoğraf çekilmeli ve elde edilen materyal ağ göz açıklığına eşit bir göz açıklığına sahip elekte yıkanmalıdır (Rumohr, 2009).

4 SERT SUBSTRATUM

4.1 Sert Substratum Makrobentik Organizmalarının İzleme Çalışmalarındaki Önemi

Sert substratum komüniteleri biyoçeşitlilik açısından büyük bir çeşitliliğe sahiptir. Sert substratumda görülen çeşitlilik, yumuşak substratuma göre daha fazladır (ICES, 2004). Kayalık kısımlarda üst mediolittoral bölgede yaşayan topluluklar farklı kirleticilere, sıcaklık ve tuzluluk değişimlerine maruz kalırlar. Farklı aktivite ve kaynaklardan (deniz deşarjları, balık çiftliklerinden gelen kirleticiler, trol, sediman hareketini sağlayan aktiviteler, tekne ve dalış aktiviteleri) sisteme giren kentsel ve endüstriyel girdiler, alt mediolittoral zonda önemli etkilere neden olurlar. Sert substratum genellikle sesil bentik komünitelerle temsil edilir ve bentik komüniteler deniz suyu kalitesinin ve çevresel etkinin değerlendirilmesinde gerekli ve önemli göstergelerdir (Bianchi ve diğ., 2004). Bentik organizmalar deniz tabanı ile olan sıkı ilişkileri, yaşam döngülerinin daha uzun olması ve sesil olma özellikleri ile fiziko-kimyasal değişkenlere göre daha önemli ve uzun süreli değişimleri yansıtır (Pearson ve Rosenberg, 1978; Borja ve diğ., 2000). Ekolojik durumun belirlenmesinde kullanılan indekslerin anlatıldığı çalışmalar habitata özgü olup, çoğunlukla yumuşak substratumda yaşayan organizmalardan yararlanılır. Bentik komünitenin görev ve koşullarını vurgulayan indekslerin kullanıldıkları bölgeye göre kalibrasyonları yapılmıştır. Akdeniz'de sadece kıyısal, yumuşak substratumlar için kalibrasyon yapılırken, sert substratum komünitelerinin interkalibrasyonu henüz yapılmamıştır. Bunun nedeni, örnekleme yöntemi, türün var/yok olmasının önemi, yoğunluğu, kalite değerlendirme metotlarının yumuşak substratumdan oldukça farklı olmasıdır (Borja ve diğ., 2009). Sünger ve mercanlar gibi kırılgan türlerin bulunduğu sert substratlar herhangi bir fiziksel etki (balıkçılık aktivitesi) ile karşılaştığı zaman hem substrat hem de burada yaşayan türler etkilenmektedir (Rice ve diğ., 2010). Balıkçılık gibi insan etkisi ile yapılan faaliyetlerde biyojenik habitatlar zarar görebilir. Bu gibi habitatların yayılım alanının azalması, fiziksel ve biyolojik çevrede değişimlere neden olmaktadır. Koraller, kırılgan bryozoan türleri ve süngerler zarar görürken onların başka canlılar için oluşturduğu habitatlarda yok olmaktadır. Biyojenik habitatlar tarafından kaplanan alanın azalması, bu habitatların zarar gördüğünü ifade eder (Rice ve diğ., 2010). Biyoçeşitliliğin yüksek olduğu Mercan resifleri, kirliliğe ve balıkçılık aktivitelerine hassas olan habitatlardır. Korallijen habitatlar, Akdeniz'in kayalık substratlarında gelişirler. Rhodophyta'ya ait kalker yapılardan gelişen bu habitatlara diğer sesil canlılar da (Polychaeta, Cnidaria, Bryozoa) eşlik eder. MSFD kapsamında doğru izleme yöntemi kullanılarak takip edilmesi gerekli olan bu habitatlar insan etkisine hassas tanımlayıcılardır (Piazzi ve diğ., 2014). Akdeniz biyoçeşitliliğine, *Posidonia oceanica* çayırlarından sonra en fazla katkı koyan korallijen komüniteler için uygulanan multimetrik indeksler kullanılarak denizel çevrenin ekolojik durumunun araştırılması, korallijen biyotoplara zarar vermeyecek tekniklerle yapılmalıdır (Deter ve diğ., 2012). Korallijen habitatların ekolojik kalitesinin değerlendirilmesi

için korallijen toplulukları ilişkin ülkemiz denizlerine uygun bir indeks geliştirilmesi önerilmektedir.

Sert substratum yumuşak substratuma göre çok daha yüksek heterojeniteye sahip olduğu için bu bölgeler büyük bir biyolojik çeşitliliğe sahiptir. Buna paralel olarak, sert substratuma sahip bölgeler gerek sağladığı balıkçılık kaynakları gerekse deniz ve dalış turizmine yaptığı katkılar nedeniyle ekonomik önemi olan sahalardır. Son yıllarda sert substratumun yönetim problemlerine sebep olan turizm ve balıkçılık etkileri daha da netleşmiş ve sert substratumda yer alan komünitelerin ekolojilerinin daha iyi anlaşılması gerekli hale gelmiştir. Sert substratum tipleri yumuşak substratuma kıyasla çalışılması zor dip yapıları olmakla beraber bu bölgelerin bilimsel ve ekonomik önemleri ve bütünleşik yönetimler üzerinde yapılacak çalışmalar gelecekte talep görmeye başlayacaktır (Bianchi ve diğ., 2004).

4.2 Ortamı Temsil Eden Örnekleme Stratejisi

Örnekleme stratejisi, en uygun örnekleme yerinin seçimini, uygun örnekleme yoğunluğunun tanımlanmasını ve belirli bir zaman diliminde, belirli bir coğrafi bölgede bentik toplulukların miktarının tespit edilmesine dayalı bir seri işlemi içermektedir. Bölgedeki habitat çeşitliliği, çalışılacak alanının büyüklüğüne göre uygun bir örnekleme stratejisi belirlenmelidir (Eleftheriou ve McIntyre, 2005).

Littoral ve sub-littoral kayalık habitatların her ikisi için de örnekleme stratejisi benzer olabilir. Sub-littoral zonda, SCUBA dalışı ile örnekleme, komünitenin tanımlanması ve izlenmesinde önemli bilgiler elde edilmesini sağlar. Daha derin bölgelerde uzaktan kumandalı denizaltı sistemlerinin (ROV) kullanımı maksimum derinlikler için sualtındaki sürenin uzatılmasını ve yerin kalıcı görüntü kayıtlarının elde edilmesini sağlar. Bununla birlikte, video kayıtları sadece göze çarpan türlerin tanımlamasını, bazen de mevcut makrobentik türlerin sadece %50 kadarını belirlemek için güvenilir olabilir. Bu nedenle ROV kullanımı detaylı yapılması istenen izleme çalışmaları için tek başına yeterli değildir (ICES, 2004).

Epibentik komüniteleri destekleyen kayalık habitatlarda gözle görülebilir canlıların örneklenmesi, örneğe zarar vermeden gerçekleştirilmelidir. Gerekli olduğu durumlarda, organizmanın tahribatına rağmen örneklerin ortamdan alınması uygun olabilir. Doğada bazı türler koloni oluşturduğu için bu türlerin sayılması zordur. Böyle türler için miktarın daha etkili değerlendirmesi yüzde örtücülük tahminleri veya bir gridteki görülme sıklığı ile verilebilir (ICES, 2004). İnsan kaynaklı değişimlerin izlenmesi, komünitenin başlangıçtaki durumu ve bu komünitedeki doğal değişkenliklerine ilişkin bilgi gerektirir. Bu tür temel bilgiler kayalık habitatların büyük çoğunluğu için eksiktir ve çalışmanın amacına etkili bir şekilde cevap vermesi açısından izleme programlarının tasarlanmasını zorlaştırmaktadır (ICES, 2004).

Sert substratumlarda en sık kullanılan yöntemlerden biri kıyıya dik açılarla bir transekt oluşturulmasıdır. Kayalık habitatların örneklemelerinde kıyıdaki gel-git hareketleri veya dalış yaparken karşılaşılan fizyolojik faktörler nedeniyle zamana bağlı kısıtlamalar söz konusudur. Bu nedenle, istasyonlar arasındaki çalışma süresini azaltmak için, örnekleme stratejileri bir alan üzerinde istasyonların rastgele yerleştirilmesi yerine genellikle transekt yaklaşıma dayalı olmalıdır. Güvenli dalış uygulaması, örneklemenin derinden sığ istasyonlara doğru yapılması gerektiğinin altını çizer (ICES, 2004). Kuadratlar transektin üst kısmının kolay bir şekilde işaretlenebilmesi avantajına sahiptir ve kesin konumun gelecekte yeniden örneklenebilmesini

sağlar. Çünkü gelgit havuzları, yarıklar, çıkıntılar vb. gibi alt habitatlar kayalık kıyılarda yaygındır, belirgin bir şekilde farklı topluluklardır ve genel transektlerden ayrı örneklenmelidir (Pohle ve Thomas, 2001). Örnekleme sırasında kullanılan kuadratların kalıcı fotoğraflarının toplanması önerilmektedir. Kaydedilen bu veriler daha sonraki kalite kontrolleri için kullanılabilir. Fotoğraflar (video) var olan türlerin veya komünitelerin kantitatif ölçümlerini yapmak için incelenebilir (Lundälv, 1971). Zamana bağlı biotadaki değişimlerin izlenmesinde, örnekleme noktaları karşılaştırılabilir olmayan heterojen bentik komünitelerden ziyade, homojen bentik komünitenin bulunduğu alanlardan seçilmelidir (Eleftheriou ve McIntyre, 2005).

Sedimanda biyotaya ilişkin olarak yapılacak çalışmalarda, yer seçimi, örneklem sıklığı ve toplanan örneklem sayısı önemlidir. Biyolojik datanın analizi uygun örnekleme yöntemi ve uygun örneklem sayısı ile sağlanabilir. Bir çok bentik komünitenin kümeli dağıldığı düşünülürse kantitatif örnekleme zor olabilir. Örneklenecek türün veya komünitenin dağılımına göre örnekleme yöntemi ve data analizi yapılabilir. Bu nedenle bir ön çalışma yapılması, çalışılacak habitatta uygulanacak yöntem için örneklem sayısının belirlenmesinde temel teşkil edebilir (Chapman ve diğ. 1996; Pohle ve Thomas, 2001).

4.2.1 Örneklemede alan/istasyon seçimi ve izleme sıklığı

Örnekleme noktaları tüm izleme alanını temsil etmelidir ve bu sebeple habitat yapılarının özelliklerine göre substratlar uygun şekilde örneklenmelidir. Tipik olarak bentik örnekleme istasyonları tabakalı rastgele örnekleme (stratified random sampling) yoluyla seçilir (Elmgren ve diğ., 1984; Van Hoey ve diğ., 2004). Anakütleyi oluşturan alt tabakalar birbirinden farklılıklar gösterirse, her bir alt tabakayı ayrı ayrı örneklemek yararlıdır. Anakütlede mevcut elemanlardan her biri sadece tek bir tabakaya tahsis edilip sınıflandırıldıktan sonra her tabakadan ayrı ayrı örnek seçilme işlemi yapılmalıdır. Tabakalı, rastgele örnekleme yoluyla elde edilen kantitatif örneklere tür kompozisyonu ve biyokütlenin belirlenmesi için ihtiyaç duyulur. Kantitatif örnekleme bitki ve hayvan komüniteleri hakkında tarafsız bilgi verir fakat son derecede zaman alıcıdır. Önceden seçilmiş farklı derinlik aralıklarından anahtar türlerin/komünitelerin en az üç tekrarlı şekilde kantitatif örneği toplanmalıdır. Her bir derinlikteki örnekleme noktaları bir kuadratın rastgele yerleştirilmesi veya transekt boyunca kıyıdan rastgele uzaklıklarda örneklenmesi ile seçilebilir (Elliott, 1983, Eleftheriou ve McIntyre, 2005). Küçük ama eşit dağılmış türler için nispeten küçük kuadratlar kullanmak mümkünse de küçük fakat rastgele dağılım gösteren türler büyük kuadrat kullanımını gerektirebilir. Eğim ve dalgaların etkisine maruz kalma gibi abiyotik faktörler nedeniyle kayalık habitatlar genellikle çok karmaşık komünite yapısına sahiptir ve uygulanan metodlar farklı araştırmacıların önerileri doğrultusunda düzenlenmiştir (ör. Hiscock, 1987; Hiscock ve Mitchell, 1989; Davies ve diğ., 2001).

Bu gibi çalışmalarda aşağıda belirtilen alana ilişkin bilgilerin kayıt edilmesi önemlidir (ICES, 2004; ICES, 2009).

- Örnekleme noktasının kıyıdan uzaklığı (transekt boyunca metre ile işaretlenmiş hat)
- Örnekleme noktasının konumu (harita, fotoğraf, sahilde kalıcı bir işaret, GPS kullanılarak).
- Su derinliği (Su seviye değişimleri göz önünde bulundurularak).

- Substrat tipi bitki ve substrat üzerinde depolanan sedimanın varlığı (“hiç”, “az kaplı”, “çok kaplı”).
- Baskın sub-littoral türlerin maksimum derinliği ve bitki örtüsü alt limiti
- Fotoğraf ve/veya video görüntüleri (transektlerin video/fotoğraf profilleri, panoramik gözlemler ve sabit işaretli yerlerde stereo fotoğraflar) gereklidir.
- Dalgaya maruz kalma derecesi, seki disk derinliği (ışık geçirgenliği) ve tuzluluk.

Ayrıca örnekleme istasyonları karşılaştırılabilir derinliklerden seçilmelidir. Kalıcı istasyonlar kullanılmadığı zaman, sonraki örnekleme istasyonlarının aynı biyolojik alt bölgede veya biyolojik komünitede yer aldığından emin olunmalıdır (ICES, 2004). Biyoçeşitlilik çalışmalarında, bölgedeki mevcut türleri örneklemek için gerekli olan replikat sayısı, alınan örneklerin toplam sayısına karşı türlerin kümülatif sayısının gösterildiği tür-alan eğrisi ile saptanabilir. Eğrinin şekline dayalı olarak var olan toplam tür sayısının kabul edilebilir yüzdesinden, gerekli olan replikat sayısı için bir tahmin yapılabilir (Štirn ve diğ., 1975). Replikat sayısı, tür sayısının dereceli olarak artan eğiminin sonuşmaz düzeye dönüşüm noktası olarak belirtilmiştir (Štirn, 1981). Düzensiz dağılım gösteren nadir türler veya kaçma yeteneğine sahip olanların örneklemesinde dalgıç gözlemleri ve su altı fotoğrafçılığı gibi diğer teknikler de gerekebilir(Van Hoey ve diğ., 2010).

Sert substratum örneklemesinde, transekt yapılacak bölgelerin seçiminde uzaktan algılama ile ön araştırmalar yapılabilir. Transekt boyunca, dağılım, yüzde örtücülük ve uygun bir ölçek kullanılarak bolluk değerleri dalgıçlar tarafından, yerinde tahmin edilebilir. Bu çalışmalarda substrat tipleri de not edilmelidir. (Karlsson 1995, Pedersen ve diğ., 1995, EN ISO 19493). Hemen belirlenemeyen türler/kategoriler kuadrat sayımları gibi daha zaman alıcı tekniklerin kullanımını gerektirebilir.

Çalışılan bir alan ile ilgili geriye dönük bilginin eksikliğinde mevsimsel değişiklikleri tespit etmek için mevsimsel örnekleme yapılabilir. Eğer mevsimsel değişiklikler biliniyorsa, özellikle ortam koşullarında olumsuz durumların gözlendiği Ağustos sonu veya Eylül’de yapılması önerilir. İzlenen her bir elementin zaman içindeki değişkenliğine bağlı olarak izleme sıklığının belirlenmesi gereklidir. Yılın sabit bir döneminde, bentik hayvanların (stoğa katılım periyodu dışında), yılda bir kez izlenmesi tavsiye edilir (Van Hoey ve diğ., 2010).

4.3 Örnekleme Yöntemi ve Ekipmanları

Akdenizde biosönozlar derinliğe ve substrat tipine göre sınıflandırılmıştır (Bellan-Santini ve diğ., 2002). Fital sistemde, farklı derinliklerde ve farklı ekolojik koşullar altında şekillenen biosönozların örneklemesi için yapılan çalışmalarda farklılıklar göstermektedir. Dalarak yapılan çalışmalarda görsel ve fotoğraflama tekniği kullanılması yanında örnek alınması için uygulanan bazı yöntemler (örneğin kazıyarak) farklı avantaj ve dezavantajları beraberinde getirir. Çalışmada ne amaçlandığı çok önemlidir. Ortamı tanımak amaçlı yapılan çalışmalarda fotoğraflama tekniği yeterli olurken, taksonomik bir çalışma için örneğin elde edilmesi gereklidir (Pitacco ve diğ., 2013). Görsel yöntemle daha geniş alanlar taranırken, örnek eldesine yönelik çalışmalarda örnekleme alanı daha sınırlıdır. Burada uygulanacak teknik epifauna bireylerinin boyutu ile ilgili olduğu kadar, sesil veya vajil olmaları ile de ilişkilidir (OSPAR, 2012).

4.3.1 Fotoğraflama

Bu yöntemde fotoğraf ve su altı kameraları ile yapılan çalışmalarda bölgede meydana gelen değişimlerin tespit edilmesi, bir çalışma öncesinde çalışılacak alanın keşfine yönelik tespitler, popülasyonun mevsimsel ve alansal değişiminin izlenmesi amacı ile kullanılmaktadır (Piazzi ve diğ., 2014). Sert substratların fotoğraflanması yöntemi ile yapılacak çalışmalarda alanın bir kuadrat ile sınırlandırılması ve ondan sonra fotoğraflanması gerekmektedir. Alanın büyüklüğü ile ilişkili olarak farklı tipte objektifler kullanılmaktadır. Korallijenli habitatların kuadrat ile sınırlandırılmış bir alanda farklı tipte lenslerin (35 mm lens ve ilave lensler) kullanıldığı bir fotoğraf makinası yardımıyla fotoğrafları çekilir. Sonrasında, elde edilen slaytın daha küçük karelere bölünmüş bir grid sistemi üzerine yansıtılması ile organizmaların kapladığı alan hesaplanabilmektedir (Balata ve diğ. 2005).

Yapılan çalışmalarda elde edilen fotoğraftan bazı grupların (Anthozoa, Rhodophyta, Bryozoa, Porifera) tür seviyesinde belirlenmesi mümkün değildir (Piazzi ve diğ. 2014). Su altı çekimlerinde kullanılan kameralara ilaveten şarj edilebilir bataryalara sahip ışık kaynağına da ihtiyaç duyulmaktadır. Flaş, kameranın bir kenarında yer almalı ve kamera, flaş ve hedeflenen alan arasında 45 derecelik açı yapacak şekilde bulunmalıdır (Eleftheriou and McIntyre, 2005).

4.3.2 Görsel sayım

Görsel sayım tekniklerinde bilimsel amaçlı olarak dalan kişiler, belirgin bir türe yoğunlaşır. Su altında dış görünüşünden kolayca tanınabilen türlerin bolluk, biyokütle ve örtücülüklerinin belirlenmesinde uygulanan iki farklı teknik bulunmaktadır. Belirlenen bir hat boyunca araştırma yapmak veya kuadrat ile özel bir bölgeden noktasal örnek almak olarak iki farklı şekilde tanımlanır. Türe ait örtücülük oranı ve yoğunluk belirlenmek isteniyorsa ihtiyaç duyulan verinin toplanması için transekt yönteminin kullanılması daha uygun olabilir. Bu yöntem, çalışılan alanların karşılaştırılmasında da yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Bianchi ve diğ., 2004).

4.3.2.1 Hat Oluşturma

Hat oluşturma ile yapılan çalışmalarda ölçülendirilmiş şerit, zincir veya fiberglas bant organizma altta kalacak şekilde zemine yerleştirilir ve oluşturulan hattın sabit kalması önemlidir. Hat, bazen diğer örnekleme aletlerinin bir hat boyunca kullanılmasında da yardımcı olarak kullanılabilir (bkz. Şekil 5). Sürdürülen çalışmanın tipine göre hattın kıyı çizgisine göre yönü çalışmanın önemli bir bileşenidir. Kıyı çizgisine dik olarak oluşturulan hatta derinliğe bağlı çevresel değişkenler ön plana çıkar. *Posidonia* çayırlarının geniş ölçekli haritalanmasında kullanılır (Montefalcone ve diğ. 2006). Kıyıya paralel olarak alınan hatta derinlik sabit kalacağından, burada yaşayan canlı topluluklarının kompozisyonuna ilişkin bilgi elde edilebilir (Bianchi ve diğ. 2004). Hattın yönü sualtı pusulası kullanılarak belirlenir (Montefalcone, 2009).

Şekil 5 Kuadratın yerleştirilmesinde yardımcı olarak kullanılırken hat uygulaması (http://www.sitesalive.com/ol/private/02s/gallery/images/11abbyplace.jpg)

Farklı tipte hat oluşturma metotları mevcuttur. Bunlar;

Doğrusal çizgi şeklinde hat oluşturma (Line intercept transect-LIT)

Bu metot mercan resiflerindeki bentik komünitedeki örtücülüğü belirlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu teknikten yararlananların büyük bir kısmı 10-50m uzunluğunda, başlangıç noktasından itibaren uzunluğun arttırılarak işaretlendiği bir şerit kullanır ve bu şerit dip kontürünü takip edecek şekilde resif boyunca uzatılır. Alansal heterojenitenin bulunduğu bölgelerde hat uzunluğunun farklı habitatları kapsayacak şekilde seçilmesi gereklidir (Hill ve Wilkinson, 2004). Line intercept metot, objenin hat ile kesişimine bağlıdır. Hat boyunca her bir bentik canlının bulunduğu kısım ve geçiş bölgesi her bir canlıya ait bir kod kullanılarak kaydedilir. Farklı derinliklerde ve her derinlikte replikatlı (2-5) olacak şekilde tekrarlanır. Elde edilen verinin standart olması için çalışma süresince yapılacak gözlemlerin tek bir kişi tarafından gerçekleştirilmesi önerilmektedir. Alana ilişkin diğer değişkenler de (derinlik aralığı, görünebilirlik, akıntılar, genel resif profili, resifin zarar görmüş kısımları) kayıt edilmelidir. Her resif çalışmasında pozisyon GPS (coğrafik bilgi sistemi) ile belirlenmelidir.

Noktasal hat oluşturma (Point intercept transekt-PIT)

Bu metodun doğrusal çizgi hattan farkı, hat üzerinde önceden belirlenmiş noktalardan verilerin toplanmasıdır. Yöntem, düşük maliyetli, hızlı ve tekrarlanabilir olmakla birlikte organizmanın bolluğu ve boyutu hakkında bilgi vermez. Bu yöntemle sıklık ve örtücülük verisi elde edilebilir. Seçilen noktalar arasındaki uzaklık ve toplam nokta sayısı hem örnekleme hızı hem de örneklerin ortamı temsil edebilir olması ile ilişkilidir. Genelde literatürde iki nokta arasındaki uzaklık 20-50 cm olarak belirtilmiştir (Bianchi ve diğ., 2004).

Zincir hat (Chain transect-CT)

Bu yöntemde 1 metre aralıklarla ölçülendirilmiş hat substrat üzerinde uzanmaz, substrata fikslenmiş ayaklar tarafından askıda tutulur. Zincir hat boyunca belirlenen hat arasında substrat üzerinde uzanır ve organizmanın (resifin) sınırı mümkün olduğunca zincir ile ilişkilendirilir. Hat, türlerin mevcudiyeti, bolluğu, örtücülüğü ve sıklığı ile ilişkili veri

toplamak için kullanılır. Hat boyunca organizmanın kapladığı uzunluk yerine, her bir organizmanın bulunduğu segment sayısı (1 cm'lik bağlantılar) belirlenerek örtücülük hesaplanabilir. Düşük maliyetli ve tekrarlanabilir olması yanında, substratın yapısal özellikleri hakkında bilgi veren tek yöntemdir (Giakoumi ve Kokkoris, 2013). Zahmetli olması, uygulandığı habitata zarar vermesi, örnekleme biriminin yarısından daha küçük canlıların, kırılgan, huni şeklinde veya substrata göre dik şekilde dallanmış türlerin çalışılamaması bu yöntemin dezavantajlarıdır (Bianchi ve diğ., 2004).

Kemer hat oluşturma (Belt transect-BT)

Çalışılacak türün yoğunluğuna ve boyutlarına bağlı olarak hattın eni ve boyu değişmektedir. Kemer hat düzensiz dağılmış veya düşük yoğunluktaki sesil organizmaların araştırılması için kullanışlı bir yöntemdir. Alanın tam olarak belirlenmesi dalgıçlar tarafından ağırlıkla sabitlenmiş ve ölçülendirilmiş, gergin bir hat ile sağlanabilir. Hattın uygulanacağı yüzey düz değilse belli noktalarda gerilmiş olan hattın zeminden uzaklaştığı görülebilir. Bu durumda ağırlıkla desteklenmiş bir hat kullanılır. Hattın eni, bir şerit metre yardımı ile kenarlardan alınan ölçü ile kontrol edilerek eni sabit hale getirilmeye çalışılır. Kemer hattın kesin sınırlarını belirlemek her ne kadar zaman alıcı bir işlem olsa da birim alandaki koloni ve bireylerin hatasız sayımı için gereklidir. Oluşan koridorun her iki kenarının tüpsü paslanmaz çelik ile şekillendirilmesi en etkili ve basit bir metottur. Ağır olan uç kısımlar hattın uzanan yan kenarlarının gergin durmasını sağlar. Sudaki berraklığın düşük olduğu ortamlarda 1m genişliğinde hat kullanmak daha etkili iken, 2 metre genişliğe sahip transekt kullanımında ise genişliğin orta noktasından çekilecek bir hat ile hattı iki koridora ayırmak, geniş alanlarda inceleme kolaylığı sağlar (Eleftheriou ve McIntyre, 2005; Eleftheriou, 2013). Küçük türler için dar kemer hatlar (2 m genişlik) kullanılırken, daha büyük türlerin (mercan vb.) araştırıldığı çalışmalarda 4 m genişlikte hatlar kullanılır. Ekosistemde anahtar rol oynayan daha büyük boyutlu makro-omurgasızlar için 5 m genişliğinde hatlar kullanılmaktadır. Hattın boyu 50-100 m arasında değişmektedir. Düşük yoğunluğa sahip türler bu yöntemle araştırılır. Sınırları kesinlikle tanımlanmış bir hat görsel tekniklere dayandırılarak yapılacak çalışmalarda da büyük önem taşır (Hill ve Wilkinson, 2004). Kemer hatta, hat boyunca türe ait var/yok ve bolluk verisi elde edilirken, organizmanın örtücülüğüne ilişkin bir bilgi elde edinilemez. Tekrarlanabilir, düşük maliyetli olması ve kırılgan, dallanmış organizmaların çalışılması için uygunluğu yanında, geniş alanlarda düzensiz dağılım gösteren türler için de önerilmektedir. Geniş alanlarda kümeli dağılım gösteren organizmalar için uygun bir yöntem değildir (Otero ve diğ., 2013; Bianchi ve diğ., 2004).

4.3.2.2 Kuadrat

Bu yöntemde, bir kare veya dikdörtgen alan içinde kalan sesil organizmaların araştırılması için substrat üzerine konabilecek bir çerçeveye ihtiyaç vardır. Uzun hatlar kümeli dağılım için uygun olmadığında kuadrat kullanılabilir (Hill ve Wilkinson, 2004). Kuadrat, metal (tercihen alüminyum) veya plastik materyalden (PVC) yapılmış olabilir. Plastik kuadrat üzerinde kullanımı kolaylaştırmak için oluşturulan deliklerle su geçişine izin verilir. Kuadratın boyutları çalışılacak organizmanın yoğunluğuna ve boyutlarına bağlı olarak değişir. Su altındaki kontrolünün kolay olması ve ortamı temsil etmesi nedeniyle 0.5 ve 1m^2 lik geniş kuadratlar tür çeşitliliğini belirlemede kullanılır (Bianchi ve diğ., 2004). Alg türleri gibi daha küçük canlıları ve mercan türlerinin stoğa katılımını ölçmek için 25x25 cm boyutlarında kuadratlar kullanılır (Hill ve Wilkinson, 2004).

Kuadrat kendi içinde hatlar kullanılarak daha küçük parçalara (kenar uzunluğu 20 cm olan 25 parça) ayrılarak kantitatif çalışmalarda kullanılabilir (Şekil 6). Çalışma ile türe/türlere ait yoğunluk, sıklık ve örtücülük verileri elde edilir.

Şekil 6 Daha küçük karelere bölünmüş kuadrat (Bianchi ve diğ., 2004)

Kuadrat ile ilgili uygulamalarda görsel teknikler yanında quadratın kapladığı alanın dijital fotoğrafı çekilerek ve uygun programlar (photoQuad) kullanılarak da örtücülükler hesaplanabilir. Fotoğraf üzerinde rastgele program tarafından seçilen noktaların altında kalan türlerin belirlenmesi ile o noktalarda yer alan türlere ait örtücülükler hesaplanır ve komünite yapısı hakkında kalıcı bilgi sağlanmış olur (Çınar ve diğ., 2014). Bunun yanında çok nadir olarak bulunan bazı türler gözden kaçabilir. Fakat görsel olarak örtücülüğün belirlenmesine göre daha kesin sonuçları olan bir yöntemdir. Bazı tekrarlı çalışmalarda kuadrat bir bölgeye sabitlenerek belli aralıklarla komünitede meydana gelen değişimler araştırılabilir. Substrat derinliği, eğimi ve yönü her bir çalışmada belirlenmelidir. Kırılgan olan komünitelerde kullanımı zordur (Bianchi ve diğ., 2004).

4.3.3 Kazıyarak örnekleme

Örneklenecek organizma ve substrat yapısına bağlı olarak bıçak, çekiç, keski, spatula gibi aletler, kazıma işlemi için tavsiye edilir. Hydrozoa, Bryozoa, Porifera, Cirripedia ve Tunicata gibi gruplara ait türlerin toplanmasında kullanılan bu yöntemde örnekleme materyali bez, plastik veya zooplankton ağından yapılmış bir torbada biriktirilir. Örnekleme alanını sınırlandırmak için çalışmalarda kuadrat kullanımı faydalı olacaktır. Bu yöntemi gerçekleştirmek için iki bilimsel dalgıca ihtiyaç duyulur. Biri, örneğin depolanacağı torbayı tutarken diğeri materyali kazır. Vertikal ve subvertikal yüzeylerde çerçeve kullanımı zor ise keski ile çizerek (kazıyarak) örnekleme alanını sınırlandırmak mümkündür. Sesil veya sedenter fauna için bu yöntem çok iyi sonuç verirken, vajil fauna kolaylıkla kaçabilir. Daha az derinliklerde (3-4 m) yapılan kazıma işleminde, örneğin kaybolmaması için havanın sakin olduğu zamanlarda çalışmak uygundur. Ayrıca vajil faunanın kaçmaması için kazınan alanın hemen altında tutulan ve buna uygun olarak geliştirilmiş bez ve çerçeveden oluşmuş bir aparat da kullanılabilir (Bouma ve Lengkeek, 2012).

4.3.4 Dalarak örnekleme

Dalarak yapılan kantitatif örneklemeler çok zaman gerektirse de bitki ve hayvan türleri hakkında doğru bilgi verir. Dalarak yapılacak çalışmalarda örnekleme dizaynı önceden şekillendirilmiş olmalıdır. Dalarak yapılan çalışmalarda eşli dalış yapılmalı ve eşler hem dalış hem de bilimsel becerileri açısından bir uyum içinde olmalıdır. Plastik tabela ve grafit kalem su altında verilerin kaydedilmesi için önemlidir. Plastik tabelanın ideal boyutu 20*30 cm veya daha düşük olabilir. Tabelaya yazılan bilgiler dalış sonrası bir deftere kayıt edilmelidir. Basınca dayanıklı su altı kameraları ile resim ve video çekilerek çalışmalar desteklenmelidir (Eleftheriou ve McIntyre, 2005, HELCOM, 2005, OSPAR 2012; Eleftheriou, 2013).

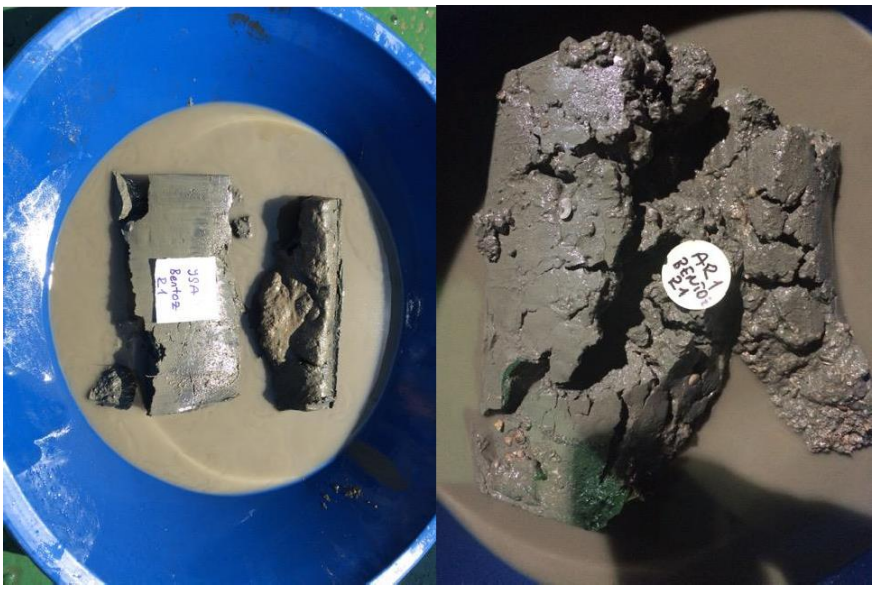
5 ÖRNEKLERİN ARAZİ VE LABORATUVARDA DEĞERLENDİRİLMESİ

5.1 Yumuşak Substratum Organizmalarının Değerlendirilmesi (Infauna ve epifauna bireylerinin sedimandan ayrılması)

<u>Elek ve eleme prosedürü</u>

Örnek güverteye alındığında örnek üzerindeki gözlemler not edilmeli örneğe ilişkin olarak hazırlanan etiket ile birlikte örneğin fotoğrafı çekilmelidir (Şekil 7). Elemede aşağıdaki belirtildiği şekilde bir yol izlenmesi hataların çalışma esnasında minimize edilmesi açısından önemlidir (Eleftheriou ve McIntyre, 2005; Rumohr, 2009; Eleftheriou, 2013).

Alınan bentik materyalin kantitatif olarak değerlendirilebilmesi için her örnek plastik küvete alındıktan sonra ayrı ayrı elenerek yıkanmalı, etiketlenmeli ve arazide eleme işlemi için 0.5 mm göz açıklığına sahip paslanmaz çelik veya pirinçten elekler kullanılmalıdır. Arazide kullanılacak elek çaplarının büyük olması önerilmektedir (Rumohr, 2009)(Şekil 8).



Şekil 7 Güverteye alınarak fotoğraflanan bentos örnekleri

Şekil 8 Arazi çalışmalarında alınan örneğin elenmesi

Bunun nedeni:

- Göz açıklıklarının tıkanma riskinin azaltılması
- Örneğin eleğe transferi sırasında kayıp riskinin azaltılmasıdır.

Yıkama sırasında elek tamamen suyla dolup taşmamalı ve eleme işlemi yapılırken nazikçe çalkalanmalıdır. Çok sert killi örneklerde el ile müdahale gerekebilir. Bu durumda örnek küçük miktarlar halinde yıkanmalıdır. Eleme işlemi, düşük basınçlı su altında gerçekleştirilmeli veya küçük canlıların zarar görmesinin engellenmesi için elek tabanı su dolu büyük bir küvet içerisine daldırılarak yıkama yapılabilmelidir. Ancak bu zaman alan bir işlemdir ve daha çok laboratuvar ortamında yapılması önerilir (Rumohr, 2009, OSPAR 2012).

Yıkama işleminin dikkatli bir şekilde yapılması ve faunanın zarar görmemesi sağlanmalıdır. Yıkama sırasında gözle görülen ve hasar görebilecek hayvanlar, örn. poliketler, derisidikenliler ya da büyük mollusklar elle veya pens yardımıyla toplanabilir ve ayrı plastik poşetlere/kavanozlara alınarak fikse edildikten sonra kalan örnekle birlikte bidonların içerisine yerleştirilebilir. Taşlar veya boş büyük kabuklar bidon içerisinde parçalayıcı etki yaratacağından ayıklanmalı ve ayrı bir şekilde depolanmalı ya da üzerlerinde epifauna bulunmuyorsa atılmalıdır (Rumohr, 2009).

Yıkama işleminden sonra elek üzerinde kalan kısım dikkatli bir şekilde plastik bidonlara etiketleri ile birlikte aktarılır (Şekil 9). Her yıkama sonrasında eleklerin temizlenmesi gereklidir (Rumohr, 2009):

Şekil 9 Elenen örneklerin depolanması

5.2 Sert substratum organizmalarının değerlendirilmesi

Elek ve eleme prosedürü

Sert substratum organizmalarının incelenmesi ve değerlendirilmesi yaşadıkları sert substratumun tipi (korallijen, taş, kaya, midye yatakları, alg fasiesleri, süngerler vb.) göz önünde bulundurularak yapılmalıdır (Eleftheriou ve McIntyre, 2005; OSPAR, 2012; Eleftheriou, 2013).

Kayalık ve korallijenli sert substratum ile taş-çakıl tipi substratum örneklendiğinde laboratuvarda bentik organizmaları substratumdan ayırma işlemi genel olarak iki aşamalı olarak yapılır. Bentik örnek, 0,5 mm göz açıklığına sahip elek altında düşük basınçlı tatlı su ile yıkanır. Elek üzerinde kalan materyal küvetlere aktarılır. Bentik organizmalar boyutlarına göre küvetlerde ya da stereo-mikroskop altında taksonomik gruplarına ayrılarak içinde %70'lik alkol bulunan cam tüplere konur. Kayalık ve taşlık substratumun içinde yaşayan kazıcı-delici organizmalar ile mesobiont formlar ise substratumun bir çekiç kullanılarak ufak parçalara ayrılması suretiyle ayıklanır. Burada önemli olan kayayı daha ufak parçalara ayırırken içinde yaşayan organizmaların parçalanmamasına özen göstermektir (Eleftheriou ve McIntyre, 2005; OSPAR 2012; Eleftheriou, 2013).

Mollusk türlerinin oluşturduğu fasiyesler bentik canlılar bakımından incelenirken materyal tıpkı kayalık substratumda olduğu gibi öncelikle 0.5 mm'lik elek üzerinde yıkanarak bentik organizmaların eleğe buradan da küvete geçmesi sağlanır. Daha sonra fasiyesi oluşturan

mollusk bireyleri (genellikle midye yatakları) dikkatli şekilde birbirinden ayrılarak aralarında yaşayan organizmalar ilgili taksonların bulunduğu tüplere transfer edilir. Midye üzerinde sesil yaşayan organizmalar (Porifera, Hydrozoa, Anthozoa, Bryozoa, Polychaeta, Mollusca, Tunicata vb.) ise en üstte kalan organizmadan başlayarak pens, bisturi, bıçak, spatula gibi araçlarla kazınarak midye kavkısından ayrılıp içinde alkol bulunan cam tüplere alınır. Bu işlem sırasında çok dikkatli olunmalı, epibiont yaşayan organizmaya ve midye kavkısına zarar vermemeye özen gösterilmelidir. Tunikat gibi canlıların üzerine yerleşen ve bu canlıları sert substratum olarak kullanan diğer canlılar da örnekte mevcutsa dikkatli bir şekilde ayrılmalı ve farklı gruplar ayrı şişelerde depolanmalıdır (OSPAR 2012).

Mediolittoral ve infralittoral bölgede dağılım gösteren alg türleri de organizmalar için substratum sağlamakta olup bunların arasında ve üzerinde yaşayan bentik canlılar incelenirken öncelikle örnek elek üzerinde iyice yıkanarak bentik türlerin küvete geçmesi sağlanır. Daha sonra alg talluslarının yüzeyleri dikkatlice incelenerek ve araları açılarak epibiont organizmalar ayrılır ve tüplere alınır (Eleftheriou ve McIntyre, 2005; OSPAR 2012).

Deniz çayırları olarak bilinen fanerogam *Posidonia oceanica* ile birliktelik oluşturan makrozoobentos üyeleri incelenirken laboratuvara getirilen materyal yine öncelikle 0,5 mm'lik göz açıklığına sahip elek kullanılarak bentik organizmaların eleğe geçmesi sağlanır. Daha sonra *Posidonia* rizomlarının üzeri epibiont organizmalar bakımından incelenerek bu organizmalar ayıklanır. En son olarak *Posidonia* kökleri tek tek dikkatli bir şekilde incelenerek köklerin arasındaki mesobiont ve endobiont formlar ayıklanır. *Posidonia* gibi deniz çiçekli bitkileri incelerken rizomlar üzerinde yaşayan organizmalara olduğu kadar rizomlar arasında galeriler açarak yaşayan delici organizmalara da (özellikle Polychaeta üyeleri) dikkat etmek ve canlıyı parçalamadan rizomların arasından çıkartmak gereklidir (Eleftheriou ve McIntyre, 2005; OSPAR 2012; Eleftheriou, 2013).

Laboratuvara getirilen sünger örnekleri elek üzerinde yıkanarak beraberinde yaşayan bentik organizmalar ayrılarak küvete aktarılır. Daha sonra bisturi ve pens kullanılarak süngerin porları ve kanalları dikkatlice kesilerek incelenir ve burada yaşayan endobiont ve mesobiont formlar dikkatlice ayıklanır. Tüm bu işlemler süngerin tür tayinine engel olmayacak şekilde yapılmalı, gerekirse örneği kesmeden önce fotoğraflanarak tür tayinini yapacak taksonomist tarafından incelenmelidir (Eleftheriou ve McIntyre, 2005; OSPAR 2012).

6 ÖRNEKLERİN FİKSE EDİLMESİ

Bazı büyük makrobentik canlıların sakinleştirici solüsyona (mentol kristali, %7 lik magnezyum klorid, %15 etanol gibi) konularak stresi azaltılarak sistematik özelliklerinin belirgin hale getirilir ve daha sonra fiksasyon işlemine geçilir (Rumohr, 2009).

Örnekler yıkama sonrasında tamponlanmış formaldehit ile fikse edilir. Fiksasyon işlemi plastik kavanozlarda yapılmalıdır. Formaldehitin tamponlanması, 1 dm^3 %40 lık formaldehit için 100 g hexamethylenetetramine (Hexamine = Urotropin) eklenmesi ya da 1.5g /dm^3 oranında boraks (sodyumtetraborat) ilavesi ile sağlanır. Örnek içerisindeki kabuklu organizmaların kalsiyumlu kısımlarının erimesini önlemek için tamponlanmanın yapılması gerekmektedir. Örnek hacmi küçükse ve çok büyük organizmalar yoksa %4 lük formaldehit-deniz suyu çözeltisi (1 kısım formaline 9 kısım filtre edilmiş deniz suyu) kullanılır. Eğer alınan örnek detritus, tüplü poliketler, büyük canlılar veya çok fazla sediman içeriyorsa, özellikle kompakt killi sediman örneklerinde, formol konsantrasyonu yükseltilebilir. Fiksatifin etki edebilmesi için bidonlar çalkalanarak sediman içerisine nüfus etmesi sağlanır.

Formaldehitin sağlığa zararlı olduğu unutulmamalı ve kullanırken gerekli tüm önlemler alınmalıdır (Rumohr, 2009, OSPAR 2012).

7 ÖRNEKLERİN LABORATUVARDA YIKANMASI

Bentik örneğin yıkanması sırasında toksik maddeye maruz kalmamak için örnek çeker ocak bulunan bir ortamda yıkanmalıdır. Laboratuvarda örneklerin yıkanması canlıya zarar vermemek için düşük basınçlı su ile yapılmalıdır. Laboratuvara getirilen örnekler 0,5 mm'lik göz açıklığına sahip elekten geçirilmelidir. Özellikle, örneğin fazla miktarda detritus veya kavkı içerdiği durumlarda 0,5 mm göz açıklığından daha büyük göz açıklığına sahip (2 ve 1 mm)elekler eleğin tıkanmaması için tercih edilebilir. 1 mm ve 0,5 mm elekler üst üste konarak eleme işlemi yapılabilir. Daha sonra her elek üzerinde kalan materyal ayıklama işleminin yapılması için ayrı küvetlere aktarılmalıdır. Ayıklamayı kolaylaştırıcı Bengal Kırmızısı gibi bazı boyalar, bazı tür tayinlerini zorlaştırdığı için eğer kullanılacaksa bu durum gözetilerek kullanılmalıdır (Eleftheriou ve McIntyre, 2005; Rumohr, 2009).

8 ÖRNEKLERİN TAKSONOMİK GRUPLARA AYRILMASI

Örnekler laboratuarda mutlaka bir stereo-mikroskop altında pens, iğne kullanılarak taksonomik gruplarına ayrılmalıdır. Bu işlem sırasında küvet içine alınan örnekten küçük miktarda örnek petri içerisine alınır ve taksonomik gruplarına göre ayrım tüm örnek bitene kadar devam etmelidir. Laboratuvarda ayıklanan örneklerin örnek şişesine konması ve ayıklama işleminin devam etmesi durumunda alkolün yenilenmesi prosedürü önemlidir. Taksonomik gruplar %70-80 alkol içeren cam şişelerde toplanmalıdır. Bu şişeler içerisinde etiket bilgilerini de içermelidir (Eleftheriou ve McIntyre, 2005, Rumohr, 2009).

9 ÖRNEKLERİN ETİKETLEMESİ

Tespit edilen türler istasyonlara ve replikatlarına göre ayrı ayrı etiketlenerek %70'lik alkolde saklanmalıdır. Temel bilgileri içeren etiket bilgisi (Örneklerin saklandığı örnek şişeleri içine, örnekleme tarihi, istasyon numarası, replikat numarası, derinlik, habitat tipi, kullanılan fiksatif, toplayan kişinin adı, nasıl toplandığına ilişkin bilgi gibi) bir kuşun kalem veya alkolde çıkmayan mürekkepli kalemle etiket üzerine yazılmalıdır. Hatta araziye gitmeden önce detaylı bir şekilde hazırlanmış etiketlerin, arazi koşullarında doldurulması bilgilerin eksik kalmamasının sağlanması açısından gerekli bir önlemdir (Rumohr, 2009).

10 TÜRLERİN MUHAFAZA EDİLMESİ VE SAKLAMASI

Laboratuvarda ayrılarak tartım ve ölçüm işlemleri tamamlanmış olan örnekler, organizma grubuna uygun olan fiksatifler (%70-80 alkol, formaldehit gibi) içinde korunmalıdır. Örneklerin saklanacağı numune şişelerinin içindeki sıvıyı sızdırmaz özellikte olması örneğin korunması açısından önemlidir. Tayinleri yapılan türler uygun koşullar altında bir müzede veya kurumda en az 10 yıllık bir süre ile saklanmalıdır. Projeyi gerçekleştirecek kurum yetkilisi materyalin saklanacağını taahhüt etmeli ve materyalin nerede saklandığı proje raporunun materyal ve metot kısmında belirtmelidir. Müze materyalleri daha sonraki taksonomik kontrolleri mümkün kılmak için müzelerde düzenli olarak depolanmalıdır (ICES, 2009).

11 ÖRNEKLERİN KALİTATİF VE KANTİTATİF DEĞERLENDİRİLMESİ

11.1 Tür Tayini

Tür tayinleri oldukça hassas işlemler olup mutlaka konunun uzmanlarınca yapılmalıdır. Bentik gruplara ait bireylerin stereo ve/veya ışık mikroskopları kullanılarak, tür gruplarına uygun literatür ile birlikte, konusunda uzman kişiler tarafından tür tayinleri yapılmalıdır (Eleftheriou ve McIntyre, 2005, Rumohr, 2009; Eleftheriou, 2013). Tayinler bittikten sonra her istasyon ve replikatındaki tür sayısını gösterecek tablolar hazırlanmalıdır. Bu işlem yapılırken satırlarda tür isimleri otör ve yıl bilgisi ile girilmeli, sütunlarda ise istasyon/replikat bilgileri yer almalıdır (Rice ve diğ. 2010).Örneklemelerde elde edilen ölü kabuklar tayin edilebilir ancak değerlendirmelerde sadece canlı bireylerin esas alınması gerekmektedir.

11.2 Tür sayısı

Tayin edilmiş türlere ait bireyler her istasyon ve replikat için ayrı ayrı tespit edilmeli ve tür listelerinde bahsedilen şekilde hazırlanmalıdır (OSPAR, 2012).

11.3 Biyokütle

Birey sayısı ve tür sayısı gibi biyokütle değerleri de önemli değişkenlerdir. Biyokütle ölçülürken yaş ağırlık, kuru ağırlık, külden arındırılmış kuru ağırlık gibi üç farklı yöntem kullanılmaktadır. Bunlar arasında en çok tercih edilenler kuru ağırlık ve külden arındırılmış kuru ağırlıktır. Yaş ağırlıkta organizmaların su içeriği organizma tipine bağlı olarak değişeceği için tercih edilmez. Kuru ağırlık ölçülmeden önce organizma 24 saat süreyle 60°C sıcaklıkta kurutulur ve sonra 0,0001 mg hassasiyetinde analitik terazi kullanılarak biyokütlesi ölçülür. En sağlıklı biyokütle ölçüm metodu külden arındırılmış kuru ağırlık metotudur. Bu metotta kül materyali 8 saat süresince 450°C sıcaklıkta, kül fırınında örneğin tutulması sonucu elde edilir ve biyokütle kuru ağırlıktan kül ağırlığı çıkartılarak hesaplanır (Tagliepietra ve Sigovini, 2010). Kuru ağırlık ve külden arındırılmış kuru ağırlık yöntemlerinin avantajlarının yanı sıra en büyük dezavantajı organizmanın tamamen yok olmasıdır. Bu nedenle, organizmaların saklanması gerektiği durumlarda biyokütle değerleri mutlaka hesaplanması gerekiyor ise kurutma kağıdı ile ıslaklığı alındıktan sonra analitik terazilerde yaş ağırlıklarının belirlenmesi uygun olacaktır (OSPAR 2012).

11.4 Bolluk

Bolluk değeri her istasyon ve replikat için kaydedilmelidir. Yoğunluk hesaplanırken, örnekleme yöntemine dikkat edilmeli, örneklenen alan göz önünde bulundurularak birim alandaki birey sayısı hesaplanmalıdır. Örneğin, 20x20 cm'lik bir kuadrat ile örnekleme yapıldığında tespit edilen birey sayıları 400 cm^2'lik alanı yansıtacağı için m^2'deki yoğunluk değeri hesaplanmalıdır (Eleftheriou ve McIntyre, 2005, OSPAR 2012; Eleftheriou, 2013). Ölü kabuklar (Gastrapoda ve Mollusca) canlı olarak düşünülüp kesinlikle değerlendirmeye alınmamalıdır.

11.5 Örtücülük

Herhangi bir soliter veya kolonial sesil organizma tarafından kaplanan alanın kesin ölçümüdür ve % ile ifade edilmektedir. Sınırları belirlenmiş bir alanda yerleşmiş organizmaların örtücülüğü hesaplanırken alanın fotoğraflarına gereksinim vardır. Elde edilen

fotoğraflarda bir program (photoQuad) yardımı ile rastgele atanan noktaların altında kalan organizmalar tanımlanarak onların toplam alanda ne kadarlık bir yer işgal ettikleri bulunur. Bu yöntemin uygulandığı çalışmalarda, uzun süreli sabit bir kuadrat kullanılıyorsa, bu kuadrat içinde yer alan organizmaların zarar görmemesi uzun süreli değişimin belirlenebilmesi açısından önemlidir. Laboratuvar koşullarında inceleme gerektiren bazı durumlarda örnek alınarak örtücülüğü belirlenecek organizmaların tayin edilmesi sağlanabilir (Eleftheriou ve McIntyre, 2005).

Bir başka yöntemde, belirli boyuttaki bir levha üzerinde yer alan organizmaların örtücülük değerleri her bir küçük karenin tür tarafından ne kadarlık bir kısmının kaplandığı ile ilişkili olarak 0-4 arasında değişen bir skalada değerlendirilmesidir. Bu yöntemde 50x50 cm'lik kuadrat 25 küçük kareye bölünmüştür. Bir tür küçük bir karenin (10x10 cm) tümünü kaplıyorsa, örtücülüğü %4 olarak kabul edilmektedir. Eğer karenin ¾'lük kısmı organizma tarafından kaplanmışsa %3 örtücülükten, ¼'den küçükse <l % örtücülükten bahsedilmektedir (Dethier ve diğ., 1993).

12 YABANCI ORGANİZMALARIN İZLEME ÇALIŞMALARINDAKİ ÖNEMİ, ÖRNEKLEME METODU VE SIKLIĞI

Mevcut veya potansiyel dağılım alanının dışına insan aktiviteleriyle taşınan türlere yabancı (egzotik) türler denir. Yabancı türlerin giriş yaptıkları alıcı bölgedeki etkileri, türlerin yerleşme başarılarına (yerleşik, rastlantısal ve istilacı vs.) ve istila potansiyellerine göre farklı derecelerdedir (Zenetos ve diğ., 2005).

Taşınan bölgede geniş alanlarda yayılış göstererek, ekosisteme, ekonomiye veya insan sağlığına etki eden yabancı türlere istilacı yabancı türler denir (Zenetos ve diğ., 2012). İstilacı yabancı türler yeni ortamdaki biyotik ve abiyotik bariyerlerin üstesinden gelerek yerli türlerin yerine geçebilir, besin zincirini yeniden yapılandırabilir, habitat yapısını değiştirebilir, biyoçeşitliliği azaltabilir, habitatlardaki tür kompozisyonunu ve bolluğunu değiştirebilir, yeni hastalık ve parazitlerin gelmesine neden olabilir yani kısaca biyoçeşitlilik ve ekosistem servislerinde önemli zararlara neden olabilirler (Galil, 2007; Otero ve diğ, 2013).

AB DSÇD ve AB Biyoçeşitlilik Stratejisi istilacı yabancı türlerin yerleşimi ve yayılımının, Avrupa biyoçeşitliliğinin ve ekosistem sağlığının önemli tehditlerinden biri olduğunu belirtmektedir (Çinar ve Bakir, 2014). Ayrıca, DSÇD 2020 yılına kadar Avrupa denizlerinin 'İyi Çevre Durumuna' sahip olmasını amaçlamış ve bu duruma ulaşmak için Tanımlayıcı 2'de yabancı türlerin önemini belirtmiştir. Tanımlayıcı 2'ye göre 'İyi Çevre Durumuna' ulaşmak için yabancı türlerin (özellikle istilacı yabancı türlerin) dağılımlarının, bolluklarının, çevreye etkilerinin, yabancı tür/yerli tür oranları ile taşınım yolları ve yayılışına ilişkin risk altındaki bölgelerinin önemli göstergeler olduğunu belirtmektedir (*http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010D0477(01)&from=EN).*

Yabancı türlerin izleme çalışmasının planlanmasında, izleme başlamadan önce bölgede detaylı bir ön araştırmanın yapılması gerekmektedir. Fitoplankton ve algler için gerekirse ön araştırma mevsimsel örneklemeyi içerebilir. İzleme yapılacak bölgenin, habitatın ve derinliğin seçimi oldukça önemli olup, bölge için mevcut yabancı tür bilgilerine bakılarak veya uzman görüşüne dayanılarak karar verilmelidir. Gemiler ve akuakültür faaliyetleri yabancı türlerin girişlerinde önemli olduklarından (Molnar ve diğ., 2008, Çinar ve diğ., 2011) limanlar, marinalar, akuakültür tesisleri ve civarları yabancı türlerin izleme çalışmalarında öncelikli

alanları olarak seçilmelidir. Yabancı türlerin yoğun yerleşim gösterdiği nehir ağızları da izleme çalışmalarına dahil edilmelidir. Yabancı türlerin örneklemeleri bölgeye özgü olmalıdır. Örneklemeler bölgenin büyüklüğüne, habitat çeşitliliğine, izlenecek türe vs. bağlı olarak değişebilir. Ayrıca Lessepsiyen göçmenlerin (Kızıl Deniz türleri) yoğun yerleşim gösterdiği doğu Akdeniz kıyılarımızdaki çeşitli habitatların sürekli izlenmesi, yeni tür geçişlerinin tespit edilmesini ve istilacı türlerin ortama etkilerinin belirlenmesini sağlayacaktır.

Yabancı türlerin yoğun yerleşim gösterdiği limanlarda hızlı belirleme yöntemi uygulanabilir. Bu metotta limanlardaki suya sarkıtılmış tekerlek ve ip veya beton yüzeyler belli bir zaman aralığında (örn: 30 dakika) konularında uzman araştırıcılar tarafından incelenir ve gerektiğinde örnek toplanır(Power ve diğ., 2006, Templado ve diğ., 2010, Gitenberger ve diğ., 2011. Bu metotla bölgeye gelen yeni yabancı tür girişleri hızla bir şekilde tespit edilebilir ve gerekli önlemlerin alınması için bir plan ortaya konulabilir. Bu metot basit ve çok zaman almayan bir işlem olmasına rağmen, taksonomik gruplarda uzman araştırıcılara ihtiyaç duyulmaktadır. Liman ortamında sert substratumda diğer bir örnekleme metodu ise beton veya uygun yapay substratumların bir kuadrat (örneğin 20x20 cm ebatlarında) yardımıyla replikatlı (en az 3 replikat) olarak örneklenmesidir (Power ve diğ., 2006, Templado ve diğ., 2010, Gitenberger ve diğ., 2011.

Yabancı türlerin yoğun yerleşim gösterdiği liman ve akuakültür tesislerine fouling panellerinin yerleştirilerek, yabancı türlerin tespit edilmesi ve izlenmesi uygulanan diğer bir metottur (Power ve diğ., 2006, Templado ve diğ., 2010, Gitenberger ve diğ., 2011). Bunun için farklı büyüklük, renk ve yapıda paneller kullanılabilir. Farklı periyotları ve mevsimleri örneklemek amacıyla, fouling paneller replikatlı ve kısa ve uzun dönemli olacak şekilde (aylık, 3 aylık, 6 aylık, 12 aylık ve 18 aylık) ortama yerleştirilmelidir (Cribb ve Marshall, 2005; deRivera ve diğ., 2006).

Yabancı türlerin izleme çalışmaları sert substratumlarda ayrıca dalarak da gerçekleştirilmelidir. Bu metotta iki dalgıcın kıyıya dik olarak düz bir hattı takip etmeleri gerekmektedir. Her istasyondaki hatlar 25-50 m uzunluğunda ve 2-5 m genişliğinde olabilir. Her hat boyunca dalgıçlar bir yön boyunca yüzerek yabancı türlerin kayıt ve tayinlerini gerçekleştirmelidir. Ayrıca, dalarak veya ROV ile hatlar boyunca (örn. 1x50 m) görsel görüntüleme teknikleriyle de (fotoğraf ve video) araştırmalar yapılabilir. Sert substratumlar ve korallijenli habitatlardaki istilacı yabancı alg ve omurgasız türlerini ve örtücülüklerini tespit etmek amacıyla, 50x50 cm ebatlarında bir foto-kuadrat kullanarak bölgedeki her habitat tipinden 3 replikat (her replikat 9 kuadratı içermeli) olacak şekilde kuadrat örneklerinin fotoğrafları çekilmelidir (CIGESMED protokolü, David ve diğ., 2015). Çekilen fotoğraflar çeşitli paket programlar kullanılarak (örneğin photoQuad) yabancı türler ve örtücülükleri/birey sayıları tespit edilebilir.

Yumuşak substratumda kantitatif örneklemelerde Van Veen Grab, kutu kor gibi örnekleme aletleri kullanılarak 3 veya daha fazla replikatlı olacak şekilde örneklemelerin yapılması uygundur. Örneklemelerin yılda iki kez ve özellikle yabancı türlerin yoğun olarak bulunduğu bahar ve sonbahar aylarında örneklemelerin yapılması önerilmektedir. Plankton, mollusk ve bentik omurgasız canlıların pelajik aşamalarının incelenmesi farklı mevsimlerde daha fazla örnekleme yapılmasını gerektirebilir (Salas ve diğ., 2011).

Yumuşak substratumlarda ayrıca dip-trolü ve bim-trol kullanılarak bentik bölgede dağılım gösteren vajil (hareketli) yabancı türlerin (balık, karides, yengeç gibi) örneklenmesi gerekmektedir.

Pelajik bölgede dağılım gösteren yabancı plankton, nekton ve nöston türleri uygun örnekleme aletleri ile ve tercihen mevsimsel olarak izlenmelidir.

Türkiye kıyılarında yumuşak substratumlarda bentik komüniteler üzerine yabancı türlerin etkilerini gösteren bir indeks (ALEX) geliştirilmiştir (Çınar ve Bakır, 2014). ALEX indeksi, bentik komüniteler üzerinde yabancı türlerin etkisinin izlenmesi ve değerlendirilmesi için kullanılması tavsiye edilen bir indekstir. Bentik habitatlardaki ekolojik durum bu indekse göre orta durum ve orta durumdan daha kötü olduğunda bu bölgelerde daha fazla örnekleme içeren bir izleme programı planlanmalıdır. Yönetim stratejisi yabancı türlerin etkisini azaltmaya yönelik olmalıdır. Yabancı türlerin en etkili tespit yolları denizlerde izleme ağlarının oluşturulması ve ilgili paydaşlarla birlikte bir yönetim eyleminin oluşturulmasıdır.

13 BENTİK CANLILARIN HARİTALANMASI

Bentik komünitelerin haritalanması, tür ve topluluklara ait elde edilen verilerin, belli teknikler uygulayarak, bir coğrafi koordinat sisteminde mekansal olarak ifade edilmesidir. İzleme çalışmalarında haritalama ise, bu mekansal özelliklerin farklı zamanlardaki dağılımlarının betimlenmesi kapsamında yapılmalı ve nihai olarak zamana bağlı değişimlerinin tespit edilmesi hedeflenmelidir. Bentos üzerine haritalama, çalışma/izleme kapsamına göre birçok farklı parametreyi içerebilir ve kompleks bir yapıya sahip olabilir. Bentik haritalama, genel olarak aşağıda bahsedilen üç ana grupta değerlendirilebilir (Diaz vd., 2004; Brown vd., 2011):

1. Komünite parametreleri,
2. Bentik habitatlar,
3. Abiyotik değişkenlerin haritalanması.

Yapılacak izleme çalışmalarında Tablo 1'de sunulan genel kriterler esas alınarak haritalar oluşturulmalıdır. İzleme çalışmalarında uygulanan tekniklerin metaverileri, uygulanan işlemlerin açıklamalarını (birimler, uygulanan enterpolasyon tekniği ve özellikleri, vb) içermelidir.

Tablo 1: İzleme çalışmalarında haritalama işlemleri için genel kriterler

Kriter	**Uygulama**
Koordinat Sistemi	UTM WGS 84[1]
Teslim Formatı	ArcGIS Shapefile[2]
Veri Organizasyonu	Örtmeler Yöntemi[3]
Verilerin Doğrudan Haritalanması	Tematik haritalama[4]
Dağılım Haritalarının Oluşturulması	Enterpolasyon teknikleri, Voronoi Tekniği, Habitat Uygunluk Modelleri [5]
Temel Harita Elemanları	Minimum koşul olarak her harita lejant, ölçek, yön oku, ve koordinat bilgilerini içermelidir.

[1] *Türkiye kıyıları 6 derecelik 35, 36 ve 37. UTM dilimlerinde yer almaktadır.*
[2] *ArcGIS shapefile formatı uluslararası entegrasyon için önerilmektedir.*
[3] *Farklı veriler farklı tabakalar olarak sisteme girilmeli ve her işlem gören veri yeni tabaka olarak sistemde bulunmalıdır.*
[4] *Veriler, tematik haritalama ile gösterilmelidir.*
[5] *Dağılım haritalarının oluşturulmasında izleyen bölümde verilen açıklamalara göre uygun teknikler kullanılmalıdır.*

Komünite Parametrelerinin Haritalanması

İzlemeye esas türler (veya gruplar), gözlenen tür sayısı, biyokütle, bolluk ve örtücülük gibi parametreler haritalanabilir. Bu parametrelerin yumuşak veya sert substratum örneklemelerinde farklı yöntemler uygulanmaktadır (bkz. Bölüm 3 ve 4). Bu nedenle, elde edilecek veriler noktasal, çizgisel veya alansal coğrafi temsil özelliğine sahip olabilmektedir (Tablo 2).

Tablo 2. Örnekleme yöntemine göre verinin mekansal temsiliyeti

	Verinin Mekansal Temsiliyeti		
Örnekleme Yöntemi	Noktasal	Çizgisel	Alansal
Box core	+		
Grab	+		
Dreç			+
Trol			+
Fotoğraflama	+		
Görsel sayım: Doğrusal çizgi hat		+	
Görsel sayım: Noktasal hat	+		
Görsel sayım: Zincir hat		+	
Görsel sayım: Kemer hat			+
Kuadrat	+		
Kazıyarak örnekleme	+		
Dalarak örnekleme	+	+	+

İzleme çalışmalarında, verinin tematik haritalanma ile doğrudan gösterimi standart olarak talep edilmektedir. Bu işlemde şu aşamalar izlenmelidir: Doğrusal çizgi

1. Örnekleme yöntemine göre coğrafi objeler (nokta, çizgi veya alan) oluşturulur. Objelerin oluşturulmasında, arazi çalışmasında GPS (Küresel Konumlandırma Sistemi) ile UTM WGS 84 sisteminde kaydedilen koordinatlar kullanılır.
2. Noktasal örneklemelerde her istasyon için bir koordinat, çizgisel örneklemelerde her hattı temsil edebilecek sayıda (düz hatlar için iki, olmayanlar için en az üç) koordinat, alansal örneklemelerde ise poligonu temsil edecek sayıda koordinat veya trol, dreç çekimlerinde düz hatlar için başlangıç ve bitiş koordinatları, olmayanlar için hattı temsil edecek sayıda koordinat ve genişlik değerlerine göre objeler oluşturulmalıdır.
3. Obje-ilişkili veriler CBS yazılımında tematik (tanımlanan kategorilere göre, lejantı ile birlikte) haritalanarak veriler görselleştirilir.

Bentik verilerin dağılımlarının talep edilmesi durumunda, aşağıdaki prosedür önerilmektedir:

1. Yukarıda anlatılan bir ve ikinci maddeler uygulanır.
2. Obje-ilişkili veriler, ait olduğu yumuşak veya sert substratum sınırlarına göre gruplandırılır.
3. Gruplandırılan veriler, Doğal Komşu (Natural Neighbour)* tekniği ile enterpole edilir.

4. Enterpolasyon sonucu elde edilen grid ve kontür tabakaları, ait oldukları substratum sınırlarına göre kırpılarak dağılım haritası oluşturulur.

Doğal Komşu yöntemi, düzensiz ve seyrek örnekleme sayılarında iyi performans göstermektedir (Watson, 1992; Burrough ve McDonnell, 1998).

Bentik Habitatların Haritalanması

Bentik habitatların haritalanmasında birçok yöntem kullanılmaktadır. Uzaktan algılama, akustik sistemler, yerinde örnekleme teknikleri, video ve görüntüleme teknikleri olarak gruplandırılan bu tekniklerden birkaçı bentik habitatların haritalanmasında kullanılmaktadır. Uzaktan algılama ve akustik sistemler ile yapılan habitat tespitleri, kategorizasyon ve imza atama işlemleri için yerinde örnekleme veya görüntüleme teknikleri ile birlikte yürütülmelidir.

Bentik habitatların haritalanmasında uygulamaya temel esaslar şunlardır:

- Habitat haritalamaya esas verilerin toplanmasında uygulanacak tekniklerde MESH protokolleri izlenir (Coggan vd., 2007, http://www.emodnet-seabedhabitats.eu).
- Habitat tipleri, EUNIS hiyerarşik kategorizasyonuna göre tanımlanır (*http://eunis.eea.europa.eu/habitats-code-browser.jsp*).

14 ÇALIŞMAYA YARDIMCI ABİYOTİK DEĞİŞKENLER

Bentik komünite yapısının incelendiği ekolojik kalite çalışmalarında yada olası antropojenik baskının ve ekolojik stresin ölçülmesinin gerekli olduğu durumlarda biyotik değişkenlerle beraber abiyotik değişkenler (sediman tane boyu, %N, %C ve TOC,tuzluluk, sıcaklık, derinlik, pH, askıda katı madde, çözünmüş oksijen, akıntı hızı ve yönü) de göz önüne alınmalıdır (Pohle ve Thomas, 2001; Chariton ve diğ., 2016)(Şekil 10).Bu değişkenlerin deniz tabanına yakın olan bölge için belirlenmesi gerekmektedir. Deniz suyunun nütrient (amonyum, nitrit, nitrat, fosfat, silikat) miktarlarının bilinmesi de diğer değişkenler gibi önemli olup bentik faunanın çevresel değişkenlerle ilişkisinin ortaya konulması ve etkilenme derecesinin tespiti açısından gereklidir. Sediman tane boyu (<63 µm, 125 µm, 250 µm, 500 µm, 1000 µm, 2000 µm) ile ilgili analiz yapılırken sedimanın içerdiği % kavkı miktarı da hesaplanmalıdır. Sedimanda %N ve %C'nun yanı sıra toplam organik karbonun (TOC) da ölçülmesi gerekmektedir. Sedimanın tanımlanmasında yüzey rengi, kokusu, organik madde içeriği ve redoks potansiyeli değişimleri önemlidir. Sedimanda artan organik madde yükü nedeniyle zaman içinde anoksik koşulların oluşumu ve bentik canlıların bu durumdan olumsuz yönde etkilenmeleri kaçınılmazdır. Redoks potansiyeli ölçümleri, bu değişimin büyüklüğünü yansıtması ve organik kirlilik için önemli ipuçları vermesi nedeniyle önemlidir(Eleftheriou ve McIntyre, 2005; Eleftheriou, 2013). Sediman örnekleri Van-Veen Grab veya box kor sistemleri kullanılarak alındığında öncelikli olarak prob yardımıyla, sediman oksijenlenmeden redoks potansiyeli ölçümleri yapılmadır (ICES, 2009). Örnekleme esnasında sabit pozisyonda kalınması, aynı istasyonda yapılan her bir örnekleme için pozisyon ve derinlik bilgilerinin kontrol edilmesi çalışmada önem taşımaktadır (Rumohr, 2009).

Şekil 10 Fiziko-kimyasal değişkenlerin su kolonunda belirlenmesi için kullanılan CTD-Rozet sistemi

15 RAPORLAMA

Bilimsel araştırmalarda raporlama için standart prosedürler olmalıdır (ICES, 2004). Rapor, ham datanın ve önceki bilgilerin değerlendirmesini içermelidir. Rapor değerlendirilirken güncel yöntemler ve analizler uygulanmalı ve sonuçlar diğer çalışmalarla karşılaştırılabilir nitelikte olmalıdır. Raporun içinde proje tanımı veya proje kodu, çalışmadan sorumlu kişi veya kurum adı, istasyon kodu, başlangıç ve bitiş tarihi, her bir istasyona ait koordinat bilgisi, substrat tipi, örnekleme yapılan bölgenin yapısı, seçilen istasyonların yönü, dalga etkisi altında olup olmadığı, çalışma anındaki ortam koşulları (rüzgar, ışık geçirgenliği gibi), istasyonların konumu ve hat rotası gibi bilgileri içermelidir (ICES, 2004).

16 DEĞERLENDİRME -BİYOTİK İNDEKSLER

Avrupa Birliği Komisyonu tarafından iyi ekolojik durum, Su Çerçeve Direktifi (2000/60/EC), iyi çevresel durum ise Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (2010/477/EU) tarafından tanımlanmıştır. SÇD, her su tipinin 2020 yılına kadar iyi ekolojik ve kimyasal kalite durumuna ulaştırılmasını hedeflemektedir.

Akdeniz ve Karadeniz'de ekolojik durumun belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan indeksler; Shannon-Weaver Çeşitlilik İndeksi (H') (Shannon & Weaver, 1949), BENTIX (Simboura ve Zenetos, 2002), AMBI (Borja ve diğ., 2000), M-AMBI (Mixuka ve diğ., 2007), MEDOCC (Pinedo ve diğ., 2007) ve BOPA (Dauvin ve Ruellet, 2007)'dır. Bu indeksler çoğunlukla yumuşak substratumlarda kullanılmaktadır (Borja ve diğ., 2009)

Bazı biyotik indekslerin (H', BENTIX, AMBI, M-AMBI ve MEDOCC) ülkemiz denizlerindeki (Karadeniz, Marmara Denizi, Ege Denizi ve Akdeniz) ekolojik durum sınıf sınır değerleri DEKOS (2014) projesi kapsamında belirlenmiştir ve bu değerler kullanılarak denizlerimiz için değerlendirmeler yapılmalıdır. H' ve kısmen M-AMBI dışında diğer indekslerin hesaplanmasında türlerin hangi ekolojik gruba dahil olduğunun belirlenmesi gerekmektedir. Türler 5 ekolojik gruba göre sınıflandırılmaktadır (Glémarec, 1986).Türler şu şekilde sınıflandırılır;

Duyarlı Türler (G1): Organik zenginleşmeye çok duyarlı ve çok temiz sularda yaşayan türler,

Duyarsız Türler (GII): Organik zenginleşmeye kayıtsız kalan ve düşük yoğunluğa sahip türler

Toleranslı Türler (GIII): Organik zenginleşmeye toleranslı türler,

İkinci Sınıf Fırsatçı Türler (GIV):

Birinci Sınıf Fırsatçı Türler (GV):.

Biyotik indeksler, bu ekolojik grupların (ayrı ayrı veya birlikte) örneklerdeki yüzde bolluklarına dayanarak hesaplanır. Ekolojik grupların belirlenmesinde Dekos Projesi kapsamında oluşturulan Ulusal Veri Tabanı kullanılmalıdır. Bu veritabanı Çinar ve diğ. (2015) tarafından güncellenerek yayınlanmıştır.

Çeşitlilik İndeksi:

SHANNON-WEAVER CEŞİTLİLİK İNDEKSİ (H′) (Shannon ve Weaver, 1949)

$$\mathbf{H'} = -\sum_{i=1}^{S} (p_i . \log_2 p_i) \qquad p_i = \frac{n_i}{N}$$

S: Toplam tür sayısı
n*i*: i. türün birey sayısı
N: Toplam birey sayısı

Çeşitlilik indeks değeri, euhalin sularda (PSU>30) genelde 0 ile 5 arasında değişir. Ancak heterojen yapıya sahip habitatlarda (örneğin, fanerogamlı, kavkılı çamurlu kum) ve ekoton bölgelerinde çeşitlilik indeks değeri 5'in üzerinde olabilir. Ege ve Akdeniz'in kıyısal sularında ekolojik durumlara göre bu indeksin aldığı sınıf sınır değerleri ve ekolojik kalite oranları (EKO) Tablo 3'te gösterilmiştir.

Acısu özelliğine sahip Karadeniz'de bu indeksin sınıf sınır ve EKO değerleri Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 3. Ege ve Akdeniz için Shannon-Weaver'ın Çeşitlilik İndeksi'nin (H') ekolojik durumlara göre sınıf sınır değerleri ve Ekolojik Kalite Oranları (EKO)

Ekolojik Durum	H' (Sınıf Sınır Değerleri)	EKO
Çok İyi	$4 \leq H' \leq 5,5$	$0.80 \leq H' \leq 1$
İyi	$3 \leq H' < 4$	$0.60 \leq H' < 0.80$
Orta	$2 \leq H' < 3$	$0.40 \leq H' < 0.60$
Kötü	$1 \leq H' < 2$	$0.20 \leq H' < 0.40$
Çok Kötü	$0 \leq H' < 1$	$0 \leq H' < 0.20$

(Dekos, 2014).

Tablo 4 Karadeniz için Shannon-Weaver'ın Çeşitlilik İndeksi'nin (H') ekolojik durumlara göre sınıf sınır değerleri ve Ekolojik Kalite Oranları (EKO)

Sınıflandırma	H' (Sınıf Sınır Değerleri)	EKO değeri
Çok İyi	3.2 < H' < 4.0	> 0.80 – 1
İyi	2.4 < H' < 3.2	> 0.60 – 0.80
Orta	1.6 < H' < 2.4	> 0.40 – 0.60
Kötü	0.8 < H' < 1.6	> 0.20 – 0.40
Çok Kötü	<0.8	< 0.20

(Dekos, 2014)

Biyotik İndeksler;

BENTIX (Simboura ve Zenetos, 2002):

BENTIX= (6 X %GS + 2 X %GT) / 100

GS = GI + GII

GT = GIII + GIV + GV

GS: Duyarlı Türler, GT: Toleranslı Türler

BENTIX değeri 0 ile 6 arasında değişir. Değer 6'ya yaklaştıkça ortamın çok iyi, 0'a yaklaştıkça ise çok kötü olduğunu gösterir. Ülkemizin kıyısal sularında ekolojik durumlara göre bu indeksin aldığı sınıf sınır değerleri ve ekolojik kalite oranları (EKO) Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5. BENTIX'in ekolojik durumlara göre sınıf sınır değerleri ve Ekolojik Kalite Oranları (EKO)

Ekolojik Durum	BENTIX (Sınıf Sınır Değerleri)	EKO değerleri
Çok İyi	4,5 ≤ BENTIX ≤ 6	0,75 ≤ BENTIX ≤ 1
İyi	3,5 ≤ BENTIX < 4,5	0,58 ≤ BENTIX < 0,75
Orta	2,5 ≤ BENTIX < 3,5	0,42 ≤ BENTIX < 0,58
Kötü	2 ≤ BENTIX < 2,5	0,33 ≤ BENTIX < 0,42
Çok Kötü	0 ≤ BENTIX < 2	0 ≤ BENTIX < 0,33

(Dekos, 2014)

AMBI (Borja ve diğ., 2000)

AMBI = [(0 x %GI + 1.5 x %GII + 3 x %GIII + 4.5 x %GIV + 6 x %GV)] / 100

AMBI değeri 0 ile 6 arasında değişir. Değer 6'ya yaklaştıkça ortamın çok kötü, 0'a yaklaştıkça ise çok iyi olduğunu gösterir. Ülkemizin kıyısal sularında ekolojik durumlara göre bu indeksin aldığı sınıf sınır değerleri ve ekolojik kalite oranları (EKO) Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. AMBI'nin ekolojik durumlara göre sınıf sınır değerleri ve Ekolojik Kalite Oranları (EKO)

Ekolojik Durum	AMBI (Sınıf Sınır Değerleri)	EKO değerleri
Çok İyi	1.2 ≥ AMBI ≥ 0	0.83 ≤ AMBI ≤ 1
İyi	3.3 ≥ AMBI > 1.2	0.53 ≤ AMBI < 0.83
Orta	4.3 ≥ AMBI > 3.3	0.39 ≤ AMBI < 0.53
Kötü	5.5 ≥ AMBI > 4.3	0.21≤ AMBI < 0.39
Çok Kötü	7 ≥ AMBI > 5.5	0 ≤ AMBI < 0.21

(Dekos, 2014)

M-AMBI (Mixuka ve diğ., 2007)

M-AMBI, AMBI, tür sayısı (S) ve çeşitlilik indeksinin (H′) hesaplanmasıyla "*strese-hassas türlerin*" oransal bir kombinasyonudur. Ege ve Akdeniz'de M-AMBI'nin hesaplanmasında minimum-maksimum H' değeri 0 – 5.5, minimum-maksimum AMBI değeri 6-0, minimum-maksimum tür sayısı (tür zenginliği) ise 0 – 90 olarak alınmıştır. Karadeniz'de M-AMBI'nin hesaplanmasında minimum-maksimum H' değeri 0–4, minimum-maksimum AMBI değeri 6–0, minimum-maksimum tür sayısı (tür zenginliği) ise 0-55 olarak alınmıştır.

Ülkemizin kıyısal sularında ekolojik durumlara göre bu indeksin aldığı sınıf sınır değerleri ve ekolojik kalite oranları (EKO) Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7.M-AMBI'nin ekolojik durumlara göre sınıf sınır değerleri ve Ekolojik Kalite Oranları (EKO)

Ekolojik Durum	M-AMBI (Sınıf Sınır Değerleri)	EKO değerleri
Çok İyi	0.83 ≤ M-AMBI ≤ 1	0.83 ≤ M-AMBI ≤ 1
İyi	0.62 ≤ M-AMBI < 0.83	0.62 ≤ M-AMBI < 0.83
Orta	0.41 ≤ M-AMBI < 0.62	0.41 ≤ M-AMBI < 0.62
Kötü	0.20 ≤ M-AMBI < 0.41	0.20 ≤ M-AMBI < 0.41
Çok Kötü	0 ≤ M-AMBI < 0.20	0 ≤ M-AMBI < 0.20

(Dekos, 2014)

MEDOCC (Pinedo ve diğ., 2007)

MEDOCC = [(0 x %GI + 2 x %GII + 4 x %GIII + 6 x %GIV)] / 100

Bu indekste GIV ve GV birleştirilerek tek bir grup GIV oluşturulmuştur. Ülkemizin kıyısal sularında ekolojik durumlara göre bu indeksin aldığı sınıf sınır değerleri ve ekolojik kalite oranları (EKO) Tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 8. MEDOCC'un ekolojik durumlara göre sınıf sınır değerleri ve Ekolojik Kalite Oranları (EKO)

Ekolojik Durum	MEDOCC (Sınıf Sınır Değerleri)	EKO değerleri
Çok İyi	1.6 ≥ MEDOCC ≥ 0	0.73 ≤ MEDOCC ≤ 1
İyi	3.2 ≥ MEDOCC > 1.6	0.47 ≤ MEDOCC < 0.73
Orta	4.7 ≥ MEDOCC > 3.2	0.20 ≤ MEDOCC < 0.47
Kötü	5.5 ≥ MEDOCC > 4.7	0.08 ≤ MEDOCC < 0.20
Çok Kötü	6 ≥ MEDOCC > 5.5	0 ≤ MEDOCC < 0.08

(Dekos, 2014)

TUBI (Çınar ve diğ., 2015)

Türk Bentik İndeksi(TUBI) Türkiye'de Ege-Akdeniz yumuşak substrat bentos faunasına özgü geliştirilmiş bir indekstir(Çınar ve diğ. 2015). İki metrikli bir indeks olup, 1. metrik Shanon-Weiver Çeşitlilik İndeksi'ni (H'), 2. metrik ise 3 ekolojik grubun (duyarlı türler, toleranslı türler ve fırsatçı türler) nisbi bolluğunu içerir. İndeks bu 2 metriğin ortalamasına dayanarak 0-5 arasında bir değer oluşturur.

$$\square\square\square\square = \frac{H'^{\dagger} + [5 - (\frac{0* G1\%+3* G2\%+5* G3\%}{100})]}{2}$$

$^{\dagger}H'>5 \Rightarrow H'=5$

1. metriği oluşturan H' ($\log_2$ tabanı) değeri 5'in üzerine olduğu durumlarda, H' değeri 5 olarak alınmalıdır. Toplam 5 olan ekolojik grup, 2. metrikte 3'e indirgenmiştir. 1. Ekolojik grup, duyarlı ve duyarsız türleri (GI ve GII), 2. Ekolojik grup toleranslı türleri (GIII) ve 3. Ekolojik grup ise fırsatçı türleri (GIV ve GV) içerir. Bu indeksin sonuçlarında göre bentik kalite durumu Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. TUBI'nin ekolojik durumlara göre sınıf sınır değerleri ve Ekolojik Kalite Oranları (EKO)

Ekolojik Durum	Etki Durumu	TUBI (Sınıf Sınır Değerleri)	EKO değerleri
Çok İyi	Etkilenmemiş	$4 \leq TUBI \leq 5$	$0.80 \leq TUBI \leq 1$
İyi	Az etkilenmiş	$3 \leq TUBI < 4$	$0.60 \leq TUBI < 0.80$
Orta	Orta derecede etkilenmiş	$2 \leq TUBI < 3$	$0.40 \leq TUBI < 0.60$
Kötü	Çok etkilenmiş	$1 \leq TUBI < 2$	$0.20 \leq TUBI < 0.40$
Çok Kötü	Aşırı derecede etkilenmiş	$0 \leq TUBI < 1$	$0 \leq TUBI < 0.20$

(Çınar ve diğ., 2015)

ALEX (Çınar ve Bakır, 2014)

Yukarıda bahsedilen indeksler kirleticilerin bentik komünite üzerinde yaptığı etkinin belirlenmesi için kullanılırken, ALEX, yabancı türlerin bentik komüniteler üzerinde yaptığı etkiyi belirleyen bir biyotik indekstir. ALEX indeksi bir bölgedeki yabancı türlerin bolluk ve zenginliklerine bakarak su kütlelerinin ekolojik durumlarını kötüden çok iyiye doğru sınıflandırmaktadır. Bu indeks, yabancı türlerin bölgedeki kümülatif etkisini göstermesi açısından da önem taşımaktadır. ALEX indeksi, İtalya'da sert substratumlarda da denenmiş ve bu indeksin kıyısal bölgelerde sadece yumuşak substratumlarda değil sert substratumlarda da yapılacak yabancı türlerin izleme çalışmalarında kullanılabileceği belirtilmiştir (Piazzi ve diğ., 2015).

ALEX= [(0x%GI) + (3x(%GII + %GIII)) + (5x(%GIV))]/100

Bentik komünite içinde yer alan türlerin oranına bağlı olarak hesaplanan indekste, çalışma alanında doğal olarak bulunan yerli türlerin (GI) formüldeki etkisi göz ardı edilmiştir. Bölgeden bir kez kayıt edilen ve üreme sonucu oluşmamış çok az sayıda birey ile temsil edilen yabancı türler GII'de yer almaktadır. Bölgede kendi popülasyonunu oluşturmuş, yerleşmiş yabancı türler ise GIII'de, üreyebilen döller vererek, kendi dağılım alanını genişletmiş, işgal ettikleri habitatlarda önemli etkiye neden olan yabancı türler ise GIV'de değerlendirilmiştir. İndeks değerleri 0 ile 5 arasında değişmektedir. Bentik ekosistem üzerinde istilacı yabancı türlerin etkisinin artması durumunda indeks değeri 5'e yaklaşmaktadır (Tablo 10).

Tablo 10. ALEX'in ekolojik durumlara göre sınıf sınır değerleri ve Ekolojik Kalite Oranları (EKO)

Ekolojik Durum	Etki Durumu	ALEX (Sınıf Sınır Değerleri)	EKO değerleri
Çok İyi	Etkilenmemiş	0 <ALEX ≤ 1	1 ≤ ALEX ≤ 0.8
İyi	Az etkilenmiş	1< ALEX ≤ 2	0.8 < ALEX≤ 0.6
Orta	Orta derecede etkilenmiş	2 <ALEX ≤ 3	0.6 < ALEX≤0.4
Kötü	Çok etkilenmiş	3 < ALEX ≤ 4	0.4 < ALEX ≤ 0.2
Çok Kötü	Aşırı derecede etkilenmiş	4 < ALEX ≤ 5	0.2 <ALEX ≤ 0

(Çınar ve Bakır, 2014)

17 MOLEKÜLER METOTLARIN KULLANIMI

Genomik, yani nükleotid dizilerini (DNA ve RNA) kullanarak biyolojik sistemleri analiz eden bilim, deniz izleme çalışmalarının son dönemdeki en büyük yeniliklerinden biridir. Son on yılda genomik tekniklerdeki gelişmeler sayesinde biyoçeşitliliğin saptanması ve izlenmesi ve bu gelişmelerin en önemlilerinden olan yeni dizileme teknikleri sayesinde organizmalar, komüniteler ve habitatlarla ilgili büyük miktarda genetik veri elde edilmesi mümkün olmuştur. Bu gelişme nükleotid veri analizi ve derlemesinin denizel biyoçeşitlilik çalışmalarında rutin metotlardan biri olmasını sağlamıştır (ör. Glöckner ve diğ., 2012; Karsenti ve diğ., 2011; Roger ve diğ., 2012). Yakın geçmişte bu metotların bazıları koruma biyolojisi ve izleme çalışmalarında kullanılmaya başlanmıştır (ör. DEVOTES[1]: FishPoptrace[2] projeleri). Ayrıca DSÇD kapsamında da ilgili tanımlayıcılar için moleküler izleme tekniklerinin (ör. DNA Barkodlama, metagenomik çalışmalar, vb.)standardizasyonu ve uygulanmasına yönelik çalışmaların yapılması ileri dönem hedefler arasında yer almaktadır (Zampoukas ve diğ., 2014). DNA Barkodlama bu çalışmaların en temelindeki metotlardan biri olup, zoobentik komünitelerin barkodlanmaya başlanması ileri dönem çalışmalar için veri alt yapısının oluşturulmasını sağlayacaktır.

[1] http://www.devotes-project.eu/devotes-at-glance/

[2] https://fishpoptrace.jrc.ec. europa.eu/

KAYNAKLAR

Akdenizde Özel Koruma Alanlarına İlişkin Protokol, 19968 sayılı Resmi Gazete, 12.10.1988

Akdeniz'in Deniz Çevresinin ve Kıyı Alanlarının Korunması Sözleşmesi (Barselona Sözleşmesi). Convention for the Protection of the Marine Environment and the Coastal Region of the Mediterranean (Barcelona Convention). http://www.unepmap.org/

Balata, D., Piazzi, L., Cecchi, E. ve Cinelli, F., 2005. Variability of Mediterranean coralligenous assemblages subject to local variation in sediment deposition. Mar Environ Res 60: 403–21.

Başçınar, N.S., Gözler, A., Jafarova, E., Erbay. M, Erüz, Ç., Akpınar, İ.Ö., Altan,Ü., Alkan, A., Atılgan, E., Zengin, B., Alkan, N. Ve Mısır., S., 2015. (PROJE ARA RAPOR3.) Doğu Karadeniz Kıyılarının Ekolojik Kalite Durumlarının Belirlenmesi ve Bentik Omurgasız Organizmaların Tür Çeşitliliği (2013-2015) TAGEM/HAYSÜD/13/A-11/P-02/01.

Bellan-Santini D., Bellan G., Bitar G., Harmelin J.G., Pergent G. (Coord.), 2002. Manuel d'interprétation des types d'habitats marins pour la sélection des sites à inclure dans les inventaires nationaux de sites naturels d'intérêt pour la conservation. Programme des Nations Unies pour l'Environnement. Plan d'Action pour la Méditerranée. Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées: 234 pp.

Bianchi, C.N., Pronzato, R., Cattaneo-Vietti, R., Benedetti Cecchi, L., Morri, C., Pansini, M., Chemello, R., Milazzo, M., Fraschetti, S., Terlizzi, A., Peirano, A., Salvati, E., Benzoni, F., Calcinai, B., Cerrano, C. ve Bavestrello, G., 2004. Hard bottoms, Biol. Mar. Medit., 11 (1): 185-215.

Boland, G.S. ve Rowe, G.T., 1991. Deep-sea benthic sampling with the GOMEX box corer. Limnology and Oceanography, 36(5), 1015–1020.

Borja A., Josefson A.B., Miles A., Muxika I., Olsgard F., Phillips G., Rodrı´guez J.G. ve Rygg B., 2007. An approach to the intercalibration of benthic ecological status assessment in the North Atlantic ecoregion, according to the European Water Framework Directive. Marine Pollution Bulletin, 55, 42–52.

Borja, A., Franco, J. ve Pérez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthis within European estuarine and coastal environments. Mar. Pollut. Bull., 40:1100–1114.

Borja, A., Miles, A., Occhipinti-Ambrogi, A. ve Berg, T., 2009. Current status of macroinvertebrate methods used for assessing the quality of European marine waters: implementing the Water Framework Directive. Hydrobiologia, 633:181–196.

Bouma, S. ve Lengkeek, W., 2012. Benthic communities on hard substrates of the offshore wind farm Egmond aan Zee (OWEZ), Including results of samples collected in scour holes. Final Report.

Brown, C.J., Smith, S.J., Lawton, P. ve Anderson, J.T., 2011. Benthic habitat mapping: A review of progress towards improved understanding of the spatial ecology of the seafloor using acoustic techniques. Estuarine, Coastal and Shelf Science 92, 502-520.

Bükreş Sözleşmesi. Karadeniz'in Kirliliğe Karşı Korunması Sözleşmesi. The Commission on the Protection of the Black Sea Against Pollution. www.blacksea-commission.org

Chapman D (ed.), 1996. Water Quality Assessments-A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring Second Edition. Published on behalf of UNESCO, WHO and UNEP by Chapman nd Hall, London

Chariton, A.A., Pettigrove, V.J. & Baird, D.J. 2016. Sediment quality assessment: a practical guide, editors: Simpson, S. & Batley, G., Clayton South, VIC: CSIRO Publishing, 346 p, ISBN 9781486303847.

Çinar, M.E. ve Bakir, K., 2014. ALien Biotic IndEX (ALEX) – a new index for assessing impacts of alien species on benthic communities. Mar. Pollut. Bull., 87: 171-179.

Çinar, M.E., Bakır, K., Öztürk, B., Katağan, T., Dağlı E., Açık, Ş., Doğan, A. ve Bitlis Bakir B., 2015. TUBI (TUrkish Benthic Index): A new biotic index for assessing impacts of organic pollution on benthic communities. Journal of Black Sea/Mediterranean Environment 21(2):135-168.

Çinar, M.E., Bilecenoğlu, M., Ozturk, B., Katağan, T., Yokeş, M.B., Aysel, V., Dağli, E., Acik, S., Ozcan, T. ve Erdoğan, H., 2011. An updated review of alien species on the coasts of Turkey. Meditterranean Marine Science, 12: 257-315.

Coggan, R., Populus, J., White, J., Sheehan, K., Fitzpatrick, F. ve Piel, S. (Ed.), 2007. Review of Standards and Protocols for Seabed Habitat Mapping. MESH.

Cribb, H.N. ve Marshall, A.J., 2005. Monitoring for marine pests in Milner Bay, Groote Eylandt. Fisheries Report No. 74, 29 pp.

Dauvin, J.C. ve Rueller, T., 2007. Polychaeta/amphipod ratio reviseted. Mar. Pollut. Bull, 55(1-6): 215-24.

David, R., Dubois, S., Erga, Z., Guillemain, D. ve diğ., 2015. Cigesmed's protocol and network (Coralligenous based indicators to evaluate and monitor the 'Good Environmental Status' of Mediterranean Coastal waters). Proc. 5th Intn. Symp. Monitoring of Mediterranean coastal areas : problems and measurement techniques, Livorno (Italy) 17-18-19 June 2014, F. Benincasa (Ed.), pp. 828-843.

Davies, J., Baxter, J., Bradley, M., Connor, D., Khan, J., Murray, E., Sanderson, M., Turnbull, C. and Vincent, M., eds, 2001. Marine monitoring handbook. Peterborough: Joint Nature Conservation Committee, 405 pp.

DBTE-216, 2015. Çevresel açıdan sürdürülebilir çevre dostu balık çiftlikleri sisteminin oluşturulması projesi. Taslak Final Raporu, İzmir.

Dekos, 2014. Deniz ve Kıyı Suları Kalite Durumlarının Belirlenmesi ve Sınıflandırılması Projesi (DeKoS). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı –TÜBİTAK, ÇTÜE 5118703, (Sonuç Raporu), Şubat 2014, Gebze-Kocaeli.

ÇŞB - ÇEDİDGM ve TÜBİTAK-MAM, 2014 - 2016. Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Projesi (2014-2016). Gebze-Kocaeli.

ÇŞB - ÇEDİDGM ve TÜBİTAK-MAM (2016). Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Projesi (2014-2016), 2015 Karadeniz Final Raporu.

deRivera, C.E., Ruiz, G.M., Crooks, J.A., Wasson, K., Lonhart, S.I., Fofonoff, P., Steves, B.P. ve diğ., 2006. Broad-scale nonindigenous species monitoring along the West Coast in National Marine Sanctuaries and National Estuarine Research Reserves. Report to National Fish and Wildlife Foundation, Smithsonian Environmental Research Centre.

Deter, J., Descamp, P., Ballesta, L., Boissery, P. ve Holon F., 2012. A preliminary study toward an index based on coralligenous assemblages for the ecological status assessment of Mediterranean French coastal waters. Ecological Indicators, 20: 345–352.

Dethier, M., N., Graham, E.S., Cohen, S. ve Tear L.M., 1993. Visual versus random-point percent cover estimations: 'objective' is not always better. Mar. Ecol. Prog. Ser., 96:93-100.

Diaz, R.J., Solan, M. ve Valente, R.M., 2004. A review of approaches for classifying benthic habitats and evaluating habitat quality. Journal of Environmental Management 73, 165–181.

Directive 2000/60/EC of the European parliament and of the council of 23 October 2000; Establishing a framework for Community action in the field of water policy (Water Framework Directive).

EC (EuropeanCommission), 2010. Decision on criteria and methodological standards on good environmental status of marine waters. Decision 2010/477/EU. Official Journal of the European Union 232: 14–24.

Duineveld, G.C.A., and Witte, H.J. 1987. Report on an intercalibration exercise on methods for determining ashfree dry weight of macrozoobenthos. ICES CM 1987/L:39.

Eleftheriou, A. and McIntyre, A. D., eds, 2005. Methods for the study of marine benthos. Third edition. Oxford: Blackwell, 418 pp.

Eleftheriou, A. (Ed.), 2013. Methods for the Study of Marine Benthos, 4th Edition, John Wiley & Sons Ltd.

Elliott, J.M., 1983. Some Methods for the Statistical Analysis of Samples of Benthic Invertebrates. Freshwater Biological Association - Scientific Publication. 25: 159.

Elmgren, R., Rosenberg, R., Andersin, A-B., Evans, S., Kangas, P., Lassig, J., Leppäkoski, E. and Varmo, R., 1984. Benthic macro- and meiofauna in the Gulf of Bothnia (northern Baltic). Finnish Marine Research 250: 3-18.

EN ISO 19493, 2007. Water quality-Guidance on marine biological surveys of hard-substrate communities. 32 pp.

Galil, B., 2007. Loss or gain? Invasive aliens and biodiversity in the Mediterranean Sea. Marine Pollution Bulletin, 55: 314–322.

Giakoumi, S. ve Kokkoris, G.D., 2013. Effects of habitat and substrate complexity on shallow sublittoral fish assemblages. Mediterranean Marine Science in the Cyclades Archipelago, North-eastern Mediterranean sea. Medit. Mar. Sci., 14(1): 58-68

Gray, J. S., McIntyre, A.D. and Štirn, J. 1992. Manual of methods in aquatic environment research. Part 11. Biological assessment of marine pollution with particular reference to benthos. FAO Fisheries Technical Paper 324: 49 pp.

Gray, J.S., 1979. Pollution-induced changes in populations. Philos. Trans. R. Soc. 286: 545–561.

HELCOM, 2005. Manual for Marine Monitoring in the COMBINE. 388 pp.

HELCOM, 2015. Manual for marine monitoring in the combine programme of HELCOM. Part C-Programme for Monitoring of Eutrophication and its Effects. Annex C-8: Soft bottom macrozoobenthos, 333-343.

Hessler, R.R. ve Jumars, P.A., 1974. Abyssal community analysis from replicate box cores in the central North Pacific. Deep-Sea Research, 21, 185–209.

Hill, J., Wilkinson, C., 2004. Methods for ecological monitoring of coral reefs. Australian Institute of Marine Science, Townsvill

Hiscock, K. and Mitchell, R., 1989. Practical methods of field assessment and conservation evaluation of nearshore/estuarine areas. In Development in estuarine and coastal study techniques. Ed. by J. McManus and M. Elliot. Olsen and Olsen, Int. Symposium Ser., Fredensborg, Denmark. 53–55.

Hiscock, K., 1987. Subtidal rock and shallow sediments using diving. In: Baker, J.M. and

ICES, 1994. Report of the ICES/HELCOM workshop on quality assurance of benthic measurements in the Baltic Sea. ICES C.M. 1994/E:10.

ICES, 1996. Report of the ICES/HELCOM second workshop on quality assurance of biological measurements in the Baltic Sea, Warnemünde, Germany, 16-20 September 1995. ICES CM 1996/E:1.

ICES, 2009. Revised JAMP Eutrophication Monitoring Guidelines: Benthos. 10-17, ISO 19493:2007 (en). Water quality — Guidance on marine biological surveys of hard-substrate communities.

ICES. 2004. Biological monitoring: General guidelines for quality assurance. Ed. by H. Rees. ICES Techniques in Marine Environmental Sciences, No. 32. 44 pp.

Jensen, P., 1983. Meiofaunal abundance and vertical zonation in a sublittoral soft bottom with a test of the HAPS corer. Marine Biology, 74: 319 – 326.

Jonasson, A. & Olausson, E., 1966. New devices for sediment sampling. Marine Geology,4, 365–372.

Karlsson, J., 1995. Inventering av marina makroalger i Östfold 1994: Området Heia-Torbjørnskjær. Tjärnö Marinbiologiska Laboratorium; Avd. for marin botanik, Göteborgs Universitet, 21 + app.

Lundälv, T., 1971. Quantitative studies on rocky-bottom biocoenoses by underwater photogrammetry. Thalassia jugosl., 7: 201–208.

MED POL Programme for the Assessment and Control of Marine Pollution in the Mediterranean http://web.unep.org/unepmap/med-pol-programme-assessment-and-control-marine-pollution-mediterranean-2013.

Martins. G.M., Francisco, Á., F.F..M., Wallenstein, Álvaro, N.V., Neto, A.I. and Costa, A.C., 2005. Sampling strategies for biotope definition: minimal sampling area for selected groups of macroinvertebrates in the rocky subtidal of Saõ Miguel, Azores. Helgol Mar Res 59: 219–223.

Mixuka, I., Borja, A., Bald, J. 2007. Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European water framework directive. Marine Pollution Bulletin, 55: 16–29.

Molnar, J.L., Gamboa, R.L., Revenga, C. ve Spalding, M.D., 2008. Assessing the global threat of invasive species to marine biodiversity. Front Ecol Environ 6 (9): 485-92.

Montefalcone, M., 2009. Ecosystem health assessment using the Mediterranean seagrass Posidonia oceanica: A review. Ecological Indicators, 9: 595-604

Montefalcone, M., Lasagna, R., Bianchi, C.N., Morri, C. ve Albertelli, G., 2006. Anchoring damage on *Posidonia oceanica* meadow cover: a case study in Prelo Cove (Ligurian Sea, NW Mediterranean). Chemistry and Ecology, 22 (1): 207-217.

OSPAR, 2012. JAMP Eutrophication Monitoring GiakoumGuidelines: Benthos. 15 pp.

Otero, M., Cebrian, E., Francour, P., Galil, B. ve Savini, D., 2013. Monitoring Marine Invasive Species in Mediterranean Marine Protected Areas (MPAs): A strategy and practical guide for managers. Malaga, Spain: IUCN. 136 pages.

Pearson, T. ve Rosenberg, R., 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. Oceanography and Marine Biology Annual Review 16: 229–311.

Pedersen, A., Aure, J., Dahl, F., Green, N.W., Johnsen, T., Magnusson, J., Moy, F., Rygg, B. ve Walday, M., 1995. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Fem års undersøkelser: 1990-1994. Hoverdrapport. [Long-term monitoring of environmental quality of Norway. Five year investigation: 1990-1994. Main report]. Norwegian Pollution Control Authority - Monitoring report no. 624a/95, TA no. 1264/1995. Norwegian Institute for Water Research. Project O-90063/O-900635. (NIVA report number 3332.) 115.

Piazzi L, Balata D, Cecchi E, Gennaro P, Serena F., 2014. Effectiveness of different investigation procedures in detecting anthropogenic impacts on coralligenous assemblages. Sci. Mar. 78(3): 319-328. doi: http://dx.doi.org/10.3989/scimar.03989.28A

Pinedo S., Garcia M., Satta M.P., De Torres M. ve Ballesteros E., 2007. Rocky-shore communities as indicators of water quality: a case study in the Northwestern Mediterranean. Marine Pollution Bulletin, 55: 126–135.

Pitacco, V., Mavrič, B., Orlando-Bonaca, M. ve Lipej, L., 2013. Rocky macrozoobenthos mediolittoral community in the Gulf of Trieste (North Adriatic) along a gradient of hydromorphological modifications. Acta Adrıat., 54(1): 67 – 86.

Pohle G.W. ve Thomas M.L.H., 2001. Monitoring protocol for marine benthos: Intertidal and subtidal macrofauna. A report by the marine biodıversity monitoring committee (Atlantic maritime ecological science cooperative, Huntsman Marine Science Centre) to the ecological monitoring and assessment network of environment Canada. http://www.biomareweb.org/downloads/mbm.pdf

Power, A., Mitchell, M., Walker, R., Posey, M., Alphin, T. ve Belcher, C., 2006. Baseline port surveys for introduced marine Molluscan, Crustacean and Polychaete species in the South Atlantic Bight. National Oceanic and atmospheric administra- tion report; 301 pp.

Rice, J., Arvanitidis, C., Borja, A., Frid, C., Hiddink, J., Krause, J., Lorance, P., Ragnarsson, S.A., Sköld, B., Trabucco, B., Enserink, L., Norkko, A., 2010. Final Report TG – 6, Seafloor integrity. European Marine Strategy Framework directive, ICES and European Commission, pp. 77.

Rumohr, H. 2009. Soft bottom macrofauna: collection, treatment and quality assurance of samples. ICES Techniques in Marine Environmental Sciences, 43: 20 pp.

Salas, R., Tilman, U., John, U., Kilcoyne, J., Burson, A., Cantwell, C., Hess, P., Jauffrais, T. ve Silke, J., 2011. The role of *Azadinium spinosum* (Dinophyceae) in the production of azaspiracid shellfish poison in ginmussels. Harmful Algae 10 (6): 774-83.

Shannon, C.E., Weaver W. 1949. The mathematical theory of communication. University Press Illinois, Urbana.

Simboura, N. ve Zenetos, A., 2002. Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a new biotic index. Mediterranean Marine Science 3: 77–111.

Štirn, J. ve diğ., 1975. Selected biological methods for assessment of marine pollution. In: Marine pollution and marine waste disposal, edited by E.A. Pearson and E. de Fraja Frangipane, Oxford, Pergamon Press, pp. 307-327.

Štirn, J., 1981. Manual of methods in aqua tic environment research. Part 8. Ecological assessment of pollution effects. FAO Fisheries Technical Paper 209: 71 pp.

Tagliapietra D. ve Sigovini M., 2010. Benthic fauna: collection and identification of macrobenthic invertebrates. NEAR Curriculum in Natural Environmental Science, Terre et Environnement, 88: 253–261.

Templado, J., Paulay, G., Gittenberger, A. ve Meyer, C., 2010. Sampling the Marine Realm. In: Eymann, J., Degreef, J., Häuser, C., Monje, J.C., Samyn,Y., Vanden Spiegel, D., editors. Manual on field recording techniques and protocols for All Taxa Biodiversity Inventories and monitoring, 8. ABC Taxa; 273-307.

UNEP MAP, 2016. Draft Integrated Monitoring and Assessment Guidance,19th Ordinary Meeting of the Contracting Parties to the Convention for the Protection of the Marine Environment and the Coastal Region of the Mediterranean and its Protocols Athens, Greece, 9-12 February 2016.

Van Hoey, G.V., Borja, A., Birchenough, S., Buhl-Mortensen, L., Degraer, S., Fleischer, D., Kerckhof, F., Magni, P., Muxika, I., Reiss, H., Schröder, A. ve Zettler, M.L., 2010. The use of benthic indicators in Europe: From the Water Framework Directive to the Marine Strategy Framework Directive. Marine Pollution Bulletin 60: 2187–2196.

Van Hoey, G.V., Degraer, S. ve Vincx, M., 2004. Macrobenthic community structure of soft-bottom sediments at the Belgian Continental Shelf. Estuarine Coastal and Shelf Science 59: 599–613.

Warwick, R.M. ve Clarke, K.R., 2001. Practical measures of marine biodiversity based on relatedness of species. Oceanography and Marine Biology: an Annual Review, 39: 207-231.

Watson, D., 1992. Contouring: A Guide to the Analysis and Display of Spatial Data,Pergamon Press, London, 1992.

Zenetos, A., M. E. Çinar, M.A. Pancucci-Papadopoulou, J. G. Harmelin, G. Furnari, ve diğ., 2005. Annotated list of marine alien species in the Mediterranean with records of the worst invasive species. Medit. Mar. Sci., 6: 63-118.

Zenetos, A, S. Gofas, C. Morri, A. Rosso, D. Violanti, ve diğ., 2012. Alien species in the Mediterranean Sea by 2012. A contribution to the application of European Union's Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part 2. Introduction trends and pathways. Med. Mar. Sci. 13: 328-352.

Zampoukas N, Palialexis A, Duffek A, Graveland J, Giorgi G, Hagebro C, Hanke G, Korpinen S, Tasker M, Tornero V, Abaza V, Battaglia P, Caparis M, Dekeling R, Frias Vega M, Haarich M, Katsanevakis S, Klein H, Krzyminski W, Laamanen M, Le Gac JC, Leppanen JM, Lips U, Maes T, Magaletti E, Malcolm S, Marques JM, Mihail O, Moxon R, O'Brien C, Panagiotidis P, Penna M, Piroddi C, Probst WN, Raicevich S, Trabucco B, Tunesi L, van der

http://www.blacksea-commission.org/_bssap2009.asp

http://eunis.eea.europa.eu/habitats-code-browser.jsp

http://www.sitesalive.com/ol/private/02s/gallery/images/11abbyplace.jpg

http://www.devotes-project.eu/devotes-at-glance/

https://fishpoptrace.jrc.ec. europa.eu/

Bölüm 4
Deniz Çöpleri İzleme Kılavuzu

Hazırlayanlar:

Kılavuz Lideri

Dr. Olgaç GÜVEN	Orta Doğu Teknik Üniversitesi

Kılavuz Ekibi

Yrd. Doç. Dr. Ahsen YÜKSEK	İstanbul Üniversitesi
Şule BEKTAŞ	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
Yrd. Doç. Dr. Ülgen AYTAN	Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Coşkun ERUZ	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Çolpan Polat BEKEN	TÜBİTAK MAM

İÇİNDEKİLER

TABLO DİZİNİ 2
ŞEKİL DİZİNİ 2
KISALTMALAR 3
1 GİRİŞ 4
2 AMAÇ 8
3 DENİZEL ATIKLARA DAİR İZLENECEK PARAMETRELER 10
3.1 Örneklemelere Dair Bilinmesi ve Takip edilmesi Gereken Hususlar 11
3.1.1 Katı Atıklara Kirliliğinin Tespitine Yönelik Örneklemeler 11
3.1.2 Doğada Mikroplastik Kirliliğinin Takibine Yönelik Örneklemeler 13
3.2 Atıkların Biyota Üzerine Etkisinin Takibine Yönelik Örneklemeler 13
3.2.1 İzlemeye Yönelik Gösterge Tür Tercihine Dair Değerlendirme 13
4 ÖRNEKLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ AŞAMASINDA İZLENECEK YÖNTEMLER 15
4.1 Sahil Bölgelerindeki Atıklar 15
4.2 Denizde Bulunan Atıklar 16
4.2.1 Deniz Zeminindeki Atıkların İzlenmesi 16
4.2.2 Deniz Yüzeyindeki Atıkların İzlenmesi 17
5 MİKROPLASTİKLER 19
5.1 Su Örneklemeleri 19
5.2 Sediman Örneklemeleri 20
5.3 Biyota Örneklemeleri (Mikroplastik) 20
5.4 Mikroskop altında Gerçekleştirilen Değerlendirmeler 22
6 VERİ KALİTESİ 22
6.1 Katı Atıklara Yönelik Değerlendirmeler 22
6.2 Mikroplastiklere Yönelik Değerlendirmeler 22
KAYNAKLAR 24
EKLER 28
EK 1. Denizel atık örneklemeleri esnasında kullanılacak malzemeler ve kullanım amaçları 27
EK 2. Atık İzleme Bölgesi Bilgi Formu 29
EK 3. Katı Atık Sınıflandırma Sistemi 30
EK 4 Deniz zemini atık izleme çalışma alanı ve operasyon bilgileri formu 34
EK 5. Tespit edilen atıkların kaydedileceği form 35
EK 6. Tespit edilen ve verinden oynatılamayacak boyuttaki atıkların kaydedileceği form 36
EK7. MEDITS atık sınıflandırma sistemi 37
EK 8. Mikroplastik Kodlama Sistemi 38

TABLO DİZİNİ

Tablo 1 AB Direktifleri ve Bölgesel Deniz Sözleşmelerinde Deniz Çöplerinin Değerlendirilmesi 9
Tablo 2 Deniz çöplerinin diğer DSÇD - İÇD Tanımlayıcıları ile ilişkisi..... 10

ŞEKİL DİZİNİ

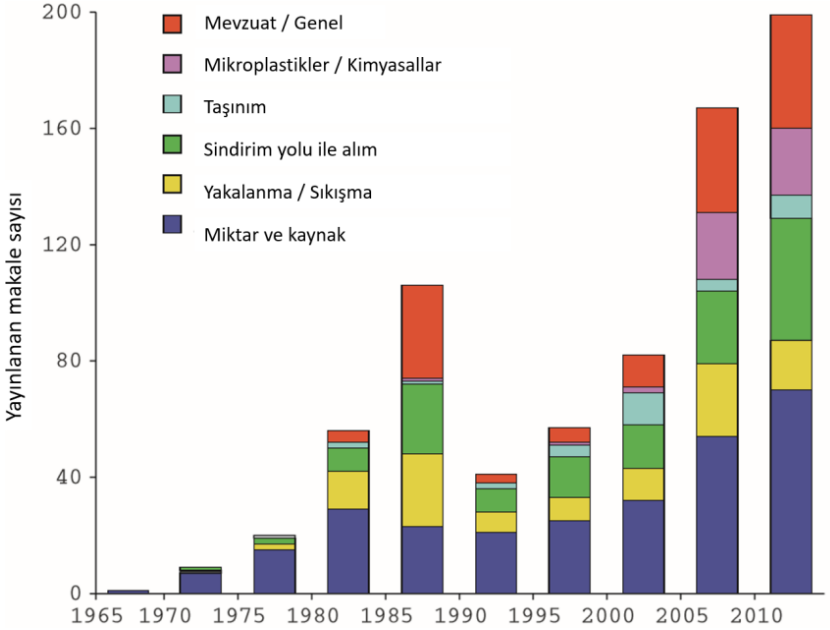
Şekil 1. Deniz çöplerine yönelik son 50 yıl içerisinde yaylanan bilimsel makaleler ve konuları 4
Şekil 2. İstanbul Büyük Şehir Belediyesi deniz süpürgesi (İstaç-4) 18
Şekil 3. Waste Free Oceans kapsamında dizayn edilen ve deniz yüzeyindeki atıkların toplanması için kullanılan özel ağ..... 18

KISALTMALAR

EC	: Avrupa Birliği Komisyonu
DSÇD	: Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi
GA	: Genel Kurulu
FT-IR	: Fourier Dönüşümlü Infrared Spektrofotometre
HELCOM	: Baltık Denizi Çevre Koruma komisyonu
İÇD	: İyi Çevresel Durum
IMO	: Uluslararası Denizcilik Örgütü
JRC	: Ortak Araştırma Merkezi
LC'72	: 1972 Londra Komisyonu
MAP	: Akdeniz Eylem Planı
MEDITS	: Akdeniz'de atıkların izlenmesine yönelik gerçekleştirilen program OSPAR
	: Oslo Paris Antlaşması- Kuzeydoğu Atlantik Çevre Koruma Komisyonu
PAGEV	:Türk Plastik Sanayicileri Araştırma Geliştirme ve Eğitim Vakfı
RSP	: Bölgesel Denizler Programı
SCUBA	: Aletli dalış
TG 10	: Denizel Atık Çalışma Grubu
TSG-ML	: Denizel Atıklar üzerine faaliyet gösteren alt grup
UN	: Birleşmiş Milletler
UV	: Ultraviyole veya morötesi ışınım
UNCLOS	: Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi

1 GİRİŞ

Belirli bir üretim süreci sonunda elde edilen katı materyallerin denizel ortama atılması-terkedilmesi neticesinde ortaya çıkan atıklar denizel atıklar olarak isimlendirilmektedir. Bu artıklar denizel ortama direkt boşaltıma ek olarak nehir, arıtma sistemleri deşarjları, yağmur suyu deşarjları veya rüzgar gibi vektörlerin etkisi ile dolaylı olarak da ulaşabilmektedir (UNEP ve NOAA, 2012). Denizel atıklara yönelik yapılan bilimsel çalışmalar, denizel çevre üzerimde baskı oluşturan bu sorunun neden olduğu olumsuz etkileri her geçen gün daha iyi anlamamıza olanak vermektedir (Şekil 1). Bu atıkların neden olduğu sorunları konu alan çalışmalara 1960'lı yıllardan itibaren başlanmış ve konuya yönelik bilimsel çıktıların sayısı her geçen yıl artmıştır. 1960 – 1970'li yıllarda bilim insanları genel olarak sorunu anlamaya ve etki alanını tespite yönelik çaba harcamıştır. Elde edilen verilerin değerlendirmesi ile sorunun boyutlarının anlaşılması sonrasında durumun iyileştirilebilmesi yönünde kılavuz olacak mevzuatların oluşturulması konusuna ağırlık verilmiştir. İlerleyen yıllarda da denizel atık sorununun büyümeye devam etmesine rağmen 1990'lı yıllarda bilim insanlarının konuya ilgisi azalmıştır. 2000'li yıllarda, okyanus ortasında yüzeyde atıkların oluşturduğu büyük alanlı birikimlerin tespiti (Moore ve ark., 2009), doğada mikroplastiklerin varlının bir kez daha gündeme gelmesi (Thompson ve ark, 2004) ve atıkların biyota üzerine olumsuz etkilerini gösteren (Thompson ve ark, 2009; Oehlmann ve ark., 2009) çalışmaların yayınlanması sonrasında denizel atıklara yönelik çalışma sayısında önemli bir artış gözlenmiştir.



Şekil 1. Deniz çöplerine yönelik son 50 yıl içerisinde yaylanan bilimsel makaleler ve konuları.
(Her kolon 5'er yıllık dönemleri ifade etmektedir. Son kolon 2011 – 2013 yıl aralığını göstermektedir) (Ryan, 2015)

Yapılan çalışmalar ile bu atıkların denizel ortam ve biyota üzerindeki olumsuz etkilerinin ortaya koyulmuştur. Belirlenen bu etkilere ek olarak denizel atıkların bir diğer olumsuz etkisi ise denizel alanda faaliyet gösteren sektörlerde neden olduğu ekonomik kayıplardır. Atıklar nedeni ile kayıp yaşayan sektörler;

- Turizm ve sahil kullanımı:

Plajların temiz ve kullanılabilir durumda tutulabilmesi için atıkların temizlenmesi amacı bölgesel yönetimler birçok masraf yapmaktadır. Atıkların toplanması, taşınması ve bertaraf edilmesi ve tüm bu faaliyetlerin koordinasyonu için personel harcamaları önemli ekonomik yük oluşturmaktadır. Sahil bölgelerinde en önemli gelir kaynağı olan turizm ekonomisinin zarar görmemesi için bu masrafların yapılması gerekmektedir. Özellikle turizme dayalı ekonomisi olan sahil bölgelerinde sorun daha büyüktür.

- Gemicilik ve yat turizmi:

Liman ve marina bölgelerinde bulunan atıkların belirli aralıklar ile temizlenmesi, bu bölgelerin daha güvenli şekilde kullanılabilmesi için önem taşımaktadır. Ayrıca atıkların deniz ticareti, balıkçılık gibi sektörlerde faaliyet gösteren deniz araçlarında seyrini engelleyecek hasarlara sebebiyet vermekte ve yüksek maliyetlere ulaşan kayıplara neden olmaktadır.

- Balıkçılık:

Genel olarak denizel atık sorununa kaynak olan bir sektör olarak bilinse de, balıkçılık sektörü de atıklar nedeni ile ekonomik kayıplar yaşamaktadır. Av araçlarının hasar görmesi, kaybı ve teknelerin hasar görmesi sonrasında, faaliyetlerin sürdürülebilmesi için yüksek maliyetlere ulaşan harcamalar yapılması gerekmektedir.

- Akuakültür:

Yetiştiricilik tesisleri çevresinde bulunan atıkların bertarafı, atıklar nedeni ile kullanılan ekipmanlarda oluşan mekanik sorunlar, kullanılan deniz araçlarının zarar görmesi (pervanelerin sıkışması, boruların tıkanması) gibi sorunların aşılması için bu sektörde yüksek maliyetli uygulamalar yapmak durumunda kalmaktadır.

- Tarım:

Balıkçılık sektöründe olduğu gibi atık kaynağı olarak bilinen bir diğer sektör de tarım sektörüdür. Bunun yanında sahil bölgelerinde gerçekleştirilen tarım faaliyetlerinin, fırtınalar sonrasında denizden gelen atıklar nedeni ile olumsuz etkilendiğine dair kayıtlar bulunmaktadır. Tarım arazilerine dağılan atıklar, arazinin kullanılabilirliğini olumsuz etkilemekte ve bu arazilerde kullanılan ekipmanların zarar görmesine sebep olmaktadır. Hayvancılık yapılan alanlarda ise gelen atıkların yetiştirilen hayvanlar tarafından yem ile karıştırılarak tüketilmesi büyük sıkıntılara neden olmaktadır.

Denizel atık sorununa aşılmasına yönelik yürürlükteki uluslararası nitelikli politikalar ve sözleşmeler, 2010 yılında Avrupa Birliği Komisyonuna (EC) bilimsel ve teknik anlamda tavsiye niteliğinde katkı veren Ortak Araştırma Merkezi (JRC) tarafından DSÇD Denizel Atık çalışma Grubu (TG 10) tarafından derlenmiştir (Galgani et al., 2010). Buna göre;

Uluslararası Platformda Denizel Atıklara Yönelik Gerçekleştirilen Değerlendirmeler

- *Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi (UNCLOS) ve Genel Kurulu (GA)*[1]: Okyanus ve denizlerde gerçekleştirilecek faaliyetler için yasal çerçeveyi oluşturmaktadır. Organizasyon genel kurulu, genel sekreterlik tarafından hazırlanan kapsamlı yıllık değerlendirme raporları doğrultusunda deniz hukukuna dair yıllık değerlendirme gerçekleştirmektedir

- *Bölgesel Denizler Programı (RSP*[2]*)*: Bölgesel düzeyde okyanus ve denizlerin korunmasına yönelik yasal bir çerçeve oluşturmaktadır. 1974 yılında başlatılan program günümüzde UNEP bünyesinde olan 143 ülkenin katılımı ile 13 bölgesel alanda sürdürülmektedir. Program altında bölgesel alanlarda denizel atıklara yönelin faaliyetler gerçekleştirilmektedir.

- Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO[3]): Gemilerden kaynaklı kirliliğin önlenmesi yönelik oluşturulan uluslararası sözleşme oluşturulmuştur - MARPOL (73/78).

- *1972 Londra Konvansiyonu (LC'72)*: Atıkları denize boşaltılması nedeni ile ortaya çıkan kirliliğin kontrol altına alınmasına yönelik hazırlanan antlaşmadır. Atıkların ve diğer maddelerin gemi, uçak veya platformlardan denize boşaltılması sorununu hedeflemektedir. Karasal kökenli atık boşaltılması antlaşma kapsamı dışındadır. Antlaşma aynı zamanda bölgesel ölçekli antlaşmalarında uluslararası antlaşmayı göz önüne alarak hazırlanması yönünde tavsiyede bulunmaktadır. Ülkemiz konvansiyona taraf değildir.

- *Basel Konvansiyonu*[4]: Tehlikeli atıkların sınır ötesi hareketlerinin kontrolü ve onların bertarafına yönelik faaliyet göstermektedir. Ülkemizde bu konvansiyona taraftır.

- *Birleşmiş Milletler (UN)*[5] *Ajanda 21*: Birleşmiş Milletler tarafından yürütülmekte olan ve bağlayıcı niteliği olmayan gönüllülük esasına dayalı olan ve sürdürülebilir gelişimi hedefleyen bir uygulamadır. 1992 yılında Brezilya'da gerçekleştirilen UN Konferansı kapsamında oluşturulmuştur. Metin içerisinde denizel çevrenin korunması başlığı altında denizel atıklar sorununa da değinilmektedir.

  Birleşmiş Mil etler "29 Kasım 2009" tarihinde gerçekleştirdiği genel kurul değerlendirmesi sonrasında, denizel atıklar nedeni ile oluşan sorunları ele alacak ulusal, bölgesel veya küresel ölçekli eylem planları gerçekleştirilmesi konusunda çağrıda bulunmuştur. Yapılan bu çağrıya cevaben, UNEP-RSP altında bulunan 11 bölgesel konsorsiyum denizel atık sorununu ele alan aktiviteler gerçekleştirerek sorun ile mücadele noktasında öncü rol üstlenmiştir. Özellikle UNEP-RSP kapsamında faaliyet gösteren dört konsorsiyumu (HELCOM, OSPAR, Karadeniz Komisyonu, Barselona Komisyonu) gerçekleştirdiği aktiviteleri DSÇD doğrultusunda kurgulamıştır. Denizel atıkları hedef alan bölgesel ölçekli bu uygulamaların sunumu, değerlendirilmesi ve analizi 2009 yılında UNEP tarafından rapor olarak derlenmiştir (UNEP, 2009).

---

[1] http://www.un.org/Depts/los/index.htm
[2] http://www.unep.org/regionalseas/default.asp
[3] http://www.imo.org/
[4] http://www.basel.int/)
[5] https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf

Barselona komisyonu tarafından, bölgesel deniz konsorsiyumları tarafından devreye alınan ve ilk kez bölgesel denizel atık sorununu hedef alan plan "Deniz Çöpleri Bölgesel Planı (Marine Litter Regional Plan)" 2014 yılında başlatılmıştır. Planın amacı denizel atıkların durumunun belirlenmesi ve iyi çevresel duruma ulaşılması yolunda etkin hedeflerin tespit edilmesidir. Bu amaçla, denizel atık sorunu ile mücadele hedefi ile yerel, ulusal ve bölgesel iş birliklerinin oluşturulması amaçlanmaktadır. Ayrıca Barselona Sözleşmesi taraflarının katılım ile Atina'da gerçekleştirilen konsorsiyumun 19. Olağan Toplantısında[6], Akdeniz'de denizle ortam üzerinde etkin olan birçok baskı unsuruna ek olarak denizel atıklar konusunda da kararlar verilmiştir. Bu kapsamanda oluşturulan protokoller UNEP/MAP tarafından dokuman halinde yayınlanmıştır (UNEP, 2016). Yayınlanan bu doküman içerisinde denizel atıklara dair baz miktarlar verilmiş, çevresel hedefler belirtilmiş ve "Fishing for Litter" projesi hakkında detaylı bilgiler, izlemeye yönelik formlar paylaşılmıştır.

Denizlerde Atık Sorununu Hedef Alan Avrupa Birliği Mevzuatları

- Atıkların depolamada karşılaşılan sorunlar nedeni ile doğal çevrenin kirlenmesinin önüne geçilmesine yönelik uygulamaya alınan yönetmelik (Directive1999/31/EC). Mevzuat dolaylı yollar ile denize ulaşarak denizel atık niteliği kazanan karasal kökenli atıkları da hedeflemektedir.
- Liman bölgelerinde gemi kaynaklı atıklar iler kargo paketleme malzemeleri neden ile oluşan kirliliği hedef alan mevzuat (Directive 2000/ 59/EC). Hollanda Hükümeti OSPAR'ın Fulmarlara yönelik "Ekolojik Kalite Kriterini" (EcoQO) mevzuata dair izleme faaliyetleri kapsamında gösterge olarak kullanılmaktadır.
- Atıklara (atıklara dair yönetimsel faktörlerin düzenlenmesine dair) yönelik mevzuat (Directive 2006/12/EC).
- Paketleme ve paketleme atıklarının yönetimine dair mevzuat (Directive 2004/12/EC). Geri dönüşüm ve tekrar kullanımı arttırmaya yönelik uygulamalar içermektedir.
- Doğal habitat ve vahşi yaşamın (hayvan ve bitkiler) korunmasına yönelik mevzuat (Directive 92/43/EEC).
- Su Çerçeve Direktifi (WFD) (Directive 2000/60/EC), iç su (nehirler ve göller), geçiş suları (nehir ağızları), sahil bölgeleri ve yeraltı suların korunmasına yönelik uygulamaları içeren mevzuat.
- Yüzme suyu kalitesine dair uygulamaya alınan mevzuat (Directive 2006/7/EC).
- Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (DSÇD) Avrupa denizlerinde 2020 yılına kadar iyi çevresel durumun (GES) sağlanabilmesine yönelik olarak yürürlüğe alınan mevzuat (Directive 2008/56).

[6] UNEP, 2016. 19th Ordinary Meeting of the Contracting Parties to the Convention for the Protection of the Marine Environment and the Coastal Region of the Mediterranean and its Protocols. Athens (Greece), 9-12 February 2016.

Çağımızda karşı karşıya olduğumuz en önemli sıkıntılardan birisi olan deniz atıklar sorunu ile mücadele edilebilmesi için yapılması gereken ilk iş sorunun boyutlarının ve kaynağının ortaya konulmasıdır. Bu noktada denizel atık soruna yönelik doğru yorumlar yapabilmemize olanak sağlayacak kaliteli verilerin toplanması elzemdir. Ülkemiz denizlerinde, dünya ülkeleri tarafından da kabul gören ortak bir yöntem doğrultusunda elde edilecek bilgiler denizel atık sorunun yönetilmesi için önem arz etmektedir

2 AMAÇ

Ulusal izleme programı kapsamında sağlıklı bir değerlendirmenin gerçekleştirilebilmesi noktasında atılması gereken en önemli adımlardan birisi, izlemeye alınan parametrelerin uygun şeklide takibine olanak sağlayacak izleme stratejilerinin oluşturulmasıdır. Ülkemizi çevreleyen denizlerde (Karadeniz, Ege ve Akdeniz) ve iç denizimiz olan Marmara Denizi'nde gerçekleştirilecek, kıyı ve geçiş suları kalite durumlarının belirlenebilmesini hedefleyen izleme faaliyetlerinin standardize edilmesi büyük önem arz etmektedir.

Hazırlanan bu kılavuzun amacı ülkemiz denizlerinde, atıklar nedeni denizel çevre üzerinde oluşan baskıların tespiti ve zamana bağlı değişiminin takibini sağlayacak standart yöntemlerin derlenmesidir. Paylaşılan yöntemler ülkemizde denizel atıkların izlenmesine yönelik eğilimler göz önünde bulundurularak hazırlanmıştır. Aynı zamanda önerilen yöntemler Avrupa Komisyonu kararı ile yürürlüğe konulan ve Avrupa denizlerinde "İyi Çevresel Duruma" erişilmesini hedefleyen "Denizel Strateji Çerçeve Direktifi" kapsamında izlenmesi önerilen yöntemler ile uyumluluk içerisinde tasarlanmıştır. Bu sayede önerilen yöntemlerinin kullanılması ile ulusal izlemeler kapsamında elde edilecek veri ve sonuçların uluslararası platformda da kullanılabilmesi mümkün olacaktır.

Tablo 1 deniz çöpleri konusunun DSÇD'de ve bölgesel denizlerde nasıl değerlendirildiğini özetlemektedir. Tablo 2'de ise diğer İÇD tanımlayıcıları ile olan ilişkisi gösterilmiştir. Buna göre, biyolojik çeşitlilik ile ilgili tüm İÇD tanımlayıcıları üzerinde su kolonu ve deniz tabanı habitatlarını etkilemektedir. Ayrıca "baskı" tanımlayıcısı olarak diğer bir baskı tanımlayıcısı olan T8: Kirleticiler ile ilişkisi vardır. Bu özelikle mikropartiküllerin kimyasal kirletici olarak da değerlendirilmesiyle ilişkilidir.

Tablo 1 AB Direktifleri ve Bölgesel Deniz Sözleşmelerinde Deniz Çöplerinin Değerlendirilmesi

DSÇD'de tanımlı özellikler	**IMAP UNEP/MAP (2015 & 2016)** Ortak ve aday göstergelerle izleme	**BSC (2016)** Yaklaşım	**OSPAR** Yaklaşım	**HELCOM** Yaklaşım
-Kıyıya taşınan/vuran çöplerin miktarındaki değişim (kaynak, içerik ve mekânsal dağılım), -su kolonu ve deniz tabanındaki çöplerin miktarındaki değişim, -mikro partiküllerin miktarı, dağılımı ve kompozisyonundaki değişim, -deniz canlıları tarafından tüketilen çöplerin miktarı ve kompozisyonu	Kıyıya vuran ve/veya biriken katı atık miktarlarındaki yönelim (kompozisyon, alansal dağılım ve mümkün olan durumlarda kaynak analizlerini içerir) Su kolonundaki ve deniz tabanındaki katı atık miktarının yönelimi (mikroplastikleri de içerecek şekilde) Sindirilen veya deniz memelileri, deniz kuşları ve deniz kaplumbağaları gibi hareket halindeki denizel organizmalara takılan katı atık miktarındaki yönelim (EO10) Bölgesel önlemler programı mevcuttur.	Deniz çöplerinin miktarı, deniz canlıları (özellikle catecean) üzerindeki etkilerin tespiti ve en aza indirilmesi. Su ve sediman için gösterge ve hedeflerin geliştirilmesi	Ana hedef deniz çöplerinin etkilerinin takibi olup izlemeler bu nedenle yapılır. 3 matrisde çalışılır: Sahil/plajlar, deniz tabanı, deniz kuşları (fulmar) midesi. Bu göstergeler ile miktar ve yönelim takibi hedeflenir. Bölgesel değerlendirmeler yapılmaktadır (2014) Bölgesel önlemler programı geliştirilmiştir.	Baltık Denizi için Bölgesel Eylem Planı oluşturulmuştur (2015) Temel göstergeler için teknik grupların çalışmaları devam etmektedir.

Tablo 2 Deniz çöplerinin diğer DSÇD - İÇD Tanımlayıcıları ile ilişkisi

Ekosistem bileşenleri ve fonksiyonları	**"Baskı" Tanımlayıcıları**	T2. Yabancı türler	T5. Ötrofikasyon	T7. Hidrografik değişimler	T8. Kirleticiler	T9. Deniz ürünlerindeki kirleticiler	T10. Deniz çöpü	T11. Gürültü ve enerji
	"Durum" ve "Etki" Tanımlayıcıları							
Su ve sediman kimyasal kalitesi (besin elementleri, ÇO, kimyasallar, radyoakt.)								
Pelajik/haraketli türler (plankton, balık, memeliler, sürüngenler, kuşlar)	D1.Biyoçeşitlilik D3.Ticari balık ve kabuklular D4.Besin ağı							
Deniz tabanı habitat, topluluk ve türleri	D1.Biyoçeşitlilik D3.Ticari balık ve kabuklular D4. Besin ağı D6. Deniz tabanı bütünlüğü							

3 DENİZEL ATIKLARA DAİR İZLENECEK PARAMETRELER

DSÇD altında İÇD'a ulaşılması yolunda değerlendirilmesi istenilen tanımlayıcılardan birisi olan denizel atık sorununu ele alan tanımlayıcı 10'un hedefi, denizel atıklar nedeni ile oluşan olumsuz etkilerin giderilmesi ve denizel atıkların kaynaklarının tespiti sonrasında sorunun kaynakta çözümünün sağlanmasıdır. Bu kapsamda Avrupa Birliği Komisyon'u kararı ile (2010/477/EU) İÇD hedeflerine ulaşılması sürecinde tanımlayıcı 10 dair takip edilmesi istenilen iki kriter ve ilgili dört gösterge aşağıda belirtildiği gibidir.

Kriter 10.1. Denizel ortam ve sahil bölgelerinde atıkların karakteri

- *Gösterge 10.1.1. – Sahil Bölgelerindeki Atıklar*

  Sahil bölgelerinde biriken denizle atıkların miktarı, içeriği, zamana bağlı değişimine yönelik trendin takibidir ve mümkün olması durumunda kaynağının tespiti

- *Gösterge 10.1.2. – Denizel Ortamda Bulunan Atıklar*

  Su kolonunda (deniz yüzeyinde buluna atıklarda dahil olmak üzere) bulunan ve deniz zeminde birikmiş olan atıkların içeriği, alansal dağılımı ve eğer mümkün ise kaynağının tespiti.

- *Gösterge 10.1.3. – Mikroplastikler*

  Mikro parçacıkların (özellikle mikroplastikler) miktar, dağılım ve eğer mümkün ise içeriğinin tespiti.

Kriter 10.2. Atıkların denizel yaşama etkisi

- *Gösterge 10.2.1. – Atıkların Biyota Üzerine Etkisi*

  Denizel canlılar tarafından besin zannedilerek alınan denizel atıkların miktar ve içeriğine yönelik eğilimin takibi

3.1 Örneklemelere Dair Bilinmesi ve Takip edilmesi Gereken Hususlar

3.1.1 Katı Atıklara Kirliliğinin Tespitine Yönelik Örneklemeler

Denizel çevrede bulunan katı atıklar sahil bölgelerinde (10.1.1) ve denizel ortamda (10.1.2) baskı oluşturmaktadır. Günümüze kadar ülkemiz denizlerinde gerçekleştirilen çalışmalar ve literatür bilgileri göz önüne alındığında, denizel atıkların nehir ağızları ve liman bölgelerinde yoğun olarak birikim eğiliminde olduğu görülmektedir. Ayrıca turizm bölgelerinde her çeşit denizel katı atığın yoğun olarak biriktiği ve turizm potansiyelimizi olumsuz yönde etkilemektedir. Söz konusu materyallerin denizlerde akıntılar vasıtası ile taşındığı da bilinmektedir. Atıkların barlığı ve etkilerinin tespitine yönelik sağlıklı bir izleme programının yürütülebilmesi için uygun çalışma alanlarının tespiti büyük önem taşımaktadır. Denizel atıklara izlemesi kapsamında değerlendirilecek istasyonların tespiti sırasında yukarıda ifade edilen unsurların göz önünde bulundurulması önerilmektedir.

<u>Sahil Bölgeleri</u>

Sahil bölgelerinde ve denizel ortamda bulunan atıklara yönelik izleme amaçlı gerçekleştirilecek örneklemeler esansında dikkat edilmesi önerilen faktörler aşağıda aktarılmıştır.

- İzleme kapsamında örnekleme gerçekleştirecek alanların, daha sağlıklı değerlendirmeler yapılabilmesi için, insan kullanımına kapalı olan sahil kesimlerin tercih edilmesi gerekmektedir. Bu tür alanlarda birikecek tüm atıkların deniz yolu ile bölgeye ulaşmış olduğu kabul edilmektedir. Bu neden ile günlük kullanıma kapalı bölgeler izleme çalışmaları açısından öncelik taşımaktadır.
- Eğer izleme amaçlı değerlendirilecek alan insan kullanımına kapalı değil ise yıl içerisinde bölgede gerçekleştirilen faaliyetlerin tespiti ve takibinin de gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Sahil bölgelerinde bulunan atıkların izlenmesine yönelik çalışmaları etkileyecek nitelikteki faaliyetler aşağıda belirtilmiştir;
  - Plaj kullanımı (Turizm amaçlı)
  - Bölge halkının günlü kullanımı
  - Estetik kaygılar nedeni ile bölgede gerçekleştirilen plaj temizleme faaliyetler (Belediyeler veya gönüllüler tarafından)
  - Sahil bölgesinde gerçekleştirilen sportif amaçlı balıkçılık faaliyeteler
  - Kamp alanları ve benzeri kullanımlar
- İzleme amacı ile değerlendirilmeye alınacak plajın durumu kadar çevresinde yer alan kirletici unsurlar ve kirletici potansiyelinin de alan tespiti sırasında göz önünde

bulundurulması gerekmektedir. Çevresel etkilerin mümkün olduğunda minimize olduğu alanlar izleme çalışmaları için tercih edilmelidir. Plaj bölgelerinde kirliliğe sebep olan çevresel unsurlar aşağıda liste halinde ifade edilmiştir. Belirtilen kirletici kaynaklarının her biri belirli bir kirlilik karakteristiği göstermektedir.

- Tarımsal amaçla kullanılan araziler,
- Sanayiye yönelik kullanılan araziler,
- Yerleşim alanı olarak kullanılan araziler,
- Plaj çevresinde bulunan tatlı su girdileri (nehir, dere, yağmur suyu kanal arı),
- Bölgede bulunan liman, balıkçı barınağı veya marinalar

Denizel Alanlar

Günümüze kadar denizel ortamda bulunan atıklara yönelik gerçekleştirilen değerlendirmelerde gel-git bölgelerinden derin deniz alanlarına kadar deniz zemininin atıkları için birikim bölgesi olduğu ortaya konulmuştur. Atıkları deniz zeminindeki dağılımı hidrodinamik, jeomorfoloji ve insan etkisi altında şekillenmektedir. Genel olarak sığ alanlarda (< 30 metre) derin bölgelere oranlar atıkların daha yoğun bulunduğu bilinmektedir. Ayrıca sahil bölgelerinde balıkçılık, turizm gibi aktivitelerin atık miktarlıları üzerinde, zamansal ve mekânsal anlamda değişimler gösterse de, önemli etkileri olduğu gözlemlenmiştir. Bunun yanında, nehir taşınımı, akıntı şiddetleri, deniz zemininin yapısı gibi değişim gösteren diğer mevsimsel faktörlerinde atıkların miktarı ve dağılımı üzerine etkisi söz konusudur.

Deniz zeminde bulunan atıkların izlenmesine yönelik tüm yöntemler arasında trol ile gerçekleştirilen örneklemeler geniş alanların değerlendirilmesi ve izlenmesi için en uygun yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Bunun yanında bu yöntemin kullanılması noktasında kayalık bölgelerin değerlendirilememesi gibi bazı kısıtlamalar ile karşı karşıya kalındığı da göz ardı edilmemelidir.

UNEP tarafından yapılan değerlendirmelerde, deniz zeminde bulunan atıkların izlenmesi sürecinde aşağıda maddeler halinde belirtilen faktörlerin göz önüne alınması önerilmektedir (Cheshire, 2009).

- Tek tip zemin özelliği gösteren alanların değerlendirilmesi (tercihen kum / alüvyon zeminler),
- Atıkların birikimine olanak verecek fiziksel faktörlerin etkin olduğu alanların tercih edilmesi,
- Risk teşkil edilecek alanların değerlendirme dışında tutulması (su altında cephane bulunan veya koruma altında olan alanlar)
- Nesli tehlike altında olan veya koruma altında türlerin risk altında kalacağı bölgeler değerlendirme dışı tutulmalıdır.

Gerçekleştirilecek değerlendirmeler esnasında çalışma alanında etkin olan atık kaynağı faktörlerin (yerleşim bölgeleri, tarım arazileri, nehir girdisi olan noktalara mesafe, bölgede etkin akıntılar, bölgeden geçen ticari gemi rotaları, balıkçılık alanları, vb.) göz önünde bulundurulması önemlidir. Tespit edilen atıkları kütlelerinden ziyade miktar ve çeşitlilikleri

(materyal tipi, atık türü) dair bilgiler izleme faaliyetleri açısından daha fazla önem taşımaktadır. Değerlendirme yapılan bölgedeki hidrografik ve çevresel etkin faktörlere (yüzey ve zemin su sıcaklığı; yüzey ve zemin su tuzluluğu; yüzey ve zeminde etkin olan akıntıların yönü ve hızı; rüzgar yönü ve hızı) dair de bilgi toplanması elde edilecek sonuçların değerlendirilmesi sürecinde önemli katıklılar sağlayacaktır.

3.1.2 Doğada Mikroplastik Kirliliğinin Takibine Yönelik Örneklemeler

Denizel ortamda bulunan ve 5 mm boyuttan daha ufak olan plastik parçacıklara mikroplastik adı verilmektedir. Oluşum şekline göre Mikroplastikler iki grupta değerlendirilmektedir (Cole, 2011). Kozmetik sanayi, boya sanayi ve ilaç sektörü gibi çok çeşitli alanlarda kullanılmak üzere mikroskobik boyutta üretilen plastik parçacıklar birincil mikroplastikler olarak adlandırılmaktadır. Bunun yanında karasal veya denizel ortamda bulunan büyük boyuttaki plastik atıkların zaman içerisinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörlerin etkisi ile yapısal bütünlüğünün bozulmasına bağlı olarak parçalanması neticesinde ortaya çıkan mikroskobik boyuttaki plastik parçacıklar ikincil mikroplastikleri oluşturmaktadır (Browne ve ark., 2007). Denizel ortamda bulunan mikroplastiklerin kaynağına dair gerçekleştirilen değerlendirmelerde nehirlerin, özelikle yerleşim bölgelerinde altyapının bir parçası olan yağmur kanallarının (Thompson, 2006), arıtma sistemlerinin deşarjlarının (Browne ve ark., 2011) önemli etkilerinin olduğu ortaya konulmuştur. Denizel ortamda bulunan mikroplastik yoğunluklarının uzun süreli izlenmesine yönelik çalışmaların belirtilen potansiyel kirletici kaynakları göz önüne alınarak belirlenmesi daha sağlıklı değerlendirmeler yapılabilmesi noktasında önem arz etmektedir. Mikroskobik boyutlu plastikler nedeni ile denizel ortamın üzerinde oluşan baskıların değerlendirilmesine yönelik olarak DSÇD kapsamında 10.1.3 göstergesinin takibi istenilmektedir.

Mikroplastik kirliliğinin izlenmesine yönelik olarak yürütülecek çalışmalarda örneklemelerin, karasal kökenli etkilerin en iyi şekilde gözlemlenebileceği bölgeler olan yerleşim alanlarının veya nehirlerin denize döküldüğü alanların yakınlarında seçilmesi önerilmektedir.

3.2 Atıkların Biyota Üzerine Etkisinin Takibine Yönelik Örneklemeler

3.2.1 İzlemeye Yönelik Gösterge Tür Tercihine Dair Değerlendirme

Atıklar nedeni ile ortaya çıkan ve denizel canlıları olumsuz şekilde etkileyen faktörler son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalar ile ortaya konulmaktadır (Gregory, 2009).

- Atıkların deniz canlıları tarafından yanlışlıkla besin olarak tüketilmesine bağlı olarak ortaya çıkan ölümler,
- Atıklara dolanma veya sıkışma nedeni ile ortaya çıkan biyoçeşitlilik kaybı,
- Kalıcı organik kirleticilerin birikimi taşınımı ve denizel ortama toksik - endokrin sistem baskılayan kimyasalların salınımı,
- Bölgeler arası tür taşınımı

Avrupa Komisyonu tarafından denizel ortamda bulunan atıkların (katı atıklar ve mikroplastikler) biyota üzerine etkilerinin tespitinin ve takibinin gerçekleştirilmesi DSÇD kapsamında 10.2.1 göstergesi altında istenmektedir. Tüm diğer göstergelere yönelik

sürdürülen çalışmalar göz önüne alındığında, biyota üzerindeki etkinin değerlendirildiği bu gösterge görece geliştirilme aşamasında olduğu görülmektedir.

Denizel atıklar üzerine faaliyet gösteren alt grup tarafından (TSG-ML) Baltık Denizi, Akdeniz, Karadeniz ve Kuzey-Doğu-Atlantik'in güney kısımları için 10.2.1 göstergesine dair durumun takibinin gerçekleştirilebilmesi amacı ile alternatif yöntemlerin geliştirilmesi gerekliliği ifade edilmektedir (Galgani et al.,2010). Bu noktada Akdeniz'de denizel atıklar nedeni ile biyota üzerinde oluşan baskının tespiti ve izlenmesi için uygun gösterge türlerin tespiti gerekmektedir. Önemle üzerinde durulması gereken bir diğer unsur ise katı atıklar kadar mikroplastiklerin biyota üzerine etkilerinin izlenmesine yönelik yöntemlerin oluşturulması gerekliliğidir. Galgani ve ark, (2014) içeriğinde DSÇD kapsamında atıkların denizel canlılar üzerine etkisinin izlenmesine yönelik önerilerin bulunduğu bir derleme yayınlamışlardır. Avrupa'da denizel atıklara yönelik yoğun çalışalar üreten bu grubun hazırladığı derlemede deniz kaplumbağalarının, kuşların ve balıkların gösterge tür olarak kullanılmasına dair önerilerini paylaşmışlardır. Buna göre;

Deniz Kaplumbağaları

- Akdeniz'de dağılım gösteren *Caretta caretta* türü deniz kaplumbağaları için ekolojik kalite kriterlerinin belirlenmesi gerekliliği vurgulanmıştır.
- Akdeniz'de bölgesel iş birliklerine dayalı izleme faaliyetleri yürütülmesi önerilmiştir.
- Kaplumbağalara dair bilgi/örnek teminine yönelik iyileştirmeler yapılması gerekliliği vurgulanmıştır.

<u>Örnek çalışma</u>: Akdeniz'de belirli bölgelerde yürütülen çalışmalarda mide içeriği değerlendirilen deniz kaplumbağalarının sindirim kanallarında % 75.9'a varan oranlarda naylon torba tespit edilmiştir (Tomas et al., 2002).

Kuşlar

- İÇD göstergesi ve izleme parametresi olarak kuş yuvalarında bulunan atıkların potansiyelinin değerlendirilmesi önerilmiştir.

<u>Örnek çalışma</u>: Kutup fırtına kuşunun (*Fulmarus glacialis*) mide muhteviyatında denizel atıkların varlığının izlenmesine yönelik yürütülen faaliyetler, Avrupa denizlerinde biyotanın izlenmesine yönelik girişimlere örnek teşkil etmektedir. OSPAR, denizel atıklar nedeni ile biyota üzerindeki baskının izlenmesinde türün bireylerinde mide içeriğinde bulunan atıkların takibini kabul etmiştir. Bu yöntem sayesinde, yanlışlıkla besin olarak algılanan ve sindirim kanalında biriken atık miktarının zamansal eğilimin tespiti, gözlenen bölgesel farklılıkları ortaya konulması ve Kuzey Denizi'ndeki ekolojik kalitenin takibine olanak veren bir belirteç oluşturulmuştur (Van Franeker ve ark., 2011).

Balıklar

- Balıkların sindirim yolu ile alınan atıkların izlenmesine yönelik potansiyelinin değerlendirilmesi önerilmiştir.

Örnek çalışma: Günümüzde mikroplastik kirliliğinin kemikli balıklar üzerine etkininsin ortaya konulmasına yönelik birçok çalışma gerçekleştirilmiş ve her geçen gün artan sayıda yeni çalışmalar kurgulanmaktadır.

Son yıllarda üzerine durulan konulardan birisi ise mikroplastiklerin Biyota üzerindeki etkisinin izlenmesine yönelik olarak büyük boyutlu denizel omurgalıların gösterge tür olarak değerlendirilmesidir. Fossi ve ark. (2012a; 2012b)'nın yaptığı çalışmada büyük boyutlu denizel omurgalılarında (Balina: *Balaenoptera physalus*; Köpekbalığı: *Cetorhinus maximus*) da pasif beslenmeye bağlı olarak ortamda bulunan mikroplastik kirliliğinden etkilendiği ortaya koymyştur. Akdeniz'i temele alan ve denizel atıkların izlenmesine yönelik değerlendirmeler içeren 2014 yılında gerçekleştirilen bir derlemede ise (Galgani ve ark., 2014), denizel büyük omurgalı canlılardan, atıklar nedeni ile oluşan baskının izlenmesi kapsamında faydalanılmasına yönelik önerilerde bulunulmuştur.

4 ÖRNEKLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ AŞAMASINDA İZLENECEK YÖNTEMLER

Denizel atıkların izlenmesine yönelik gerçekleştirilecek faaliyetler, Katı atıklar ve mikroplastikler olmak üzere 2 ana başlık altında yürütülmektedir. Bu amaç ile gerçekleştirilecek örnekleme ve değerlendirmelerde kullanılacak malzemelerin listesi ve kullanım alanları EKLER

EK **1**'de verilmiştir. Kılavuzun ilerleyen kısmında gerçekleştirilecek örneklemeler ve değerlendirmelere dair detaylı bilgi aktarılacaktır.

4.1 Sahil Bölgelerindeki Atıklar

Sahil bölgelerinde biriken denizle atıkların miktarı, içeriği, zamana bağlı değişimine yönelik trendin takibi ve mümkün olması durumunda kaynağının tespitine (10.1.1) yönelik yapılacak değerlendirmelerde uygun bölgelerin tespiti büyük önem arz etmektedir. "Örnekleme Bölgesi Tespiti" başlığı altında katı atıklara yönelik incelemelere yönelik ifade edilen faktörler göz önünde bulundurularak örnekleme alanları tespiti yapılmalıdır.

Örnekleme noktasının tespiti sonrasında plaj bölgesinde 100'er metrelik sahil çizgisi boyunca atıklar toplanacak ve değerlendirilecektir. plajların karakteristik özelliklerinin tespiti amacı ile örnekleme öncesi gerekli ölçümler-işaretlemeler, gps nokta kayıtları ve bölgedeki muhtemel kirletici kaynaklarının gözlemi-kaydı "atık izleme bölgesi bilgi formu" üzerine yapılacaktır. (Ek1). Eğer plaj arkasında bir yapılaşma yok ise vejetasyon varlığı veya ani yükseklik artışları plajların karasal alandaki son noktası kabul edilecektir. Sayısal olarak çok fazla olan sigara izmaritlerinin varlığının tespitine yönelik değerlendirmeler yalnızca 100 m'lik örnekleme alanının içerisinde belirlenecek 10 metrelik sahil çizgisi içine gerçekleştirilecektir. Plajlarda bulunan 2.5 cm boydan daha büyük tüm atıklar toplanacak ve materyalleri doğrultusunda (plastik, kauçuk, ahşap, metal, cam ve seramik) ayrıştırılacaktır. Ayrıca "DSÇD denizel atıklar değerlendirme çalışma grubu" tarafından oluşturulmuş atık sınıflandıra sistemine göre sınıflandırılacaktır jrc (2013). Bahsi geçen sınıflandırma sisteminin ülkemizde gerçekleştirilen çalışmalar doğrultusunda, bölgesel ihtiyaca cevap verecek ve aslına sadık kalacak şekilde revize edilmiş versiyonu EK 3'de verilmiştir.

4.2 Denizde Bulunan Atıklar

4.2.1 Deniz Zeminindeki Atıkların İzlenmesi

UNEP gelecekte gerçekleştirilecek izleme faaliyetleri kapsamında, elde edilecek sonuçların bölgedeki diğer alanlar ile karşılaştırmalı olarak veya birlikte değerlendirilebilmesi için, hali hazır devam etmekte olan örnekleme programlarının kabul ettiği yöntemler doğrultusunda yürütülmesini önermektedir (Cheshire, 2009). Ülkemiz denizleri Akdeniz bölgesinde yer almaktadır ve Akdeniz'de atıkların izlenmesine yönelik gerçekleştirilen program MEDITS (Bertrand ve ark., 2007) dir.

Gerçekleştirilecek operasyonlarda torba sonu tam göz açıklığı 20 mm olan (düğümden düğüme 10 mm) 4 görünümlü bir trol ağlarının kullanılması gerekmektedir. Trol çekimleri 30 dakika süre ile gerçekleştirilmeli ve çekim süresince trol teknesi 3.5 - 4 knot seyir hızını korumalıdır. Atıkların tespitine yönelik gerçekleştirilecek operasyonlar 10 – 50; 50 – 100; 100 – 200; 200 – 500 ve 500 - 800 m derinlik konturlarında gerçekleştirilmelidir. İzleme amacı ile değerlendirilmesi kararlaştırılan bölgelerin durumunun, örnekleme amacı ile kullanılacak altyapını kayıt altına alınması amacı ile Ek'de verilen "Deniz zemini atık izleme çalışma alanı ve operasyon bilgileri formu" formunun doldurulması gerekmektedir. Trol operasyonları sonunda tespit edilen atıklar EK 'de verilen atık kayıt formuna kaydedilecektir. Operasyonlar esansında yerinden oynatılması mümkün olmayan, büyük boyutlu veya bulunduğu ortam nedeni ile uzaklaştırılması mümkün olmayan atıkların kaydı EK 'de verilen forma kaydedilecek ve bu tip atıkların dökümü oluşturulacaktır. Bu sayede seyir için veya denizlerimizde yürütülen faaliyetler için risk oluşturabilecek alanların belirlenmesi hedeflenmektedir. Atıkların sınıflandırması esnasında MEDITS tarafından oluşturulan atık sınıflandırma sisteminin kullanılacaktır (EK). Zaman ve iş gücü açısından olanak var ise atıklar EK 3'de verilen ve "DSÇD Denizel Atıklar Değerlendirme Çalışma Grubu" tarafından oluşturulmuş atık sınıflandıra sistemine göre ayrıştırılması, atıkların kaynağının tespiti aşamasında kullanılabilecek daha detaylı bilgiye ulaşılması açısından önerilmektedir. Çekimler sonrasında tespit edilen atıklara dair yoğunluk sonuçları adet/saat veya adet/km2 olarak kayıt altına alınmalıdır.

Denizel alanda atıkların izlenmesine yönelik faaliyetlerin, biyolojik çeşitlilik ve balıkçılığa yönelik operasyonlar ile koordineli olarak yapılması, ek bir bütçeye gerek duyulmadan sürdürülmesine olanak verecektir.

Sığ ve Derin alanların Değerlendirilmesine Yönelik Yöntemler

Karasal kaynaklı atıkların yoğu şeklide birikimi nedeni ile sahil bölgelerinde yer alan sığ alanlar denizel ortamda gözlenen en yoğun atık toplanma bölgelerinden birisi teşkil etmektedir. Özelikle güçlü akıntıların etkisinin gözlemlenmediği bölgelerde, taşınımın kısıtlı olması nedeni ile bölgesel kullanıma dair tüm birikim alanda kalmaktadır (Katsanevakis, 2009). Geniş alanların taranmasına olanak tanıyan trol vb. av araçlarının kullanılması mümkün bulmayan bu tip alanlardaki atık miktarının belirlenebilmesi/izlene bilmesi için en sık tercih edilen yöntem dalış ekipmanları (SCUBA) kullanılarak bölgede atık taraması yapılmasıdır. Bahsi geçen yöntemde, değerlendirilmeye alınacak olan bölgede çizgi şeklinde belirlenecek olan transekt boyunca dalıcılar atıkların gözlem/toplanmasını

gerçekleştirmektedir. Bu yöntemin kullanılması esnasında karşılaşılabilmesi muhtemel bazı sorunların uygulamaya karar verilmeden önce bölge için değerlendirilmesi sağlıklı sonuçlar elde dilebilmesi için önem arz etmektedir. Bunlar;

- Yüksek atık yoğunluğu;
- Görüş mesafesinin bulanıklık vb. etkenler nedeni ile düşük olması;
- Dip yapısının gözlemin sağlıklı şekilde yapılmasına olanak vermeyecek düzeyde kompleks yapıda olması (kayalık bölgeler, deniz çayırı alanları, vb.)

DSÇD kapsamında izlenmesi gerçekleştirilen diğer tanımlayıcıların sahil alanlarında incelenmesi kapsamında atıklarında kayır altına alınması ek bir bütçeye gerek duyulmadan bu bölgelerde atıkların izlenmesine olanak verecektir.

Deniz zeminindeki atıkların tespitine yönelik olarak günümüzde kullanılan bir diğer yöntem ise uzaktan kontrol edile bilen, görüntüleme yetisi olan araçlar ile deniz zemininin görsel olarak kayıt altına alınmasıdır. Bu yöntem operasyon sonrasında elde edilen görsel kayıtların uzmanlar tarafından işlenmesi ve atıkların görüntü işleme sonucunca kayıt altına alınması prensibine dayanmaktadır (Pham ve ark., 2014; Ioakeimidis ve ark., 2015).

4.2.2 Deniz Yüzeyindeki Atıkların İzlenmesi

Yapılan birçok bilimsel değerlendirme sonucunda plastik atıkların denizel atıkların %80'e yakın miktarını teşkil ettiği tespit edilmiştir. Plastik atıkların birçoğu düşük yoğunlukta polimerlerden oluşmaları nedeni ile denizel ortamda yüzme eğilimindedir. Deniz yüzeyinde biriken ve akıntılar ile hareket eden bu atıklar, denizel canlılar üzerinde olumsuz etkilere sebebiyet vermesinin yanında, denizlerde yürütülen birçok faaliyet için risk teşkil etmesi sebebi ile ekonomik kayıplara da neden olmaktadır. Makro plastik atıkların deniz yüzeyinde geçirdikleri süre esnasında maruz kaldıkları güneş ışınları kaynaklı UV radyasyonu, polimerlerin niteliklerini kaybetmeleri ve parçalanma eğilimine girmelerine neden olmaktadır. Bu süreç makro atıkların mikro atıklara (mikroplastikler) dönüşmelerinin ana etkenlerinden birisini teşkil etmektedir.

Deniz yüzeyinde bulunan atıkların izlenmesine yönelik günümüze kadar tercih edilen yöntemler; 1) Atıkların amaca yönelik dizayn edilmiş araçlar ile deniz yüzeyinden toplanması (Şekil 2 ve Şekil 3) ve tarana alan yöntemine göre miktar / atık sınıflandırma yöntemi doğrultusunda kaynak ve niteliklerinin ortaya konulması; 2) Uzman ve gönüllüler taraşından seyir halindeki deniz araçları üzerinden gözlem dayalı atık değerlendirmeleri gerçekleştirilmesi yöntemi.

Şekil 2. İstanbul Büyük Şehir Belediyesi deniz süpürgesi (İstaç-4)

Şekil 3. Waste Free Oceans kapsamında dizayn edilen ve deniz yüzeyindeki atıkların toplanması için kullanılan özel ağ.
(Türk Plastik Sanayicileri Araştırma, Geliştirme ve Eğitim Vakfı - PAGEV)

Gözleme dayalı değerlendirme yönteminin tercih edilmesi durumundan, gerçekleştirilecek faaliyetler kapsamında elde edilen verilerin uygun şekilde değerlendirilebilmesi için kayıt altına alınması gereken bazı faktörler aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir.

Gerçekleştirilecek İzleme Faaliyetleri Kapsamında rapor edilmesi gereken parametreler bu ana başlık şeklinde olmalıdır.

Gözleme dair parametreler;

- Gözlem yüksekliği
- Gözlemlenen bölgenin genişliği
- Gözlemlenebilen mesafe
- Gemi hızı

Çevresel parametreler;

- Rüzgar hızı
- Deniz durumu
- Aydınlanma durumu
- Güneş yönü
- Görüş durumu (Görüşü engelleyebilme potansiyeli olan unsurlar; sis, vb.)

Gözlemlenen atıklara dair parametreler;

- Tespit edilen bölge (Koordinat)
- Gözlemlenen en düşük ve en büyük atık boyutu (Gözlem limitleri)
- Kategoriler (EK3)
- Atık boyutu, şekli, tanımı, derinliği (etki alanı)
- Atık kaynağına dair bilgi (gözlemci yorumu)
- Atığın fiziksel durumu doğrultusunda denizde bulunma süresine dair yorum
- Atık üzerindeki biyolojik birikime dair bilgi
- Atığın rengi

5 MİKROPLASTİKLER

5.1 Su Örneklemeleri

Deniz suyunda bulunan mikroplastik miktarının belirlenmesi amacı ile gerçekleştirilen örneklemelerde, 333 µm göz açıklığındaki ağlar ile donatılmış manta ağ sistemi ve WP2 plankton ağları kullanılmalıdır. Yüzey örneklemeleri 2 deniz mili hız ile 10'ar dakikalık çekim sürelerinde gerçekleştirilmelidir. Su kolonunda var olan mikroplastik miktarının tespitine yönelik gerçekleştirilecek örneklemeler 3'er tekrarlı olarak gerçekleştirilmelidir. Örnekleme esnasında, değerlendirilen matrislere dair aşağıda meddeler halince berkitilmiş olan parametrelerin kaydı tutulmalı;

- Su yüzeyi;
  - Örnekleme amacı ile manta ağının çekimine başlanılan nokta ile örnekleme sonunda erişilen noktalara ait koordinat bilgileri,
  - Örneklemenin gerçekleştirildiği teknenin seyir hızı,
  - Örnekleme başlangıç ve sonuç noktalarının derinlik bilgisi,
- Su kolonu (gerçekleştirilecek her tekrar için);
  - Örnekleme bölgesinin koordinat bilgisi (Örnekleme başlangıç ve sonunda ayrı ayrı),
  - Örnekleme bölgesinin derinliği,

Örnekleme sonrasında cam kavanozlara alınan örneklere laboratuvar değerlendirilmesi için nakil öncesinde organik içeriğinin fikse edilmesi amacı ile %95'lik etanol eklenmelidir.

Değerlendirilmek üzere laboratuvara aktarılan örnekler, 5 mm göz açıklığındaki elekten geçirilerek içeriğindeki makro atıkların uzaklaştırılması sağlanmalıdır. Farklı göz açıklıklarına (500 µm ve 200 µm) sahip eleklerden oluşturulan süzme kolonundan geçirilerek, su örnekleri içerisinde bulunan farklı boyutlu organik ve inorganik parçacıkların ayrıştırılması sağlanmalıdır. Bu yöntem, vakum filtrasyon esnasında kullanılan filtrelerin üzerlerindeki birikim nedeni ile tıkanmaların engellenebilmesi amacı ile kullanılmaktadır. Son olarak 50 µm göz açıklığındaki ağdan süzülen su örnekleri vakum filtrasyondan geçirilerek içerilerinde bulunan maddeler 26 µm göz açıklığındaki ağ üzerine toplanır. Gerçekleştirilen hazırlıklar sonrasında filtre üzerindeki örnekler mikroskop altında incelenir. Filtrasyon işlemi ardından petri kaplarına aktarılan filtrelereler üzerinde bulunan organik maddelerin uzaklaştırılması amacı ile %30'luk hidrojen peroksit ile muamele edilir.

5.2 Sediman Örneklemeleri

Örnekleme bölgelerinden, içeriğindeki mikroplastik miktarının belirlenmesi amacı ile değerlendirmeye alınacak sediman örnekleri grab (Van Veen Grap (Hydro-Bios 1000 cm^2 alan) kullanılarak temin edilecektir. Grab örneklemesi sonrasında elde edilen sediman örneğinin 5 cm kalınlığındaki yüzey kısmından 300 ml hacminde sediman laboratuvar çalışmaları için örneklenmelidir.

Laboratuvara aktarılan örnekler, tekrarlı değerlendirmenin gerçekleştirilebilmesi amacı ile 100'er ml hacimde 3 eşit parçaya ayrılmalıdır. Sonrasında örnekler 5 mm göz açıklığındaki elekten geçirilerek içeriğindeki makro atıkların uzaklaştırılması sağlanır. Eleme işlemi ardından sedimanlar, içerilerinde bulunan mikroplastik parçacıkların ayrıştırılması amacı ile yoğunlaştırılmış NaCl çözeltisi (1.2 gr/cm^3) ile karıştırılır. Bir sonraki aşamaya geçilmeden önce, hazırlanan karışımlar bir saat süre ile sedimanın çökmesi için bekletilir. İşlem esnasında yoğunluklarının daha hafifi olması nedeni ile plastik parçacıkları solüsyon üzerinde toplanacaktır. Bekletme süresi sonunda, solüsyonların sıvı fazı içerisindeki plastik parçacıkların filtre üzerine aktarılması amacı ile vakum filtrasyon işleminden gerçekleştirilir. Mikroskop altında gerçekleştirilecek olan değerlendirmenin daha sağlıklı yapılabilmesi için filtre üzerinde yer alan organik maddelerin giderilmesi amacı ile %30'luk hidrojen peroksit muamelesi yapılır. Gerçekleştirilen hazırlıklar sonrasında filtre üzerindeki örnekler mikroskop altında incelenir.

5.3 Biyota Örneklemeleri (Mikroplastik)

Denizel ortamda kirliliğin izlenmesine yönelik devam etmekte olan ulusal program kapsamında kirleticilerin Biyota üzerine olan etkisinin takibi amacı ile gösterge tür olarak *Mullus barbatus* türü tercih edilmiştir. Tür bentik alanlarda yaşaması ve sahil bölgelerinde dağılım göstermesi nedeni ile gösterge olabilme niteliğine sahiptir. Ayrıca ülkemiz denizlerinin tamamında dağılım göstermektedir. Ulusal izleme faaliyetlerine ek olarak tür Akdeniz'e kıyısı olan diğer birçok ülkede de gösterge tür olarak tercih edilmektedir. Ülkemiz denizlerinde, denizel atıkların biyota üzerindeki etkisinin izlenmesi amacı ile *Mullus barbatus* türün gösterge olarak tercih edilmesi, atık odaklı gerçekleştirilecek değerlendirmelerin izleme programlarına ek bir örnekleme maliyeti oluşturmadan yürütülmesine olanak verecektir. Avrupa'da da gösterge tür olarak kabul gören bu türün sindirim kanalının incelenmesi sonucunda elde edilecek bölgesel sonuçların Avrupa'nın farklı bölgelerinde yürütülecek

benzer çalışmalardan elde edilecek sonuçlar ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilebilmesi fırsatı doğacaktır.

İzleme amacı ile değerlendirilmelerin gerçekleştirileceği bölgelerin tespiti sonrasında, hedef türün bireylerinin örneklenmesi maksadı ile avcılık faaliyetinin yürütülür. Örnekleme esnasında kayıt altına alınması önem taşıyan faktörler aşağıda maddeler halince belirtilmiştir.

- Örnekleme bölgesi (Koordinatlar)
- Örnekleme aracına dair bilgi
- Örneklenen türler
- Örneklerin boyu
- Örneklerin yaşı
- Örneklerin eşeyi
- Örneklenen bireyler üzerinde gözlenen deformasyonlar (yaralar, vb.)

Elde edilen örneklerin değerlendirilmesi aşamasında aşağıda maddeler halinde sıralanmış uygulamalar gerçekleştirilmelidir. Buna göre;

- Örneklenen bireylerin boy ölçümü güverte üzerine gerçekleştirildikten sonra belirlenecek her boy gurubunu temsilen 10'ar birey laboratuvar değerlendirmeleri için ayrılmalıdır,
- Elde edilen bireyler laboratuvara aktarıldıktan sonra biyometrik ölçümleri (toplam boy, ağırlık) gerçekleştirilir.
- Laboratuvara aktarılan örneklerin sindirim kanalları disekte edilerek ayrıldıktan sonra ortamdan kaynaklanan kontaminasyonların önlenmesi amacı ile saf su ile yıkanmalıdır.
- Bireylerin sindirim kanalları, uygun şekilde etiketlenmiş (Örnekleme tarihi; Örnekleme alanı; Tür bilgisi) cam kapları içinde %4'lik formaldehit içerisinde dokular sertleşinceye kadar saklanır.
- Örneklerin bireylerin sindirim kanalı mide ve bağırsak olmak üze iki bölümde değerlendirilmelidir. İki farklı bölüme dair elde edilecek sonuçlar bireylerde tespit edilen plastik parçacıkların birikim gösterip göstermediği hakkında bilgi edinilmesine olanak verecektir.
- Değerlendirme esnasında, sindirim kanalı doluluk durumuna dair bilgi edinilmesine yönelik olarak bireylerin sindirim kanalı toplam ağırlığı; mide ve bağırsak dolu-boş ağırlıkları kayıt altını alınmalıdır.
- Sindirim kanalı içerisinde olması muhtemel mikroplastik parçacıkların tespiti amacı ile mide içerikleri % X'lik HNO_3 solüsyonuna maruz bırakılır. Organik madde miktarına göre 50 °C ortam sıcaklığında 2 – 5 gün süre ile uygulama sürdürülmelidir. Bu yöntem ile sindirim kanalı muhteviyatındaki organik maddelerin ortamdan uzaklaştırılması sağlanır.
- Uygulanan asit muamelesi sonrasında solüsyon haline dönen numuneler vakum filtrasyon yöntemi kullanılarak 26 µm göz açıklığındaki ağ üzerine toplanır.

5.4 Mikroskop altında Gerçekleştirilen Değerlendirmeler

Doğadan ve biyotadan (balık mide içerikleri) temin edilen örneklerin yukarıda verilen yöntemler doğrultusunda hazırlanması sonrasında mikroplastiklerin filtreler üzerinde toplanması sağlanmıştır. İlerleyen aşamada filtrelerin mikroskop altında incelenmesi ile üzerlerinde bulunan mikroplastik parçacıklar belirlenmelidir. Tespit edilen plastik parçacıklar fotoğraflanarak kayıt altına alınır. Parçacıkların değerlendirilmesi aşamasında katkı sağlaması amacı ile parçacıklar oluşturulmuş mikroplastik kodlama sistemi doğrultusunda sınıflandırılmalıdır (Ek 1). Ayrıca parçacıkların boyları (Feret diameter) kayıt altına alınmalıdır.

6 VERİ KALİTESİ

6.1 Katı Atıklara Yönelik Değerlendirmeler

Katı atıkların uzun süreli izlenmesine yönelik değerlendirmelerde dikkat edilmesi gereken en önemli unsurlardan birisi, sahada atıkların toplanması ve atık sınıflandırılması aşamalarında konuya yönelik deneyimli ve eğitimli personel ve gönüllüler ile çalışılmasıdır. İzlemeye yönelik çabalar sonunda tutarlı ve kaliteli bir veri setinin oluşturulması için bu durum büyük önem taşımaktadır (Cheshire ve ark., 2009). Bu kapsamda izleme çalışmalarında görev alacak kişilerin görev aldıkları çalışmalar hakkında bilinç kazanmaları için, izleme programının yöntemi, amacı ve çıktıları konusunda eğitilmesi gerekmektedir.

Yetkin ve eğitimli personel ile çalışmalar yürütülüyor olsa bile çeşitli olumsuz meteorolojik faktörler altında gerçekleştirilen değerlendirmelerde insan hatasına bağlı hatalar olması muhtemeldir. Durum değerlendirmelerine olanak verecek kalitede bir veri setinin oluşturulabilmesi noktasında bu nedenle ortaya çıkan hataların değerlendirmelerde de hesaba katılması gerekmektedir. Amerika Birleşik Devletleri tarafından yürütülmekte olan denizel atıkların izlenmesine yönelik programlarda, sahada yürütülen çalışmaların kalite kontrolünün gerçekleştirilmesi amacı ile taranan bölgelerin belirli bir yüzdesini oluşturacak kısmında ikinci bir değerlendirme yapılarak hata payının tespitine yönelik değerlendirmeler yapılmaktadır (Sheavly, 2007). Benzer bir yaklaşımın planlanan izleme faaliyetlerinde de uygulanması önemlidir. Yapılan örneklemelerde operatörler ve laboratuvarlar arasında karşılaştırma yapabilmek için laboratuvarlar arası karşılaştırma testleri ve interkalibrayon çalışmaları yapılmalıdır.

Katı atıklara yönelik yürütülecek faaliyetlerde dikkate alınması önem taşıyan bir diğer hususu ise elde edilecek verilerin kaynak tespitine olanak verecek bir yaklaşım doğrultusunda toplanmasıdır. Gelecekte kaynak tespitine yönelik değerlendirmelerde kullanılmak amacı ile tespit edilen atıkların görüntülü kayıtlarının alınması önem taşımaktadır. Ayrıca bu yöntem raporlama basamağında karşılaşılması muhtemel sorunların aşılması noktasında geriye dönük değerlendirmeler gerçekleştirilebilmesine de olanak verecektir.

Son olarak izleme faaliyeti yürütülen alanların çevresinde bulunan potansiyel kirletici kaynaklarının kaydının tutulması ve zaman içerisinde bu kaynaklardaki değişimlerinde takip edilmesi bölgedeki kirliliğin durumunun değerlendirilmesinde önemli katkılar sağlayacaktır.

6.2 Mikroplastiklere Yönelik Değerlendirmeler

Gerek çevre gerekse de biyota örneklerinde mikroplastik kirliliğinin tespitine yönelik yapılan laboratuvar çalışmaları esnasında karşılaşılan en büyük sorun, çalışma ortamından

kaynaklanan kontaminasyon sorunudur. Günlük hayatımızda kullandığımız birçok tekstil ürününün içeriğinde bulunan mikroskobik boyutlu fiber parçacıklar hava yolu ile çalışma ortamında sürekli olarak dağılmaktadır. Bu sıkıntının önlenmesi amacı ile gerekli önlemlerin alınmaması durumunda elde edilecek sonuçlar gerçeklikten çok uzak olacaktır. Kontaminasyon sorununu önlenmesi ve veri kalitesinin korunabilmesi amacı ile aşağıda ifade edilen uygulamaların çalışma esnasında kullanılması önemle önerilmektedir.

- Tüm laboratuvar uygulamaları kapalı kabinlerde yürütülmelidir.
- Çalışmanın tüm basamakları esnasında (diskesiyon, organik maddelerin uzaklaştırılması maksadı ile asit uygulamaları, vakum filtrasyon aşaması) steril edilmiş beher içerisine konulan saf su çalışma ortamında tutulmalıdır. Çalışmanın sonlanması sonrasında kontrol amacı ile yerleştirilen bu beherin içeriği mikroskop altında değerlendirilmek üzere filtre üzerine aktarılmalıdır. Yapılan incelemelerde tespit edilen fiber parçacıklarına dair fiziksel özellikler (renk, boy) kayıt altına alınmalıdır. Ayrıca görsel karşılaştırmaya gereksinim duyulmasına karşı görsel kayıt da tutulmalıdır.
- Çalışma sonrasında numunelerden elde edilen sonuçlar, örneğin değerlendirildiği güne ait kontaminasyon kontrol grubu ile karşılaştırılarak veri setinde kontaminasyona bağlı olarak ortama gelen parçacıklar değerlendirme dışı tutulmalıdır.

FTIR veya RAMAN spektroskopi yöntemlerinden birisi kullanılarak tespit edilen mikroskobik boyuttaki parçacıkların polimer türünün belirlenmesi, fiziksel karakterler doğrultusunda yapılan tespitlerde gerçekleşmesi muhtemel hataların önüne geçecektir. FTIR veya RAMAN spektroskopisi ile sayımı yapılan veya belirlenen plastik maddenin sadece kaynağını belirlemek amacıyla yapılan ileri bir uygulamadır.

KAYNAKLAR

Bertrand, J., A. Souplet, L., Gil de Soula, G., Relini, C., Politou. 2007. International bottom trawl survey in the Mediterranean (Medits), Instruction manual, Version 5. pp. 62. Last accessed 13 June 2013 online at: http://www.sibm.it/SITO%20MEDITS/file.doc/Medits- Handbook_V5-2007.pdf

Browne, M.A., Galloway, T., Thompson, R., 2007. Microplastic – an emerging contaminant of potential concern? Integrated Environmental Assessment and Management 3, 559–561.

Browne, M.A., Crump, P., Niven, S.J., Teuten, E., Tonkin, A., ve Galloway, T.S., et al. (2011). Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: Sources and sinks. Environmental Science and Technology, 45, 9175–9179.

Cheshire, A.C., Adler, E., Barbière J., Cohen, Y., Evans, S., Jarayabhand, S., Jeftic, L., Jung, R.T., Kinsey, S., Kusui, E.T., Lavine, I., Manyara, P., Oosterbaan, L., Pereira, M.A., Sheavly, S., Tkalin, A., Varadarajan, S., Wenneker, B. and Westphalen, G. 2009. UNEP/IOC Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter. UNEP Regional Seas Reports and Studies, No. 186; IOC.

Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C. ve Galloway, T.S., 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. Marine Pollution Bulletin, Vol. 62, 12: 2588–2597.

Fossi, M., Giannetti, M., Guerranti, C., Marsili, L., Coppola, D., Panti, C., Minutoli, R., 2012a. Are baleen whales exposed to the threat of microplastics? A case study of the Mediterranean fin whale (Balaenoptera physalus). Mar. Pollut. Bull. 64 (11), 2374e2379.

Fossi, M., Guerranti, C., Coppola, D., Baiani, M., Giannetti, M., Campani, T., Clo, S., Desabata, S., 2012b. Preliminary assessment of microplastics threat in Mediterranean basking sharks (Cetorhinus maximus): implication for the MSFD. In: Poster Presented at the International Conference on Prevention and Management of Marine Litter, 10e12/04/2013.

Fossi, C., Casini, S., Caliani, I., Panti, C., Marsili, L., Viarengo, A., Giangreco, R., Notarbartolo di Sciara, N., Serena, F., Ouerghi, A., Depledge, M., 2012c. The role of large marine vertebrates in the assessment of the quality of pelagic marine ecosystems. Mar. Environ. Res. 77, 156e158.

Galgani, F., Fleet, D., Van Franeker, J., Katsanevakis, S., Maes, T., Mouat, J., Oosterbaan, L., Poitou, I., Hanke, G., Thompson, R., Amato, E., Birkun, A., Janssen, C., 2010. Marine Strategy Framework Directive—Task Group 10 Report Marine Litter, Scientific and Technical Research SeriesOffice for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, p. 48.

Galgani, F., Claro, F., Depledge, M., Fossi, C., 2014 Monitoring the impact of litter in large vertebrates in the Mediterranean Sea within the European Marine Strategy Framework Directive (MSFD): Constraints, specificities and recommendations. Marine Environmental Research, 100:3-9.

Gregory, M.R.,2009. Environmental implications of plastic debris in marine settings – entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking, and alien invasions. Philosophical Transactions of the Royal Society B 364, 2013-2026, doi:10.1098/rstb.2008.0265.

Ioakeimidis, C., Papatheodorou, G., Fermeli, G., Streftaris, N. and Papathanassiou, E., 2015 Use of ROV for assessing marine litter on the seafloor of Saronikos Gulf (Greece): a way to fill data gaps and deliver environmental education. Springerplus, 4: 463.

JRC (2013). Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas. MSFD Technical Subgroup on Marine Litter, 126 p. EUR 26113 EN.

Katsanevakis, S. 2009. Estimating abundance of endangered marine benthic species using Distance Sampling through SCUBA diving: the Pinna nobilis (Mollusca: Bivalvia) example. In: Columbus, A.M., Kuznetsov, L., (eds) Endangered Species: New Research. Nova Science Publishers, New York. pp. 81–115.

Moore, C. J., Moore, S. L., Leecaster, M. K., & Weisberg, S. B. (2001). A comparison of plastic and plankton in the North Pacific central gyre. Marine Pollution Bulletin, 42, 1297–1300.

Oehlmann, J., Schulte-Oehlmann, U., Kloas, W., Jagnytsch, O., Lutz, I., Kusk, K. O., et al. (2009). A critical analysis of the biological impacts of plasticizers on wildlife. Philosophical Transactions of the Royal Society B, 364, 2047–2062.

Pham, C.K., Ramirez-Llodra, E., Alt, C.H.S., Amaro, T., Bergmann, M., Canals, M., Company, J.B., (...), Tyler, P.A.. 2014 Marine Litter Distribution and Density in European Seas, from the Shelves to Deep Basins. PLoS ONE, 9 (4), doi:10.1371/journal.pone.0095839

Ryan, P.G., 2015. A Brief History of Marine Litter Research (Ch. 1). M. Bergmann et al. (eds.), Marine Anthropogenic Litter. Springer, 1-25 pp.

Sheavly, S. B., 2007. National Marine Debris Monitoring Program: Final Program Report, Data Analysis and Summary. Ocean Conservancy.

Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W. G., et al. (2004). Lost at sea: Where is all the plastic? Science, 304, 838.

Thompson, R.C., 2006. Plastic debris in the marine environment: consequences and solutions. In: Krause, J.C., Nordheim, H., Bräger, S. (Eds.), Marine Nature Conservation in Europe. Federal Agency for Nature Conservation, Stralsund, Germany, pp. 107–115

Thompson, R. C., Swan, S. H., Moore, C. J., & vom Saal, F. S. (2009). Our plastic age. Philosophical Transactions of the Royal Society B, 364, 1973–1976.

UNEP and NOAA (2012). The Honolulu Strategy – A Global Framework for Prevention and Management of Marine Debris. Retrieved from *http://www.unep.org/gpa/documents/publications-/honolulustrategy.pdf*

UNEP, 2009. Marine Litter: A Global Challenge. United Nations Environment Programme, 232 pp.

UNEP, 2016. 19th Ordinary Meeting of the Contracting Parties to the Convention for the Protection of the Marine Environment and the Coastal Region of the Mediterranean and its Protocols (UNEP(DEPI)/MED IG.22), Implementing the Marine Litter Regional Plan in the Mediterranean (Fishing for Litter Guidelines, Assessment Report, Baselines Values, and Reduction Targets), 523-555 pp, Athens (Greece), 9-12 February 2016.

Van Franeker, J.A., Blaize, C., Danielsen, J., Fairclough, K., Gollan, J., Guse, N., Hansen, P.L., Heubeck, M., Jensen, J.-K., Le Guillou, G., Olsen, B., Olsen, K.O., Pedersen, J.,

Stienen, E.W.M. and Turner, D.M. 2011a. Monitoring plastic ingestion by the northern fulmar *Fulmarus glacialis* in the North Sea. Environmental Pollution 159: 2609-2615. doi:10.1016/j.envpol.2011.06.008

Kapak Resmi: http://www.milliyet.com.tr/denizde-8-milyon-ton-cop-gundem-2013571

EKLER

EK 1. DENİZEL ATIK ÖRNEKLEMELERİ ESNASINDA KULLANILACAK MALZEMELER VE KULLANIM AMAÇLARI

KATI ATIK ÖRNEKLEMELERİ

Sahil Bölgeleri ve Deniz Çalışmaları

	Malzemeler	Açıklama
1	El GPS'i	Çalışma alanına dair konum bilgilerinin kaydı amacı ile kullanılmak üzere. Cep telefonlarına yüklenebilen uygulamalar ile de kayıt tutulabilir
2	Sahil bölgesinde ölçüm yapılması amacı ile kullanılacak metre	50/100 m boyutlu makara tipi
3		Sahilin eğiminin belirlenebilmesi amacı ile
4	Gerekli dokümanlar ve kırtasiye malzemeleri	Çalışma alanının konumuna dair; Toplanan atıklara dair; Yerinden oynatılamayacak boyuttaki atıkların kaydına dair kayıtların tutulması için
5	Fotoğraf makinesi	Çalışma alanı ve çevresine dair görsel kayıt altına alınması; Tespit edilen atıkların sınıflandırılması esnasında kayıt altına alınması; Bölgede bulunan atıkların doğal durumuna dair görsel kayıt tutulması amacı ile
6	Çöp poşetleri	Dayanıklı ve doldurulduğunda taşımakta zorluk çıkartmayacak boyutta.
7	Etiketler	Toplanan atıkların değerlendirme öncesinde tanımlanabilmesi için kullanılmak üzere. Doğa şartlarına dayanıklı, kolay okunabilen nitelikte.
8	Çalışma Eldivenleri	Atıklar toplanırken personelin kendini koruyabilmesi için uygun nitelikte (Plajlarda bulunan organik atıklar, tıbbi atıklar nedeni ile sağlık sorunları oluşmaması için önemlidir)
9	Uygun kıyafetler	Çalışma esansında uzun sürelerde güneş altında çalışılacağından dolayı personelin baş ve kollarının güneş ışınlarından koruyabilecek nitelikte giyim kuşam ve aksesuarlar
10	Terazi (± 5 g)	Atıkların ağırlıklarının tespiti amacı ile kullanılmak üzere (az sayıda, küçük boyutlu, hafifi malzemelerin ağırlıkları daha hassas terazi kullanılarak kayıt altına alınmalıdır.)

MİKROPLASTİK ÖRNEKLEMELERİ

Saha çalışmaları		
1	El GPS'i	Çalışma alanına dair konum bilgilerinin kaydı amacı ile kullanılmak üzere. Cep telefonlarına yüklenebilen uygulamalar ile de kayıt tutulabilir
2	Gerekli dokümanlar ve kırtasiye malzemeleri	Gerçekleştirilen örneklemeler dair konum, süre ve deniz/hava durumu gibi bilgilerin kaydı amacı ile
3	Örnekleme araçları	Manta ağ sistemi (333 µ) - Su yüzeyi örneklemesi WP2 plankton ağı (200 µ) - Su kolonu örneklemesi Van Veen Grab- Sediman örneklemesi
4	Örnek kapları	Su örnekleri için 1 L hacimli cam kavanozlar Sediman örnekleri için alüminyum folyo Biyota örneklerinin stoklanması için kilitli poşetler
5	Fiksatif kimyasal (%70'lik alkol)	Su örnekleri içerisinde bulunan organik maddelerin bozulmasının önlenmesi amacı ile
Laboratuvar çalışmaları		
1	Elekler	5 ve 1 mm göz açıklığındaki ekeler. Farklı boy aralığındaki mikroplastiklerin ayrılması amacı ile
2	Süzme kolonu	Su numunelerinin içerisindeki farklı boyuttaki plastik parçacıkların ve organik malzemelerin ayrılması amacı ile kullanılmak üzere (500 µm, 200 µm)
3	Vakum filtrasyon düzeneği	Numune içerisinde bulunan malzemelerin filtre üzerine aktarılması basamağında kullanılmak üzere
4	%30'luk hidrojen peroksit	Organik maddelerin uzaklaştırılması amacı ile
5	NaCl çözeltisi (1.2 gr/cm3)	Sediman örnekleri içerisinde bulunan plastiklerin yoğunluk ayrıştırma yöntemi ile ayrıştırılması esansında kullanılmak üzere
6	Diseksiyon seti	Biyota örneklerinin sindirim kanallarının ayrılması amacı ile
7	Hassas terazi ve ölçüm tahtası	Biyota örneklerinin biyometrik ölçülerinin alınması amacı ile
8	Saf su	Tüm laboratuvar uygulamalarında kullanılmak üzere
9	%4'lik formaldehit	Biyota örneklerine ait sindirim kanalı dokularının, değerlendirme öncesi sertleşinceye saklanması amacı ile
10	Stereo mikroskop ve görüntü işleme yazılımı	Mikroplastiklerin tespiti ve kaydının (görsel kayıt ve boy ölçümleri) alınması aşamasında kullanılacak

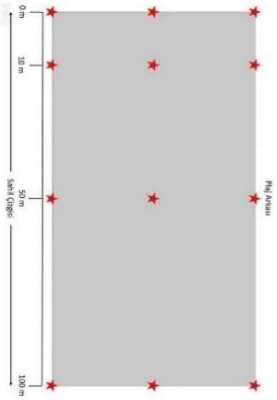
EK 2. ATIK İZLEME BÖLGESİ BİLGİ FORMU

Atık Izleme Bölgesi Bilgi Formu

(Formun Plaj Bölgesinde Doldurulması Gerekmektedir)

Örnekleme Bölgesi					
Plaj Kodu					
Plaj Adı					
Örneklemeye Dair Bilgiler					
Tarih					
Süre (Başlangıç / Son)					
Değerlendirmeyi Gerçekleştiren Kurum					
Deperlendirmeyi Gerçekleştiren Sorumlu Araştırıcı					
Gözlemci Sayısı (En az 3 kişi)					
Plaj Karakteristiği					
Plajın Yönü					
Plaj Çevresinde Yerleşim Alanı Varlığı		Var			
		Yok			
Plaj Çevresinde Yiyecek İçecek Malzemesi Satış Yeri Varlığı		Var			
		Yok			
Plajın Arkasının Kullanım Durumu		Vejetasyon			
		Kum tepesi			
		Kayalık			
		Yol			
		Bina			
		Diğer			
Plaj En ve Yüksekliğine Dair Ölçümler (metre)	0. metre	↔		↕	
	50. metre	↔		↕	
	100. metre	↔		↕	

Koordinatlar

Koordinat Sistemi					Tercihen (GCS-WGS 1984)
	ID-01	N		ID-07	N
		E			E
	ID-02	N		ID-08	N
		E			E
	ID-03	N		ID-09	N
		E			E
	ID-04	N		ID-10	N
		E			E
	ID-05	N		ID-11	N
		E			E
	ID-06	N			
		E			

Açıklamalar: (Plajda karşılaşılan olağan dışı durumlar ve yerinden oynatılması mümkün olmayan atıklara dair bilgilerin kayıt altına alınması amaçlanmaktadır.)

EK 3. KATI ATIK SINIFLANDIRMA SİSTEMİ

No	TR Kodu	Açıklama	TSG ML Kodları		
1	PL01A	İçecek şişe kapakları	G21		
2	PL01B	Temizlik malzemesi şişe kapakları	G9		
3	PL01C	Kimyasal şişesi kapakları	G22		
4	PL01D	İlaç şişesi kapakları			
5	PL01E	Sahil kullanımı ile ilgili kozmetik şişe kapakları (güneş kremi kapağı…)			
6	PL01F	Diğer kozmetik şişe kapakları	G23		
7	PL01G	Tanımlanamayan şişe kapakları			
8	PL01H	Kapakların iç tarafındaki plastikler	G24		
9	PL01I	Plastik kapakların halka kısımları			
10	PL02A	İçecek şişe ve kapları<= 0.5 litre	G7		
11	PL02B	İçecek şişe ve kapları > 0.5 litre	G8		
12	PL02C	Temizlik malzemesi şişe ve kapları			
13	PL02D	İlaç şişesi	G100		
14	PL02E	Kimyasal şişe ve kapları			
15	PL02F	Sahil kullanımı ile ilgili kozmetik şişe ve kapları (güneş kremi..)	G11		
16	PL02G	Diğer kozmetik şişe ve kapları	G12		
17	PL02H	Makine /Motor yağı şişe ve kapları<= 50 cm	G14		
18	PL02I	Makine /Motor yağı şişe ve kapları> 50 cm	G15		
19	PL02J	Bidon (benzin bidonu gibi tutacak yeri olan kare/dikdörtgen kaplar)	G16		
20	PL02K	İlaçlama tabancası şişesi	G17		
21	PL02L	Tanımlanamayan şişe ve kaplar			
22	PL03	Gıda saklama kapları ve kapakları			
23	PL04	Bıçaklar, çatallar, kaşıklar, pipetler, karıştırıcılar	G35		
24	PL05	Halka içecek taşıtıcılar	G1		
25	PL06	Bardak, yiyecek kapları ve tabak			
26	PL07	Besin ambalajları	G10	G30	
27	PL08A	Alışveriş torba ve çantaları	G3		
28	PL08B	Küçük poşetler(buzdolabı poşeti, dondurucu-buzluk poşeti gibi)	G4		
29	PL08C	Poşetlerin toplu tutacak kısmı			
30	PL08D	Gübre ve hayvan maması torbaları	G36		
31	PL08E	Ağ sebze/gıda filesi	G37		
32	PL08F	Sera naylonları			
33	PL08G	Tanımlanamayan poşet ve naylonlar			
34	PL09A	Oyuncak ve parti malzemeleri	G32		
35	PL09B	Sahil kullanımı ile ilgili oyuncak ve yüzme malzemeleri (kolluk, simit, deniz gözlüğü, kova…)			

No	TR Kodu	Açıklama	TSG ML Kodları		
36	PL10	Eldivenler	G40	G41	
37	PL11	Enjektörler, şırınga ve şırınga iğneleri	G99		
38	PL12	Sepetler, tepsiler ve kasalar	G34	G18	
39	PL13	Yüzdürücüler	G63		
40	PL14	Kalem ve kalem kapakları	G28		
41	PL15	Tarak / Saç fırçası / Güneş gözlüğü / Toka	G29		
42	PL16	Lolipop şeker çubukları ve dondurma çubuğu	G31		
43	PL17	Muşamba, plastik dokuma çantalar ve plastik paketleme malzemeleri			
44	PL18	Tüfek fişeği	G70		
45	PL19	CD, CD Kutu ve kapları	G84		
46	PL20	Plastik inşaat atığı	G89		
47	PL21	Plastik çiçek saksısı	G90		
48	PL22	Kolileme bandı	G66		
49	PL23	Fiberglas malzemeler			
50	PL24	Tıbbi, ilaç malzemeleri (deney tüpleri, gözyaşı damla tüpleri, ilaç tüpleri)			
51	PL25	Plastik pelte (Alt örnekleme ile değerlendirilmesi yapılacaktır) - 5 mm üstü	G78	G79	G80
52	PL26	Diğer (Açıklama yapılmalıdır)	G124		
53	FP01	Köpük süngerler	G73		
54	FP02	Bardak ve yiyecek kapları	G33		
55	FP03	Köpük yüzdürücüler			
56	FP04	İzolasyon ve paketlemede kullanılan strafor			
57	FP06A	Borular ve sulama boruları			
58	FP06B	Diğer (Açıklama yapılmalıdır)	G124		
59	CL01	Giysi, şapka, havlu, toka	G137		
60	CL02	Ayakkabı, sandalet (deri dahil)	G138		
61	CL03	Terlik	G102	G71	
62	CL04	Sırt çantası ve çantalar	G139		
63	CL05	Branda, yelken bezi, çuval, çadır bezi	G143		
64	CL06	İp	G142		
65	CL07	Halı ve döşeme	G141		
66	CL08	Diğer - Bez parçaları dahil (Açıklama yapılmalıdır)	G145		
67	GC01	İnşaat malzemeleri (tuğla, çimento ve borular)	G204		
68	GC02	Şişe ve kavanozlar	G200	G201	
69	GC03	Sofra takımları (tabak, bardak)	G203		
70	GC04	Ampul ve lamba koruyucu	G202		
71	GC05	Floransan lamba	G205		
72	GC06	Cam yüzdürücü(balıkçılık hariç)	G206		

No	TR Kodu	Açıklama	TSG ML Kodları		
73	GC07	Cam ve seramik parçaları	G208		
74	GC08	Diğer (Açıklama yapılmalıdır)	G210		
75	ME01	Sofra takımları (tabak, bardak, çatal bıçak takımı)	G181		
76	ME02	Şişe kapakları, açma halkaları	G178		
77	ME03	Alüminyum içecek tenekeleri	G175		
78	ME04	Alüminyum yiyecek tenekeleri	G176		
79	ME05	Diğer tenekeler < 4 litre	G188		
80	ME06	Gaz şişesi, fıçı ve bidon > 4 litre	G189		
81	ME07	Alüminyum folyo	G177		
82	ME08	Endüstriyel hurda	G186		
83	ME09	Metal parçaları			
84	ME10	Tel er, tel ağlar, dikenli tel er	G191		
85	ME11	Alet, makina, cihaz ve parçaları	G180		
86	ME12	Diğer (Açıklama yapılmalıdır)	G198	G199	
87	PC01	Kağıt (Gazete, dergiler, kağıt, fiş vb.)	G154		
88	PC02	Kese kağıdı (manavlarda kullanılanlar gibi)	G147		
89	PC03	Karton kutular ve parçaları	G148		
90	PC04	Bardaklar, tepsiler, yemek kapları	G153		
91	PC05	Havayı fişek boruları	G155		
92	PC06	Karton-tetrapak süt kutuları	G150		
93	PC07	Karton tetrapak içecek kutuları (süt hariç)	G151		
94	PC08	Gıda kutuları			
95	PC09	Diğer (Açıklama yapılmalıdır)	G158		
96	RB01	Balon, top ve oyuncaklar	G125	G126	
97	RB02	Kauçuk botlar	G127		
98	RB03	Eldivenler			
99	RB04	Tekerlekler	G128	G130	
100	RB05	İç lastik (Şambrel) ve kauçuk kaplamalar	G129		
101	RB06	Paket lastikleri	G131		
102	RB07	Prezvatifler	G133		
103	RB08	Diğer (Açıklama yapılmalıdır)	G134		
104	WD01	Mantar tıpalar	G159		
105	WD02	Badana fırçaları	G166		
106	WD03	Dondurma çubukları, kürdanlar ve cips kürdanları	G165		
107	WD04	İşlenmiş kereste ve palet kasalar	G161	G160	
108	WD05	Kibrit ve havai fişekler	G167		
109	WD06	Diğer (Açıklama yapılmalıdır)	G171		
110	OT01	Parafin ve balmumu	G213	G172	
111	OT02A	Sıhhi temizlik -bebek bezi	G98		
112	OT02B	Sıhhi temizlik -kulak pamuğu ve çubuğu	G95		

No	TR Kodu	Açıklama	TSG ML Kodları		
113	OT02C	Sıhhi temizlik -tampon vb. malzemeler	G144		
114	OT02D	Sıhhi temizlik -ped.	G96		
115	OT02E	Sıhhi temizlik -diş fırçası			
116	OT02F	Sıhhi temizlik -tuvalet spreyi	G97		
117	OT02G	Sıhhi temizlik -diğer			
118	OT03	Çeşitli teçhizat ve elektronik donanım			
119	OT04	Piller (Kalem pil)	G195		
120	OT05A	Kablo	G194		
121	OT05B	Diğer (Açıklama yapılmalıdır)(tıbbi malzemeler de dahil-bandaj kültür çabukları)	G211		
122	SM01	Çakmaklar	G26		
123	SM02	Sigaralar, sigara filtreleri ve izmaritleri	G27		
124	SM03	Sigara ağızlıkları			
125	SM04	Sigara paketi jelatini	G152		
126	SM05	Sigara paketi karton			
127	SM06	Tütün çanta ve kapları	G25		
128	FM01	Balıkçılık malzemeleri (cezbedici, tuzak ve sepetler, balık kutuları)	G57 G58	G42 G47	G163
129	FM02	Misina	G59		
130	FM03	İp			
131	FM04	Balıkçı ağı, midye istiridye ağı			
132	FM05	Balıkçı ağlarında kullanılan plastik yüzdürücüler	G62		
133	FM06	Işıklı çubuklar	G60		
134	FM07	Makaralar			
135	FM08	Balıkçılık bobinleri	G132		
136	FM09	Balıkçılık malzemeleri (kurşun, cezbedici, iğne, tuzak ve sepetler)	G182		
137	FM10	Tahta av malzemeleri (yengeç, ıstakoz kafesleri), tahta balık kasa ve kutuları	G164		
138	FM11	Cam balıkçılık malzemeleri (ahtapot tuzağı, cam yüzdürücüler)	G207		
139	FM12	Diğer balıkçılık malzemeleri			
140	EK01	Peçete, ıslak mendil			
141	EK02	Çamaşır lastiği			
142	EK03	Mandal			
143	EK04	Fide kelepçesi			
144	EK05	Naylon ipler	G49		
145	EK06	Baret	G69		
146	EK07	Cam ilaç şişeleri			

EK 4 DENİZ ZEMİNİ ATIK İZLEME ÇALIŞMA ALANI VE OPERASYON BİLGİLERİ FORMU

Bentik Atık İzleme Çalışma Alanı ve Operasyon Bilgileri Formu	**Kurum**		Veri toplamak ile sorumlu olan kurumun adı
	Araştırmacının adı		Bu belgeyi doldurmak ile sorumlu araştırmacının adı
	İrtibat numarası		Araştımacının irtibat numarası
Sahada doldurulacaktır.	**Tarih**		Belgenin doldurulduğu tarih
Örnekleme Bölgesi			
Bölge kodu			Bölgeyi ifade eden kod
Bölge adı			Çalışma alanının adı
Örnekleme Bölgesi Özellikleri			
Derinlik			Çekim alanındın ortalama derinliği
Sediman türü			Kum / Alüvyon / Kaya / Çakıl
Deniz çayırı varlığı			Var / Yok
Potansiyel Atık Kaynaklarının Varlığı			
Çalışma Alanına En Yakın Nehrin			
Adı			
Çalışma alanına mesafesi			
Yönü			
Çalışma Alanında Balıkçılık Faaliyetleri			
Balıkçılık türü			
Balıkçılık bölgesinin çalışma alanına mesafesi			
Çalışma Alanına En Yakın Yerleşim Bölgesinin Mesafesi			
Çalışma Alanına En Yakın Sahilin Mesafesi			
Örnekleme Gemisi ve Örnekleme Aracı Bilgileri			
Örnekleme Gemisi Adı			
Örnekleme Gemisi Boy ve Tonajı			
Örnekleme aracı (Ağ) Bilgileri			
Av aracının gemiye mesafesi			
Derinlik			
Trol Çekimi Bilgileri			
Başlangıç (Enlem - Boylam)			Trol çekiminin gerçekleştirildiği operasyonun başlangıç ve bitiş bölgesinin koordinatları
Bitiş (Enlem - Boylam)			
Kullanılan Koordinat Sistemi			ED50 / SAD69 / GRS 80 / NAD83 / WGS84 / NAVD88 / ETRS89
Toplam Çekim Yapılan Mesafe			
Çekim Zamanı			(Başlangıç/Bitiş)
Deniz Durumu			Örnekleme esanısanda denizin durumu
Rüzgar Durumu			Örnekleme esanısanda rüzgar durumu ve yönü

EK 5. TESPİT EDİLEN ATIKLARIN KAYDEDİLECEĞİ FORM

Atık Kayıt Formu				
Örnekleme Tarihi		Örnekleme Bölgesi Koordinatları ..... /	Örnekleme Bölgesi Kodu	
No	*Atık Kodu*	*Atığın Tanımı*	*Sayısı (adet)*	*Agırlığı (kg)*
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
Notlar:				

EK 6. TESPİT EDİLEN VE VERİNDEN OYNATILAMAYACAK BOYUTTAKİ ATIKLARIN KAYDEDİLECEĞİ FORM

Büyük Atık Kayıt Formu					
1	*Atık Kodu*	*Atığın Tanımı*	*Atığın Durumu* (Yüzer durumda / Zemine baymış)	*Atığın Konumuna Dair Koordinat Bilgisi*	
				Enlem	*Boylam*
	Örnekleme Tarihi		Örnekleme Bölgesi Kodu		
2	*Atık Kodu*	*Atığın Tanımı*	*Atığın Durumu* (Yüzer durumda / Zemine baymış)	*Atığın Konumuna Dair Koordinat Bilgisi*	
				Enlem	*Boylam*
	Örnekleme Tarihi		Örnekleme Bölgesi Kodu		
3	*Atık Kodu*	*Atığın Tanımı*	*Atığın Durumu* (Yüzer durumda / Zemine baymış)	*Atığın Konumuna Dair Koordinat Bilgisi*	
				Enlem	*Boylam*
	Örnekleme Tarihi		Örnekleme Bölgesi Kodu		
4	*Atık Kodu*	*Atığın Tanımı*	*Atığın Durumu* (Yüzer durumda / Zemine baymış)	*Atığın Konumuna Dair Koordinat Bilgisi*	
				Enlem	*Boylam*
	Örnekleme Tarihi		Örnekleme Bölgesi Kodu		
5	*Atık Kodu*	*Atığın Tanımı*	*Atığın Durumu* (Yüzer durumda / Zemine baymış)	*Atığın Konumuna Dair Koordinat Bilgisi*	
				Enlem	*Boylam*
	Örnekleme Tarihi		Örnekleme Bölgesi Kodu		
6	*Atık Kodu*	*Atığın Tanımı*	*Atığın Durumu* (Yüzer durumda / Zemine baymış)	*Atığın Konumuna Dair Koordinat Bilgisi*	
				Enlem	*Boylam*
	Örnekleme Tarihi		Örnekleme Bölgesi Kodu		
Notlar:					

EK7. MEDITS ATIK SINIFLANDIRMA SİSTEMİ

(MEDITS-Kılavuzu, Versiyon 8, 2016)

Atık kodu		Atık Türü	Açıklama
L0		**Ağda atık yok ise**	
L1		**Plastik Atıklar**	**PVC; Polipropilen; Polietilen**
	L1a	Naylon torba	
	L1b	Şişe	
	L1c	Besin ambalajı	
	L1d	Levha veya tabaka şeklindeki atıklar	Masa örtüsü; vb.
	L1e	Set plastik malzemeler	Plastik kutular; Küllükler; Kapaklar; Saklama kaplar; vb.
	L1f	Balıkçı ağları	
	L1g	Misinalar	
	L1h	Balıkçılık faaliyetleri ile ilgili diğer atıklar	Sepetler; Yüzdürücüler
	L1i	Sentetik ipler / Paketleme bantları	
	L1j	Diğer atıklar	
L2		**Kauçuk Atıklar**	
	L2a	Tekerlekler	
	L2b	Diğer atıklar	Eldivenler; Yüzdürücüler; Bot ve ayakkabılar; vb.
L3		**Metal Atıklar**	
	L3a	İçecek kapları	
	L3b	Besin kapları	Konserve kutuları
	L3c	Orta boyuttaki saklama kutuları	Boya, yağ ve kimyasal kapları
	L3d	Büyük boyutlu metal kutular	Variller; Makine parçaları; Elektrik tesisatı parçaları
	L3e	Kablolar	
	L3f	Balıkçılık ile ilgili atıklar	İğneler; Zıpkın demirleri; vb.
	L3g	Savaş kalıntıları	
L4		**Cam / Seramik / Beton Atıklar**	
	L4a	Şişeler	
	L4b	Cam parçaları	
	L4c	Seramik kaplar	
	L4d	Büyük objeler	Seramik lavabo vb.
L5		**Giysi / Doğal fiberler**	
	L5a	Giyim	Elbise; Ayakkabı; vb.
	L5b	Büyük boyutlu atıklar	
	L5c	Doğal malzemelerden üretilmiş ipler	
	L5d	Hijyen ile ilgili atıklar	Bebek bezleri; Kulak pamuğu çubukları; vb.
L6		**Ahşap Atıklar**	
L7		**Kağıt ve Karton Atıklar**	

EK 8. MİKROPLASTİK KODLAMA SİSTEMİ

Mikroplastik Kodlama Sistemi

Fiber		Naylon		Sert Plastik		Polistiren		Pelet		Kauçuk		Diğer*	
Kod	**Açıklama**	**Kod**	**Açıklama**	**Kod**	**Açıklama**	**Kod**	**Açıklama**	**Kod**	**Açıklama**	**Kod**	**Açıklama**	**Kod**	**Açıklama**
F1	Kırmızı	**N1**	Beyaz	**H1**	Beyaz	**P1**	Beyaz	**PL1**	Siyah	**R1**	Siyah	**OT 1**	Beyaz
F2	Sarı	**N2**	Kristal	**H2**	Gri	**P2**	Siyah	**PL2**	Mavi	**R2**	Kahverengi	**OT 2**	Kahverengi
F3	Yeşil	**N3**	Mavi	**H3**	Kırmızı	**P3**	Mavi	**PL3**	Kahverengi (renklenme)	**R3**	Yeşil	**OT 3**	Siyah
F4	Mavi	**N4**	Transparan	**H4**	Kahverengi (renklenme)	**P4**	Yeşil	**PL4**	Yeşil	**R4**	Sarı	**OT 4**	Mavi
F5	Mor	**N5**	Kahverengi	**H5**	Kristal	**P5**	Kırmızı	**PL5**	Kristal / Transparan	**R5**	Beyaz	**OT 5**	Sarı
F6	Siyah	**N6**	Gri	**H6**	Mavi			**PL6**	Gri			**OT 6**	Yeşil
F7	Kahverengi	**N7**	Kırmızı	**H7**	Mor			**PL7**	Mor			**OT 7**	Kırmızı
F8	Transparan	**N8**	Siyah	**H8**	Sarı			**PL8**	Kırmızı				
F9	Beyaz	**N9**	Yeşil	**H9**	Transparan (mineral)			**PL9**	Beyaz				
		N10	Mor	**H10**	Transparan (plaka)			**PL10**	Sarı				
		N11	Sarı	**H11**	Transparan								
				H12	Siyah								
				H13	Yeşil								
				H14	Yeşil (renklenme)								
				H15	Kahverengi								

*Diğer başlığı altında fiziksel karakter doğrultusunda tanımlaması/gruplanması yapılamayan parçacıklara dair kayıt tutula cak tır. Oluşturulan veri seti içerisinde araştırıcı tarafından tespit edilen parçacığa dair açıklama verilmesi tavsiye edilmektedir.

Bölüm 5
Deniz Memelileri İzleme Kılavuzu

Hazırlayanlar:

Kılavuz Lideri
Doç.Dr. Harun GÜÇLÜSOY Dokuz Eylül Üniversitesi

Kılavuz Ekibi
Yrd. Doç. Dr. Ayhan DEDE İstanbul Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Arda M. TONAY İstanbul Üniversitesi

İÇİNDEKİLER

TABLO DİZİNİ 2
KISALTMALAR 3
1 GİRİŞ 4
2 AMAÇ 5
3 GÖSTERGELER VE ÖRNEKLEME STRATEJİSİ 7
3.1 Türlerin Popülasyon Büyüklükleri 8
3.2 Türlerin Popülasyon Demografik Özellikleri 8
4 GÖSTERGELER KAPSAMINDA İZLEME METODOLOJİLERİ 8
4.1 Türlerin dağılım alanları ve popülasyon büyüklükleri 9
4.2 Popülasyon demografik özellikleri 10
4.3 Akdeniz keşiş foku Monachus monachus (Hermann 1779) 11
4.4 Koruma 11
5 VERİ KALİTESİ 11
6 RAPORLAMA VE DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ 12
KAYNAKLAR 14

TABLO DİZİNİ

Tablo 1 Türkiye denizlerinde düzenli izlenmesi öngörülen deniz memelisi türleri 4
Tablo 2 DSÇD- İÇD tanımlayıcılarının deniz memelileri ile ilişkisi.....6
Tablo 3. Türkiye'nin taraf olduğu uluslararası sözleşmeler ile AB mevzuatına göre deniz memelileri izleme (+ : evet ; -: hayır)..... 6
Tablo 4 Deniz memelilerinin izlenmesi metodolojileri.....9

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
Arc-GIS	: Coğrafi Bilgi Sistemi için kullanılan bilgisayar programı
DSÇD	: Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi
İÇD	: İyi Çevresel Durum
EO	: Ekolojik Hedef
EO1	: Ekolojik Hedef-Biyoçeşitlilik
HD	: Habitat Direktifi
IMAP	: Bütünleşik İzleme ve Değerlendirme Kılavuzu
GPS	: Coğrafi Konumlama Sistemi
KG	: Kalite Güvence
KK	: Kalite Kontrol
MAP	: Akdeniz Eylem Planı
PAM	: Pasif Akustik Metot
RAC/SPA	: Özel Koruma Alanları için Bölgesel Eylem Merkezi (Regional Activity Center for Specially Protected Areas)
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı

TANIMLAR

Cetacea	: İçerisinde balinalar, yunuslar ve muturları içeren deniz memelisi takımı
Demografi	: Nüfus bilimi. Nüfusun yapısını, durumunu, dinamik özelliklerini inceleyen bilim dalıdır.
Jeoreferans	: Uydu görüntülerini ya da raster verileri yer kontrol noktaları yardımıyla seçilen koordinat sistemi ve harita projeksiyonuna göre doğru konumuna getirme işlemidir.

1 GİRİŞ

Karadeniz havzası ve Akdeniz'de yabancı türler de dahil olmak üzere sürekli veya geçici olarak 28 farklı Cetacea türü bilinmektedir (Notarbartolo di Sciara 2016). Türkiye denizlerinde ise toplam 12 Cetacea rapor edilmiştir (Güçlüsoy ve diğ., 2014). Öztürk vd. (2014) tarafınca bu listeye siyah yunus (*Globicephala melas*)'da dahil edilmektedir. Türkiye deniz ve kıyılarında izlenmesi öngörülen deniz memelisi türleri, düzenli olarak denizlerimizde dağılım gösteren yerleşik deniz memelisi türlerinden seçilmiş olup (Güçlüsoy vd., 2014; Öztürk vd. 2014; Notarbartolo di Sciara 2016), Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1 Türkiye denizlerinde düzenli izlenmesi öngörülen deniz memelisi türleri

Tür adı (Yerel)	**Tür adı** (AB Habitat D. Ek II ve Ek IV'de yer alan türler)	**Karadeniz**	**Marmara Denizi**	**Ege Denizi**	**Akdeniz**
Akdeniz keşiş foku	*Monachus monachus* (Hermann, 1779)		X	X	X
Uzun balina	*Balaenoptera physalus* Linnaeus, 1758			X	X
Kaşalot, İspermeçet balinası	*Physeter macrocephalus* Linnaeus, 1758			X	X
Küvier balinası	*Ziphius cavirostris* Cuvier, 1823			X	X
Afalina	*Tursiops truncatus* (Montagu, 1821)	X	X	X	X
Çizgili yunus	*Stenella coeruleoalba* (Meyen, 1833)		X	X	X
Tırtak	*Delphinus delphis* Linnaeus, 1758	X	X	X	X
Grampus	*Grampus griseus* (G. Cuvier, 1812)		X	X	X
Mutur	*Phocoena phocoena* (L., 1758)	X	X	X	

(Güçlüsoy vd., 2014, Öztürk vd 2014, Notarbartolo di Sciarar 2016)

Türkiye'nin Marmara, Ege ve Akdeniz kıyılarında gözlenen bir diğer deniz memelisi ise nesli tükenme tehlikesinde olan Akdeniz keşiş foku *Monachus monachus*'tur (Ör. Öztürk, 1992, Güçlüsoy vd. 2004). Tablo 1'de verilmiş türler dışında ziyaretçi konumunda bazı balina türleri de özellikle karaya vurma vakaları ile görülebilmektedir: mink balinası, *Balaenoptera acutorostrata*, Lacépède, 1804 (Öztürk ve diğ. 2011), *Mesoplodon cf. europaeus* (Gervais, 1855) Notarbartolo di Sciara (2009) ve *Pseudorca crassidens* (Owen, 1846) (Öztürk ve Öztürk 1998). Türkiye'de 1983 yılından beri tüm deniz memelilerinin avlanması yasak olup,

başta 1380 sayılı su ürünleri kanunu ve ülkemizin taraf olduğu uluslararası sözleşmeler Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi, Bern Sözleşmesi, Bükreş Sözleşmesi ve Barselona Sözleşmesi ve buna bağlı alt protokoller ile koruma altındadır. Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi, Barselona Sözleşmesi ve Bükreş Sözleşmesi ile AB Deniz Strateji Çerçeve Direktifi (DSÇD) ve Habitat Direktifleri kapsamında deniz memelilerinin dağılım, popülasyon ve demografik yapısı izlenmesi gerekmektedir (UNEP-MAP, 2016; CBD, 2017; Zampoukas ve diğ., 2014).

Bu izleme ve değerlendirme kılavuzunun amacı, Türkiye kara suları ve münhasır ekonomik bölgesinde dağılım gösteren deniz memelilerinin izleme çalışmalarına rehberlik etmektir.

2 AMAÇ

Denizlerdeki İyi Çevresel Durumu (İÇD) sağlamak üzere Barselona Sözleşmesi'nin 15. Taraflar toplantısından (2008) günümüze kadar yapılan Ekosistem Yaklaşımı özündeki çalışmalar Avrupa Birliği Deniz Strateji Çerçeve Direktifini de dikkate alarak hazırlanmıştır. Bu kapsamda, 11 Ekolojik Tanımlayıcı altında İyi Çevre Durumunu ortaya koyacak 23 gösterge üzerinde uzlaşılmış ve ilave olarak 4 gösterge daha taslak öneri olarak dikkate alınmıştır. Bu ekolojik tanımlayıcılardan birincisi deniz memelileri ve kuşlarını da kapsayan biyolojik çeşitlilik hedefidir. Bu hedef, genel anlamda, biyolojik çeşitliliği korunması ve iyileştirilmesi olarak tanımlanmış olup, 5 ortak göstergeyi kapsamaktadır:

- Habitat büyüklüğü
- Habitatların tipik tür ve komünitelerinin durumu
- Türlerin dağılım alanı (deniz memelileri, deniz kuşları ve deniz kaplumbağaları ile ilgili)
- Seçilmiş türlerin popülasyon büyüklüğü (deniz memelileri, deniz kuşları ve deniz kaplumbağaları ile ilgili)
- Popülasyon demografik özellikleri (Ör. Deniz memelileri, deniz kuşları ve deniz kaplumbağalarının büyüklüğü, yaş sınıfı yapısı, cinsiyet oranı, üretkenlik oranları, yaşam/ölüm oranları)

Altı çizili son 3 gösterge deniz memelileri için belirlenenler olduğu için bu dokümanda bu 3 noktaya değinilmiştir. Dolaylı olarak ilgili olan ekolojik tanımlayıcılar (T4, T8, T10 ve T11) hakkındaki bilgiler Tablo 2'de paylaşılmış ve her biri için ilgili uzmanları ile değerlendirilmesine ihtiyaç vardır.

Tablo 2 DSÇD- İÇD tanımlayıcılarının deniz memelileri ile ilişkisi

Tanımlayıcı	Deniz memelileri ile ilişkisi
(T4) Denizel besin ağı hk.	Besin ağının en üst seviyesindeki canlılar oldukları için EO1'de Kılavuzun konusu olan Biyolojik Çeşitlilik hedefleri ile ilişkilendirilebilir.
(T8) Kirletici yoğunlukları hk.	Bu tanımlayıcı için izleme çalışmaları genellikle balıklar, kabuklular ve sedimanda yapılmaktadır. Ancak, deniz memelileri kalıcı organik kirleticileri (Ör. PCB) özellikle yağ dokularında biriktirdikleri için, önemli indikatörler olarak ortaya çıkabilmektedir. Karaya vurma haber ağlarından elde edilecek örnekler ile izleme çalışması yapılabilir.
(T10) Deniz çöpleri hk.	Plastiklerin yutulması ile ıskartaya çıkarak denizel ortama atılmış av araçlarına kazara takılmalar deniz memelilerinde ölümlere neden olmaktadır. Karaya vurma haber ağlarından elde edilecek örnekler ile izleme çalışması yapılabilir.
(T11) Sualtı gürültüsünü de içeren enerji hk.	Sualtı gürültüsü, deniz memelilerinde duyma yetisini kaybetmekten başlayarak ölümlerine kadar uzanan etkileri olabilmektedir. Özellikle sismik sörveyler ile denizel kuvvetlerinin kullandığın sonarlar buna neden olabilmektedir.

(Santos ve Pierce 2015)

Hangi uluslararası sözleşmeler ile AB mevzuatınca deniz memelilerinin izlenmesi gerektiği ise Tablo 3'te özetlenmiştir.

Tablo 3. Türkiye'nin taraf olduğu uluslararası sözleşmeler ile AB mevzuatına göre deniz memelileri izleme (+ : evet ; -: hayır)

İzlenecek özellikler- DSÇD Biyoçeşitlilik İÇD tanımlayıcısı olarak	Bar.S[1] UNEP/ MAP IMAP	Bük.S[2] BSIMAP	SÇD[3]	ÇKSD[4]	HD[5]	OBP[6]
Deniz memelilerinin popülasyon dinamiği, doğal ve güncel dağılım alanları, türlerin durumu	+	+	-	-	+	-

(Zampoukas ve diğ. 2014.)

1 Barselona Sözleşmesi, 2 Bükreş Sözleşmesi, 3 AB Su Çerçeve Direktifi, 4 AB Çevre Kalitesi Standartları Direktifi, 5 AB Kuş Direktifi, 6 AB Habitat Direktifi, 7 AB Ortak Balıkçılık Politikası, 8 AB Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi

Bu kılavuz, yukarıda değinilen biyoçeşitlilik hedefinin son üç göstergesini dikkate alarak, Türkiye'nin taraf olduğu Barselona Sözleşmesi 19. taraflar toplantısında taslak olarak kabul edilmiş Bütünleşik İzleme ve Değerlendirme Kılavuzu (IMAP) dikkate alınarak Türkiye Denizleri için uyarlanmıştır (UNEP-MAP, 2016). Geliştirilmesi (çerçevenin daha da daraltılması yönünde) ve minimum gerekliliklerin ortaya koyulması açısından bir süre uygulanarak (ör. 3 yıl) revize edilmesi, mali ihtiyaçları daha da minimuma çekerek uygulanmasını kolaylaştıracaktır.

IMAP'ın yaklaşımı risk temelli izleme olup risk altındaki alanların ve türlerin seçimi ilkesine dayalıdır. Akdeniz için belirlenen tür ve habitatların listesi UNEP/MAP 2016 (a, b) Appendix-1'de verilmiştir. Akdeniz ülkeleri bu belgelerde belirtilen türleri en az iki alanda (baskı altında olmayan 1 SPAMI bölgesi ve baskı altındaki bir alanda) izlemekle yükümlüdürler. Bu kapsamda, Akdeniz için deniz memelileri hedef türleri mevcuttur. Bu türlerin listeleri UNEP/MAP RAC SPA mevcut olup AB Habitat Direktifi ile de ilgili türler Akdeniz ve Karadeniz için belirtilmiştir. Tablo 1'de Habitat Direktifi (HD) Ek II ve Ek IV'de de yer alan ve denizlerimizde gözlemlenen türler bulunmaktadır. Bunların dışında gene HD Ek IV'de yer alan kesinlikle korunması gereken türlerin bazıları (Akdeniz için; *Balaenoptera acutorostrata* ve *Mesoplodon cf. Europaeus),* Tablo 1'de yer almamaktadır. Bunun temel nedeni Türkiye sularında çok nadir olarak kayıt edilmiş olmasıdır.

DSÇD'nin genel yaklaşımı HD'den farklıdır. Özellikle bazı tür ve habitatlara odaklanılmaz (koruma amaçlı değildir). Yapılmak istenen belli bir coğrafik denizel alan içinde baskıların da gözetilmesi ile yeterli tür ve habitatların izlenmesi ve ortak bir değerlendirme yapılmasını hedefler (Zampoukas vd. 2014; Cochrane vd. 2010). Bu çalışmalarda, özellikle korunan türlerin seçilmesinin bölgesel değerlendirmeler için önemli olduğu belirtilmiştir. IMAP kapsamında da bu ortak listelerin kullanılması başlangıç için istenmiştir (UNEP MAP, 2016).

3 ÖRNEKLEME STRATEJİSİ

DSÇD İÇD değerlendirmelerinde birçok gösterge ve bunların izlenmesini sağlayacak değişken ve parametreler dikkate alınır. Bu nedenle, İÇD'ye ulaşılması ya da sağlanması için önceden belirlenmiş göstergeler ile izleme programlarının iyi bir şekilde tasarlanması gerekmektedir. Bu programlarda tek parametre yerine birçok parametrenin aynı çaba ile elde edilmesi, güvenilir istatistikler sağlaması, maliyet etkin olması ve eşgüdüm içinde gerçekleştirilmesi sağlayacak şekilde tasarlanması önerilmektedir. Bu tasarımlar çerçevesinde elde edilecek parametrelerin zaman ve mekan odaklı seçimlerinden hangisi yapılması gerektiği ile ilgilidir. Bu çerçevede, deniz memelileri için kısa sürelerde geniş denizel alanlarını kat etmesi ve geniş yaşam alanları olması nedeniyle her iki odağın da dikkate alınması zorunluluğunu ortaya koymaktadır. Bu durumda, izleme çalışması neredeyse tüm deniz sahasında yapılması öngörülmektedir (Zampoukas vd., 2014). Türkiye'nin dört denizel bölgesinde Tablo 1'de verilmiş olan yerleşik popülasyonlara sahip türlerin izlenmesi, dağılımlarının, popülasyonlarının ve demografik ortaya koyulması için aşağıdaki stratejiler ortaya koyulmuştur.

Objektif tekniklerine kullanıldığı varsayılarak, türlerin dağılım alanları, türlerin gözlemleri jeoreferans verileri elde edildiğinde önemli bir gösterge olacaktır. Tüm Türkiye denizleri dikkate alındığında deniz memelileri ile ilgili dağılım, popülasyon büyüklüğü ve demografik özellikleri ile koruma statüleri hakkında bilgimiz bazı coğrafik bölgeler ile sınırlı kalmaktadır. Bu nedenle, türlerin dağılımları ile ilgili minimum bilgi standartlarını sağlamamız gerekmektedir. Bu kapsamda, bazı popülasyonların dağılımları denizlerimizde olmasına karşın, bazılarınınsa diğer ülkelerin denizlerini de içerisine alacak şekilde olduğunu dikkate alarak stratejinin uygulanması önem arz etmektedir (UNEP-MAP, 2016; Zampoukas ve diğ., 2014).

3.1 Türlerin Popülasyon Büyüklükleri

Popülasyon bolluk ve dinamikleri çalışmaları popülasyon büyüklükleri ve zamanla nasıl değiştikleri bilgisine dayanmaktadır. Akdeniz keşiş foku örneğinde olduğu gibi popülasyon küçük ise, tüm bireylerin doğrudan sayımları yapılabilir. Bununla birlikte izleme çalışmalarının çoğu, örnekleme ile popülasyon büyüklüğünü tahmin etme şeklinde olmalıdır (UNEP-MAP, 2016; Zampoukas vd., 2014).

Bu göstergenin amacı, izlemesi yapılacak seçilmiş türlerin popülasyon eğilimleri elde etmek için orta-uzun vadeli izleme çalışmaları ile bu türlerin popülasyon durumunu tespit etmektir. Bu amaç çerçevesinde üreme alanları, göç yolları, kışlama sahaları, gelişim ve beslenme alanlarında popülasyon tahmini çalışmalarını gerektirir (UNEP-MAP, 2016; Zampoukas vd., 2014).

3.2 Türlerin Popülasyon Popülasyon Demografik Özellikleri

Demografik veriler yaban hayatı popülasyonlarının durumunu tanımlamak için kullanılır. Bu nedenle, aynı yöntemler popülasyonların büyüklüğünü tahmininde kullanılmalıdır. İlaveten, cinsel olgunluk yaşı, büyüme oranı ve yaş yapısı, fekondite (doğum oranları), her yaş sınıfı için ölüm (ölüm oranları), cinsiyet oranları, yavruların sayısı vb. parametrelerin izlenmesi de gereklidir (UNEP-MAP, 2016; Zampoukas vd., 2014).

Yaşam döngüsü çalışmaları ve demografik analizler uzun soluklu ve genellikle karkas toplama, markalama, foto-kimlikleme ya da bunun gibi birkaç farklı tekniğin birleşiminden elde edilecek uzun dönemli veri birikimini gerektirir. Genel olarak bu çalışmalar farklı örnekleme ve analiz süreçlerini kullanan farklı araştırma ekipleri tarafından uygulanabilir. Ancak, demografik parametreler farklı araştırma grupları arasında standart bir şekilde toplanması gerekir (UNEP-MAP, 2016; Zampoukas vd., 2014).

Karaya vuran hayvanların sayımı biyometrileri, doku örneklemesi ve analizi (nekropsi ve biyopsiler) demografileri hakkında önemli bilgi sağlar. Bu tür çalışmalar, ölüm nedenini, kontaminasyon durumunu, yaş, eşey, sağlık ve vücut ölçülerini ortaya koyabilir. Canlı veya ölü olarak tespit edilen hayvanların eşey durumlarının tespitinde, kan örneğinin toplanmasında, genetik analizler için deri ve doku örneklerinin toplanmasında, sağlık durumları ile diğer mikrobiyolojik tekniklerin uygulanması ve kontaminasyon seviyelerinin belirlenmesinde standart bir programa tabi tutulmalıdır. Bu tür bilgiler, farklı deniz memelileri popülasyonlarının genetik çeşitliliği ve genel sağlık durumlarını belirlemede yardımcı olacaktır. En nihayetinde, deniz memelileri besin ağının en üst seviyesinde olan canlı grubu olarak toksinlerin birikme durumlarını dikkate aldığımızda denizlerin sağlığını ortaya koymada göstergeler olarak da kullanılabilir (UNEP-MAP, 2016; Zampoukas vd., 2014).

Sonuç olarak Tablo 1'de verilmiş olan deniz memelisi türlerinin dağılımı ve popülasyon tahminlerini yapmak üzere 5 yılda bir ulusal dağılım ve popülasyon tahmini çalışması yapılması uygun görülmektedir. Bununla birlikte, popülasyonların demografik yapısı ile ilgili olarak sürekli karaya vuran deniz memelilerini takip edilmesi gerekmektedir.

4 GÖSTERGELER KAPSAMINDA İZLEME METODOLOJİLERİ

Boğazlar ve Marmara Denizi gibi özel alanlarda, hassas habitatlarda yaşayan ve nesli azalan türler; *M. monachus, D. delphis, T. truncatus ve P. phocoena* canlı popülasyonları

üzerinde radyo, uydu verici vb. kullanarak izleme ya da biyopsi dart vb. kullanarak doku örneklemesi yapılması gibi hayvanları yakalamak veya kovalamak şeklindeki metotlar sınırlandırılmalıdır.

Pasif akustik izleme, hedef dışı av olarak tutulan (by-catch) olan ya da karaya vuran hayvanların örneklenmesi şeklindeki doğrudan hayvanlara müdahaleye gidilmeyen ve benzer verilere ulaşılabilecek metotlar tercih edilmelidir. Ancak, canlı karaya vuran Cetacea ve Pinnipedia türleri başarılı bir rehabilitasyon sonrasında marka veya tag (verici) uygulanarak doğaya salınabilir. Aşağıda sıralanan metotlarda, aynı zamanda Arc-GIS, QGIS vb. ortamlarında analiz edilebilmesi için mutlaka GPS ile lokasyon; koordinat/iz kaydı verileri kaydedilmelidir.

Diğer yandan deniz canlı popülasyonlarının izlenmesi yöntemleri Zampoukas vd (2014) tarafından özetlenmiş ve memelilerin izlenmesi için özellikle gemi ve uçaklardan uygulanan sayım teknikleri önerilmiştir. Bunun için doğrusal hatlar üzerinde çalışmalar organize edilir. Yüksek özellikli/tanımlı kamera donanımlarının bu hatlar üzerinde kullanılması çıplak gözle sayımlardan daha hassas, çabuk ve güvenirli sonuçlar vermektedir. Özellikle düzenli kontrol uçuşu yapan merciler ve uçulan hatlar boyunca bu tarz cizhazlar ile gözlem ve sayımlara başlanması 2015 yılından bu yana Avrupa ülkeleri tarafından dikkate alınmaya başlamıştır.

Önerilen izleme metotları (Zampukas vd. 2014'den uyarlanarak) Tablo 4'te özetlenmiş olup ilerleyen bölümlerde ayrıca değerlendirilmiştir.

Tablo 4 Deniz memelilerinin izlenmesi metodojileri

Mesafeli örnekleme	**Markalama – marka takibi**	**Tekrarlanan saha çalışmaları- baskınlık durumları**	**Tesadüfen avlanma takibi**	**Diğer**
Gemi veya havadan belli hatların gözlenmesi	Doğal markların kuyruk ve dorsal yüzgeçlerde fotoğraflama ile belirlenmesi	Kamera donanımları veya insan gözlemine dayalı havadan veya gemiden izleme	Avlanan hedef dışı türlerin kayıt yolu ile izlenmesi	Göç edenlerin sayılması

(IMAP, 2016)

4.1 Türlerin dağılım alanları ve popülasyon büyüklükleri

Kılavuzun stratejik hedefleri doğrultusunda 5 yılda bir yapılması ön görülen dağılım ve popülasyon tahmini çalışması için uygun olacak en iyi yöntem, gemi ve hava araçları sörveyleri ile uygulanacak uzaklık örneklemesi (distance sampling) metodolojileri (Buckland vd. 1993, 2001; Thomas vd. 2010; Thomas vd. 2012) doğrusal hat (line-transect), noktasal hat (point transect), sıra sayımları (cue counts) ile aynı zamanda akustik veri toplayarak yapılacak sörveylerdir (Lewis vd., 2007).

Cetacea türlerinin varlığı, gece-gündüz hareketleri, davranışları, günlük aylık ya da mevsimsel farklılıkları ortaya koyacak şekilde uzun dönemli ya da sürekli izlenmesi Pasif Akustik Metod (PAM) ile sağlanabilmektedir ve düşük maliyetlidir (Akamatsu vd., 2001; Dede vd. 2014; 2016)

Bununla birlikte, araştırmacı sayı ve kapasitesini arttırmak için pilot çalışmalar ile aşağıdaki yöntemlerin de uygulanması tür dağılımları ile ilgili destekleyici bilgiyi sağlayacaktır:

- Hedef dışı av olarak tesadüfi ağa yakalanmaların (by-catch) izlenmesi (Perrin vd., 1994; Tonay, 2016),
- Karaya vurma vakalarının izlenmesi (periyodik sahil taramaları ve ulusal karaya vuran deniz memelileri iletişim ağının en az 4 merkezde kurulması (Geraci ve Lounsbury, 2005; ACCOBAMS, 2004; Tonay vd., 2016),
- Tüm kamu kurum/yerel yönetim vb. kullanımına yönelik karaya vuran deniz memelilerine müdahale kılavuzunun hazırlanması (Geraci ve Lounsbury, 2005; ACCOBAMS 2004; 2009a; Dierauf ve Gulland, 2001),
- Ulusal nekropsi ve bilimsel örnekleme prosedürleri oluşturulması (Geraci ve Lounsbury, 2005)
- Fırsatçı (oportünistik) bir şekilde toplanan verilerin depolanması,
- Markalama (ör. Foto kimlikleme) (Hammond, vd. 1990) ,
- Telemetri çalışmaları (Read, 2009),
- Göç yollarının takibi

4.2 Popülasyon demografik özellikleri

Kılavuzun stratejik hedefleri doğrultusunda sürekli olarak izlenmesi öngörülen demografik özelliklerin sağlanması karaya vuran deniz memelilerinin (strandings) (hedef dışı av olarak yakalanıp (bycatch) salındıktan sonra karaya vuran karkaslar da dahil) temin edilmesi ve bunların aşağıdaki parametrelerinin takibi ile uygun olacaktır. Karaya vurma vakalarının bir haber ağı ile izlenmesi (stranding network), buraya gelecek ihbarların değerlendirilmesi, ulusal karaya vuran deniz memelilerinin (Balina/yunus ve fok izlenmesi) 4 deniz temsilen merkezler oluşturulması önemli alt yapı boşluğunu dolduracaktır. Ayrıca, bu altyapıya destek olarak, karaya vuran deniz memelilerine müdahale kılavuzu (tüm kamu kurum/yerel yönetim vb. kullanımına yönelik) hazırlanması ve dağıtılması ile ulusal nekropsi ve bilimsel örnekleme prosedürleri oluşturulması standardizasyonun sağlanması açısından gereklidir.

Popülasyon demografik özellikleri çerçevesinde en kolay takip edilebilecek parametre mortalite oranları olarak öne sürülmektedir (ör. Santoz ve Pierce, 2015). Bu gösterge kapsamında ölçülmesi ön görülen parametreler:

- Biyometriks
- Yaş yapısı (Perrin ve Myrick, 1980)
- Cinsiyet oranları
- Mortalite (ölüm oranları)
- Fekundite (doğum oranları)'dır (Perrin vd. 1984).

Bu çalışma kapsamında, karkaslar üzerinden elde edilecek doku örneklerinin saklanabileceği doku bankalarına ihtiyaç vardır (ACCOBAMS, 2007). Bu bankalarda genetik örnekler, kalıcı organik kirleticilerin takibi için gerekli dokular (Ör. yağ doku),

mikroplastiklerin ortaya koyulması gibi diğer belirleyici göstergelere de destek olunması muhtemeldir. Doku bankasının 4 denizimizi dikkate alacak şekilde 4 noktada geliştirilmesi gereklidir.

Bu bölümde verilen çalışmalar sırasında da özellikle pilot bölgelerde yapılacak çalışmalarda popülasyon demografik özellikleri ile de ilgili bazı parametrelerin toplanması mümkün olabileceğinden bu çalışmaların tasarımları sırasında bunun dikkate alınması da önem arz etmektedir.

4.3 Akdeniz keşiş foku *Monachus monachus* (Hermann 1779)

Akdeniz keşiş foku, Türkiye kıyılarında yerleşik popülasyonu olan tek Pinnipedia türüdür. Türkiye kıyılarında Karadeniz hariç tüm kıyılarımızda izlenmesi gerekli bir türdür.

Günümüze kadar türün tüm denizlerimizde dağılımını ortaya koyacak iki çalışma yapılmıştır (Öztürk, 1994, Güçlüsoy vd., 2004). Son 12 yıl içinde tüm denizlerimizi içeren hızlı bir dağılım belirleme çalışması yapılmamıştır. Kılavuzun stratejik hedeflerini kapsamında ulusal bir değerlendirmenin en yakın zaman da yapılması önemlidir. Bu çalışmadan sonra 5 yıllık periyotlar ile bu çalışmanın devamlılığı sağlanması için gereklidir. Bu kapsamda uygulanacak en hızlı yöntem balıkçı, denizci ve yöre halkları ile anket çalışmaları yapılarak türün görüldüğü yerlerin bölgesel dağılımları ortaya koyulabilir.

Popülasyon büyüklüğü ve demografik yapısı ile ilgili yapılacak uzun dönemli ya da sürekli izleme çalışmaları ise bölgesel olarak uygun kıyı mağaralarına yerleştirilecek kamera tuzaklar aracılığıyla yapılabilir (Ör. Gücü vd. 2004). Karaya vuran, ölü bireylerin örneklenmesiyle popülasyon demografik yapısı, hastalıklar, çevresel etkileşimler vb. konularda bilgilere ulaşılmaktadır. Etkin bir "Karaya vuran Hayvanlar Bilgi Ağı" bu hayvanlara ulaşmak ve örnekleyebilmek için gerekli en uygun yoldur.

4.4 Koruma

Deniz memelilerinin koruma faaliyetleri kapsamında şu faaliyetlerin yapılması ve izlenmesi önerilmektedir:

- Tesadüfi ağa yakalanmanın azaltılmasına yönelik tedbirlerin denenmesi (ACCOBAMS, 2010)
- Kirleticilerin dokularda izlenmesi (ACCOBAMS, 2009b)
- Gürültü kirliliği ile etkileşimini izlenmesi (ACCOBAMS, 2013)
- Kasti öldürme vakalarının izlenmesi.

5 VERİ KALİTESİ

Toplanan verilerin doğruluğu ve kıyaslanabilirliği durum değerlendirmesi ve tanımlaması ve antropojenik etkilerin değerlendirmesi ve gerekli tedbirlerin alınması için önemli bir gerekliliktir. Kalite güvence (KG) ve kalite kontrol (KK) önlemleri herhangi bir zamanda tüm ulusal karasularımız ve kıyılarımızda belirtilen kalite izleme sonuçlarını sağlamalıdır (UNEP-MAP, 2016).

KG/KK, örneklemeden raporlamaya, tüm izleme parametreleri için, ulusal ve alt bölgeler çerçevesindeki tüm analitik süreçlerde güvenilir sonuçlar vermelidir. İzleme, konumu ve örnekleme zamanını temsil eden veriler sağlamalıdır. Özellikle zamansal eğilim izlenmesi

için, güvenilir ve tekrarlanabilir yüksek kaliteli analizleri gerçekleştirmek için son derece önemlidir. Bu nedenle, bu tür analizler iyi belgelenmiş prosedürler ve deneyimli analistler gerektirecektir (UNEP-MAP, 2016).

Sonuç olarak, bu kılavuz çerçevesinde izleme çalışmalarında elde edilecek verilerin kalitesini arttırmak ve tüm araştırmalar kapsamında standart hale getirmek için alt yapı ihtiyaçlarının sağlanması ve kaliteli veri elde edilebilmesi için yeni araştırmacıların eğitilmesi ve deneyimlerinin arttırılması gereklidir.

6 RAPORLAMA VE DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

Genel itibariyle Akdeniz keşiş foku hariç tüm denizlerimizde Cetacea türlerini izleme çalışmaları sınırlı alanlarda yapılmıştır. Bu nedenle, temel oluşturacak bir ulusal çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu temel ortaya koyulduktan sonra 5 yıllık periyotlar ile popülasyon dağılım ve büyüklükleri ile sürekli olarak karaya vuran deniz memelilerini takibi oluşturulduktan sonra bir eğilim analizi ile antropojenik tehditlerin etkileri yönünde bir bilgi ortaya koyulabilecektir.

KAYNAKLAR

ACCOBAMS, 2004. Guidelines for the Development of National Networks of Cetacean Strandings Monitoring. ACCOBAMS Guidelines. Tunis. http://www.accobams.org/images/stories/Guidelines/English/guidelines_networks%20of%20cetacean%20strandings%20monitoring.pdf

ACCOBAMS, 2007. Guidelines for the Establishment of a System of Tissue Banks Within The ACCOBAMS Area and The Ethical Code. ACCOBAMS Guidelines. *http://www.accobams.org/images/stories/Guidelines/English/guidelines_tissue%20banks%20and%20ethical%20code.pdf*

ACCOBAMS, 2009a. EMERGENCY TASK FORCE: Guidelines for a Coordinated Cetacean Stranding Response During Mortality Events Caused by Infectious Agents and Harmful Algal Blooms. ACCOBAMS Guidelines. *http://www.accobams.org/images/stories/Guidelines/English/guidelines_coordinated%20cetacean%20stranding%20response.pdf*

ACCOBAMS, 2009b. Guidelines Concerning Best Practice and Procedure for Addressing Cetacean Mortality Events Related to Chemical, Acoustic and Biological Pollution. ACCOBAMS Guidelines. http://www.accobams.org/images/stories/Guidelines/English/guidelines_cetacean%20mortality%20events.pdf

ACCOBAMS, 2010. Guidelines for technical measures to minimise cetacean fishery conflicts in the Mediterranean and Black Seas. ACCOBAMS Guidelines. http://www.accobams.org/images/stories/Guidelines/English/guidelines_technical%20measures%20for%20cetacean-fishery%20conflicts.pdf

ACCOBAMS, 2013. Guidelines to Address the Impact of Anthropogenic Noise on Cetaceans in the ACCOBAMS Area. ACCOBAMS Guidelines. http://www.accobams.org/images/stories/Guidelines/English/guidelines_impact%20of%20anthropogenic%20noise.pdf

Akamatsu, T., Ding Wang, Kexiong Wang, and Zhou Wei 2001. Comparison between visual and passive acoustic detection of finless porpoises in the Yangtze River, China. J. Acoust. Soc. Am. 109 (4).

Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P. & Laake, J.L. 1993. Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations, Chapman & Hall, London, reprinted (1999) by Research Unit for Wildlife Population Assessment, St Andrews.

Buckland, S.T., D.R. Anderson, K.P. Burnham, J.L. Laake, D.L. Borchers & L. Thomas 2001. Introduction to Distance Sampling. Oxford University Press, Oxford. 432 pp.

CBD 2017. Aichi Biodiversity Targets. 13 Ocak 2017 tarihinde *www.cbd.int/sp/targets/* adresinden erişildi.

Cochrane SKJ, Connor DW, Nilsson P, vd. 2010. Marine Strategy Framework Directive Task Group 1 Report Biological Diversity EUR 24337 En-2010.

Dede, A., Öztürk A. A., Akamatsu, T., Tonay, M. A., Öztürk, B. 2014. Long-term passive acoustic monitoring revealed seasonal and diel presence patterns of cetaceans in the Istanbul

Strait. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom (JMBA), 2014, 94(6), 1195–1202. DOI: http://dx.doi.org/10.1017/S0025315413000568

Dede, A., Akamatsu, T., Öztürk, A.A., Tonay, A.M., Kameyama, S., Öztürk, B. 2016. İstanbul boğazi'nda pasif akustik izleme sistemiyle setaselerin izlenmesi (2009-2016). I. Ulusal Denizlerde İzleme ve Değerlendirme Sempozyumu, Ankara.

Dierauf, L., Gulland, F.M.D. 2001. CRC Handbook of Marine Mammal Medicine: Health, Disease, and Rehabilitation, Second Edition. CRC Press, USA.

Geraci, J.R., Lounsbury, V.J. 2005. Marine Mammals Ashore, A Field Guide dor Strandings, Second Edition. National Aquarium in Baltimore, USA.

Gücü, A. C., G.Gücü, ve H. Örek. 2004. Habitat use and preliminary demographic evaluation of the critically endangered Mediterranean monk seal (*Monachus monachus*) in the Cilician Basin (eastern Mediterranean). Biol. Cons., 116 (3): 417-431.

Güçlüsoy, H., Kıraç, C.O., Veryeri, N.O. ve Savaş, Y. 2004. Status of the Mediterranean monk seal *Monachus monachus* (Hermann, 1779) in the coastal waters of Turkey. E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences. 21(3-4):201-210.

Güçlüsoy, H., Karauz, E.S., Kıraç, C.O. & Bilecenoğlu, M. 2014. Checklist of Marine Tetrapods (Reptiles, Seabirds and Mammals) of Turkey. *Turk J. Zool.* 38, 930-938.

Hammond, P.S., Mizroch, S.A., Donovan, G.P. 1990. Individual Recognition of Cetaceans: Use of Photo-Identification and Other Techniques to Estimation Population Parameters. Reports of the International Whaling Commission Special Issue 12, Cambridge.

IMAP 2016, Integrated Monitorind and Assessment Guidance. 19th ordinary Meeting of the Contracting Parties to the Convention for the Protection of the marine Environment and the Coastal Region of the Mediterranean and its Protocols. Athens, Greece 9-12 February 2016

Lewis, T., D. Gillespie, C. Lacey, J. Matthews, M. Danbolt, R. Leaper, R. McLanaghan & A. Moscrop 2007. Sperm whale abundance estimates from acoustic surveys of the Ionian Sea and Straits of Sicily in 2003. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 87: 353–357.

Notarbartolo di Sciara G 2009. Stranding of a rare beaked whale in Turkey. ACCOBAMS FINS Newsletter 4: 15.

Notarbartolo Di Sciara, G. 2016. Marine mammals in the Mediterranean Sea: An overview. Advances in Marine Biology, 75: 2-30.

Öztürk A.A., Tonay A.M., Dede A. 2011. Strandings of the beaked whales, Risso's dolphins, and a minke whale on the Turkish coast of the eastern Mediterraenan Sea. J Black Sea Med Env 17: 269–274.

Öztürk A.A., Tonay A.M., Öztürk B. 2014. Review on small cetaceans of the Turkish part of the eastern Mediterranean Sea. In: International Whaling Commission, Scientific Committee Annual Meeting, 12–24 May 2014, Bled, Slovenia, SC/65b/ SM15Rev, pp. 1–7.

Öztürk, B. 1992. Akdeniz Foku *Monachus monachus*. Anahtar Kitaplar Yayınevi, İstanbul.

Öztürk, B. 1994. Application of National Protection Strategy of the Mediterranean Monk seal and Foça Pilot Project. Report submitted to Turkish Ministry of Environment. 135 pp. (In Turkish).

Öztürk B, Öztürk AA 1998. Cetacean strandings in the Aegean and Mediterranean coasts of Turkey. Rapp. Comm. int Mer. Medit. 35: 476.

Perrin, W.F., Myrick, A.C. 1980. Age Determination of Toothed Whales and Sirenians.

Reports of the International Whaling Commission Special Issue 3, Cambridge.

Perrin, W.F., Brownell, R.L., DeMaster, D.P. 1984. Reproduction in Whales, Dolphins and Porpoises. Reports of the International Whaling Commission Special Issue 6, Cambridge.

Perrin, W.F., Donovan, G.P., Barlow, J. 1994. Gillnets and Cetaceans. Reports of the International Whaling Commission Special Issue 15, Cambridge.

Read, A. 2009. Telemetry. In: Encyclopedia of Marine Mammals (Perrin W.F., Würsig, B., Thewissen, J.G.M.). Academic Press, USA, 1153-1156.

Santos, M.B. ve Pierce, G.J. 2015. Marine mammals and good environmental status: science, policy and society; challanges and opportunities. Hydrobiologia, 750: 13-41.

Thomas, L., Buckland, S.T., Burnham, K.P., Anderson, D.R., Laake, J.L., Borchers, D.L, Strindberg S. 2012. Distance sampling. Encyclopedia of Environmetrics Second Edition in 2012 by John Wiley & Sons, Ltd. DOI: 10.1002/9780470057339.vad033.pub2

http://www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance.book/dist_encyc_env.pdf

Thomas, L., Buckland, S.T., Rexstad, E.A., Laake, J.L., Strindberg, S., Hedley, S.L., Bishop, J.R.B., Marques, T. A. Burnha, K.P. 2010. Distance software: design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. Journal of Applied Ecology 2010, 47, 5–14. doi: 10.1111/j.1365-2664.2009.01737.x

Tonay, A.M. 2016. Estimates of cetacean by catch in the turbot fishery on the Turkish Western Black Sea Coast in 2007 and 2008. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 96(4): 993-998. doi: 10.1017/S0025315416000060

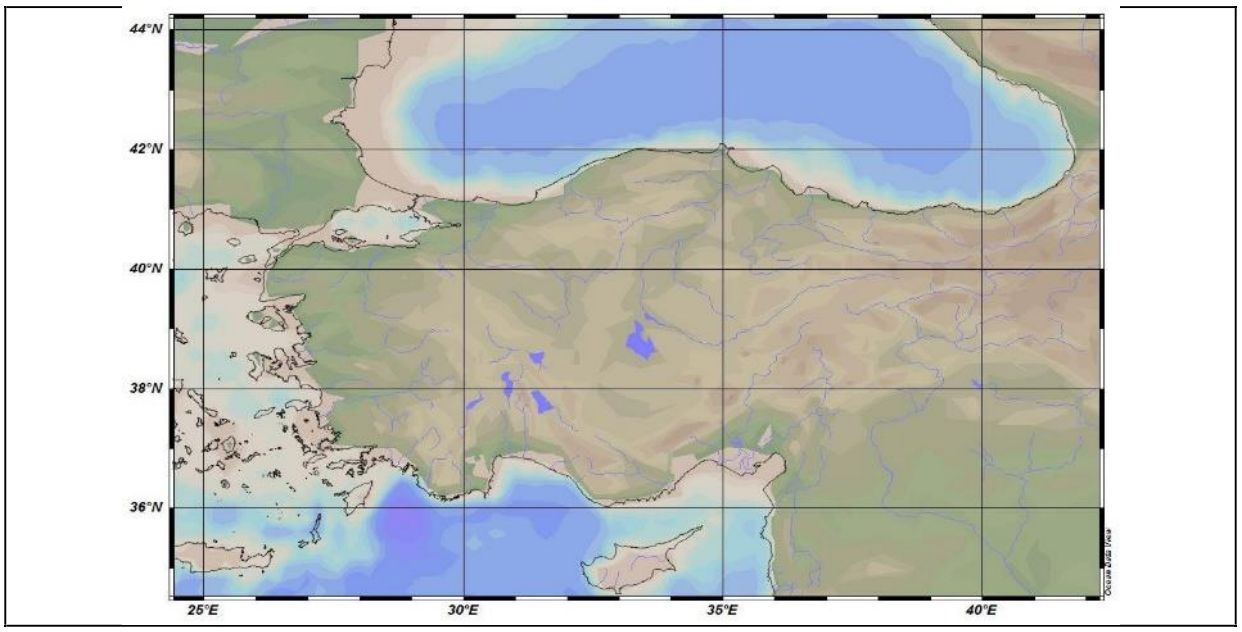
Tonay, A.M., Dede, A., Öztürk, A.A., Danyer, E., Aytemiz, I., Uzun, B., Bilgin, R., Öztürk, B.,2016. Türkiye'nin batı Karadeniz kıyılarinda 2003 – 2016 yılları arasında karaya vuran setase izleme çalışmaları. I. Ulusal Denizlerde İzleme ve Değerlendirme Sempozyumu, Ankara.

UNEP-MAP, 2016 (a). Draft Integrated Monitoring and Assessment Guidance – Agenda Item 3: Thematic Decisons. 19th Ordinary Meeting of the Contracting Parties to the Convention fort he Protection of the Marine Environment and the Coastal Region of the Mediterranean Sea and its Protcols. Athens, Greece, 9-12 February 2016. UNEP(DEPI)/MED IG.22/Inf.7: 1-284.

UNEP-MAP, 2016 (b). Draft Decision: Integrated Monitoring and Assessment Programme of the Mediterranean Sea and Cosat and Related Assessment Criteria. 19th Ordinary Meeting of the Contracting Parties to the Convention fort he Protection of the Marine Environment and the Coastal Region of the Mediterranean Sea and its Protcols. Athens, Greece, 9-12 February 2016. UNEP(DEPI)/MED IG.22/10: 1-33.

Zampoukas, N., Palialexis, A., Duffek, A., Graveland, J., Giorgi, G., Hagebro, C. vd. 2014. Technical guidance on monitoring for the Marine Strategy Framwwork Directive. EC JRC Scientific and Policy Reports: 1-166.

Bölüm 6
Hidrografik Koşullar İzleme Kılavuzu



Hazırlayanlar

Kılavuz Lideri

Yrd. Doç. Dr. Hüsne ALTIOK	İstanbul Üniversitesi

Kılavuz Ekibi

Prof. Dr. Temel OĞUZ	Ortadoğu Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Şükrü T. BEŞİKTEPE	Dokuz Eylül Üniversitesi
Prof. Dr. Erdem SAYIN	Dokuz Eylül Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Coşkun ERUZ	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Ercan KÖSE	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Dr. Gökhan KABOĞLU	Dokuz Eylül Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Bilge TUTAK	İstanbul Teknik Üniversitesi
Dr. Barbaros ŞİMŞEK	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü

İÇİNDEKİLER

TABLO DİZİNİ 2
ŞEKİL DİZİNİ 2
RESİM DİZİNİ 2
KISALTMALAR 3
TANIMLAR 4
1 GİRİŞ 5
2 AMAÇ 6
3 ÖRNEKLEME STRATEJİSİ 9
3.1 Marmara Denizi 11
3.2 Akdeniz ve Ege Denizi 12
3.3 Karadeniz 14
4 ÖRNEKLEME KÜTÜĞÜNÜN HAZIRLANMASI 14
5 ÖRNEKLEME CİHAZLARI (CTD ve Su Örnekleyicisi) 14
5.1 Sıcaklık ve Tuzluluk Ölçümü 17
5.2 Çözünmüş Oksijen, Floresans, ORP, pH ve diğer parametre ölçümleri 19
5.3 Işık Geçirgenliği (Seki diski, turbidity, PAR ve diğerleri) 19
5.3.1 Akıntı Ölçümü 19
6 VERİ KALİTESİ 20
7 RAPORLAMA VE DEĞERLENDİRME 20
KAYNAKLAR 23
EKLER 24
EK 1 Köprüüstü kütüğü 24
EK 2 Sefer notları (CTD) 25
EK 3 Sefer Notları (ADCP) 26

TABLO DİZİNİ

Tablo 1 DSÇD göre İÇD Tanımlayıcısı 7'ye (COM Decision 2010/477/EU) uygun göstergeler ve OSPAR ülkeleri tarafından Tanımlayıcı 7'nin izlenmesine yönelik yaklaşımlar, hedef ve tavsiyeler.....7
Tablo 2 AB Direktifleri ve Bölgesel Deniz Sözleşmelerinde Hidrografik (fiziksel) özelliklerin Değerlendirilmesi 8
Tablo 3 Hidrografik özellik ve değişimlerin diğer DSÇD - İÇD Tanımlayıcıları ile ilişkisi..... ..9

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1 Marmara Denizi Batimetri Haritası ve Kıyı Suyu Yönetim Birimleri..... 11
Şekil 2 Marmara Denizi Eylül 2008 ve Şubat 2009 yüzeyakıntı paterni 12
Şekil 3 Karadeniz için önerilen açık deniz izleme istasyon hatlarının yaklaşık mevkileri..... 14

RESİM DİZİNİ

Resim 1 Örnek CTD (Conductivity-Temperature-Depth) cihazı 15
Resim 2 CTD sistemine eklenmiş su örnekleyicisi 16
Resim 3 Oksijen, floresans ve pH sensörleri 18
Resim 4 Seki diski 19
Resim 5 ADCP (AcusticDopplerCurrent Profiler) cihazı..... 20

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Ana Bilim Dalı
ADCP	: AcousticDopplerCurrent Profile
AIS	: AutomaticIdentificationSystem
CTD	: Conductivity, Temparature, Depth
BIAS	: BalticSea Information on theAcoustic Sound Scape
DDA	: Deniz Değerlendirme Alanları
DEKOS	: Deniz ve Kıyı Sularının Kalite Durumlarının Belirlenmesi ve Sınıflandırılması Projesi
DSÇD	: Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi
EC	: EuropeanCommission
EO	: Ekolojik Hedef (Ecological Objective)
EPA	: EnvironmentalProtectionAgency
GPS	: Global PositioningSystem
HES:	: Hidro-Elektrik Santrali
IMAP	: Ekdeniz Bütünleşik İzleme ve Değerlendirme Programı-Integrated Monitoring and Assessment Programme
İÇD	: İyi Çevresel Durum
İHO	: International HydrographicOrganization
İTÜ	: İstanbul Teknik Üniversitesi
IOC	: Intergovernmental Oceanographic CommissionMODIS : Moderate Resolution Imagging Spectraradiometer
MSFD	: Marine Strategy Framework Directive
ODV	: Ocean Data View
ORP	: OxidationReductionPotential
OSPAR	: Oslo Paris Antlaşması
PAR	: Photosynthetic Active Radiation-Görünür Dalga Boyundaki Güneş Işığı
PERSEUS	: Policy-Oriented Marine EnvironmentalResearch in theSouthernEuropeanSeas
SEANET	: Subsea Environmental Acoustic Noise Assessment Tool
SSM	: Savunma Sanayi Müsteşarlığı
SYB	: Su Yönetim Birimi
TBS	: Türk Boğazlar Sistemi
TSG	: Technical Subgroup

TANIMLAR

İyi Çevresel Durum	: Deniz ekosistemlerinin yapısal ve fonksiyonel olarak çeşitli, dinamik üretken ve kullanımlarının olduğu durumdur.
Upwelling	: Alt Tabaka Suların Dikey Karışımlar ile Üst Sulara Taşınması

1 GİRİŞ

Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi- İyi Çevresel Durum (İÇD) Tanımlayıcısı D7 ile hidrografik koşulların kalıcı değişimlerinin deniz ekosistemleri üzerinde olumsuz etki yaratmaması hedeflenir.

Bu İÇD bileşeni için izlemeler, kalıcı hidrografik değişimlere neden olacak kıyı ve deniz yapılarının (dolgu, deşarj vd. insan aktiviteleri sonucu) etkilerinin takip edilmesi amacıyla yapılır. Burada bilinmek istenen özellikle habitatlardaki değişimler ve bunun yaygınlığıdır. IMAP'a göre de kalıcı hidrografik değişimlerin (EO7 ve gösterge no:15) neden olduğu habitat değişimlerinin yerlerinin ve bu değişimlerin yaygınlığının tespit edilip izlenmesi gerekmektedir.

Bu bileşenin en iyi şekilde izlenebilmesi için ise oluşturulan fiziksel yapılardan önce o bölge veya alandaki normal hidrografik özelliklerin (akıntılar, tabakalaşma yapısı, tatlı su girdileri, kalış süresi gibi) bilinmesi gerekir.

Hidrografik koşulların değişimini belirleyebilmek amacıyla su kolonunda sıcaklık, tuzluluk, ışık geçirgenliği, akıntı, dalga ve su seviyesi gibi hidrografik ölçümler yapılır. Bu parametreler deniz suyunun karakteristik özelliklerini (kıyı, geçiş ve deniz suyu) göstermesinin yanında su kolonundaki karışım, upwelling ve yenilenme süresi gibi fiziksel süreçlerin ortaya çıkarılmasında önemlidir. İyi çevresel durum göstergesinde hidrografik koşullardaki kalıcı değişimlerin denizel ekosistem üzerinde yaratabileceği etkilerin izlenmesi ve belirlenmesi esastır.

Hidrografik koşulların değişimini izlemede iklim değişikliklerine bağlı doğal kaynaklı etkiler ile büyük ölçekli insan aktivitelerinin yarattığı etkileri ortaya çıkarmak önemlidir. Hidrografik yapıyı etkileyecek insan aktivitelerinden belli başlıları;

- kıyı koruma yapıları ve dolgu alanları,
- kıyıyı çevreleyen otoyolları,
- liman ve mendirekler, iskele vb. su yapıları
- nehirler üzerindeki su biriktirme, aktarım yapılarını (baraj ve HES'ler),
- yapay adaları,
- rüzgar tribünlerini vb. su üstü ve altı enerji yapıları
- endüstriyel faaliyetler sonucu denize verilen sıcak/soğuk su veya derişik tuz ve atık su deşarjları, deniz tabanı boru hatları vb.
- geniş çaplı ve sürekli tarama ve boşaltma faaliyetlerini,
- yoğun balıkçılık ve taşımacılık gibi deniz ve kıyının kullanıldığı alanları içermektedir.

Bu tür aktiviteler akıntı ve dalga rejimini, sediman dinamiğini, bulanıklık, sıcaklık, tuzluluk ve deniz tabanı yapısını değiştirerek hidrografik koşullarda kalıcı değişimler ortaya çıkarabilmektedir. Örneğin, habitatların bölgesel yayılımı ve bu habitatlarda yumurtlama, üreme ve beslenme alanları, balık, kuş ve memelilerin göç değişiklikleri hidrografik koşulların kalıcı etkisini göstermektedir.

Bu kılavuz doküman, öncelikle, Türkiye'yi çevreleyen Denizler için Bütünleşik İzleme Programı gereksinimleri çerçevesinde, arka plan (background) hidrografik (ve oşinografik) koşulları belirlemek üzere günümüze kadar edinilen tecrübeler ışığında kaliteli ve güvenilir veri toplamaya yardımcı olmak için hazırlanmıştır. Açık kaynak bir kılavuz olup kullanıcılar tarafından ihtiyaca göre geliştirilmelidir.

Diğer yandan, insan yapı ve aktivitelerinden kaynaklı kalıcı hidrografik değişimlerin takibi için öncelikle aktivite ve gerçekleştirildikleri alanların bir listesi oluşturulmalı, bu aktivitelerin etki alanları ve süreleri tahmini olarak belirlenerek her duruma özgü bir izleme planı geliştirilmelidir (Zampoukas vd., 2014).

2 AMAÇ

Tablo 1'de Avrupa Komisyonu COM-Decision 2010/477/EU "İyi Çevresel Durum tanımlayıcısı: hidrografik koşullar" resmi belgesindeki izlemeye yönelik yaklaşımlar, hedef ve tavsiyeler verilmiştir. OSPAR ülkeleri hidrografik koşullardan etkilenen anahtar tür ve habitat tiplerine göre değişimin hasarlarını en aza indirgemeyi hedeflemektedir. Aynı şekilde DSÇD'de de konu bu şekilde de alınmaktadır (Zanpoukas vd., 2014). OSPAR'da izleme çalışmalarına paralel olarak, bütün göstergelerin modellenmesi ve modellerin saha çalışmaları ile sınanması tavsiye edilmektedir. Bölgeyi iyi tanımlayan bir hidrografik model yardımıyla habitatın değişimden etkileneceği alanın yayılımı belirlenir. Anahtar türlerin yer aldığı model çalışmaları da izlemede seçilecek parametrelerin zaman ve mekânsal ölçekte izleme sıklıkları hakkında daha doğru bilgi verecektir. Bölgesel deniz anlaşmalarında hidrografik izlemenin yeri olmamasına rağmen Tablo1'de belirtilen kriterler esas alındığında ortamın hidrografik değimini belirlemeden biyolojik parametrelerle su kalitesi parametrelerinin doğru örneklenebilmesi mümkün olamamaktadır. Bu nedenle hidrografik değişim göstergeleri olan, su kolonunda sıcaklık, tuzluluk, akıntı ve ışık gibi temel oşinografik değişkenlerin ölçülmesini gerektirmektedir. Ayrıca yukarıda söz edilen "arka plan" fiziksel özelliklerin düzenli olarak izlenmesi (Tablo 2) etkilenmiş alanların tespiti için gereklidir. Tablo 2'de ise farklı izleme bileşenlerinin AB Direktifleri ve sözleşmelerdeki yeri değerlendirilmiştir. DSÇD'ye göre hidrografik özelliklerin izlenmesi hususu öncelikle DSÇD Ek-3 tablo 1'de "özellikler" başlığı altında tanımlanmış ve bunlar Tablo 2'ye yansıtılmıştır.

SÇD'de ise fiziksel özellikler sıcaklık, ışık, tuzluluk, tatlı su girdileri, dalga etkisi, hakim akıntı yönü ve hız, derinlik değişimi, morfolojik koşullar ve deniz dip yapısı olarak incelemeye tabi tutularak bunlardaki değişiklikler kıyı ve geçiş suları için takip edilir (EC, 2003)

Tablo 1 DSÇD göre İÇD Tanımlayıcısı 7'ye (COM Decision 2010/477/EU) uygun göstergeler ve OSPAR ülkeleri tarafından Tanımlayıcı 7'nin izlenmesine yönelik yaklaşımlar, hedef ve tavsiyeler

Göste rge	Parametre	İzleme yaklaşımı	Hedef		Tavsiyeler/ Düşünceler
7.1.1	Hidrografik özelliklerin (akıntı, dalga, tuzluluk, sıcaklık vd.), sabit fiziki yapılar ile anlamlı bir bölgesel ölçekte değişime uğramış tanımlı alanı (km^2)	Directive 2000/60/EC deniz morfolojisi veri setleri veya var olan ÇED vb. planlama verilerini kullanarak insan aktivitelerinin haritalandırılması, etkilerin takibi için modelleme, model doğrulaması için yerinde ölçümler.	Hidrografik değişimlerin hasarını en aza indirgemek. a. Daha fazla hasarı önlemek; b. Nitelik ya da niceliksel olarak farklı habitat fonksiyonların ın yer aldığı alanların belli oranlar içinde yer almaya devam etmesi. **		Habitata olan etkilerin belirlenmesi nde üç gösterge için modelleme önerilir. Modeli doğrulamak için mutlaka saha verileri kullanılır.
7.2.1	Etkilenen habitatların alanı ve toplam habitat içindeki oranı	Modelleme (etkilenen alanın yayılımının tahmini) Saha verisi			
7.2.2	Değişimlerden etkilenen anahtar türler ve habitat tipleri ile bunların fonksiyonları	Anahtar türlerin yer aldığı model çalışmaları			

Tablo 2 AB Direktifleri ve Bölgesel Deniz Sözleşmelerinde Hidrografik (fiziksel) özellikleri n Değerlendirilmesi

AB- DSÇD (2008) İzleme bileşeni	**DSÇD'de tanımlı özellikler (DSÇD, EK III)**	**AB-SÇD (WFD, EK II)**	**AB - HD**	**RAMSAR Sözleşmesi**	**IMAP UNEP/MAP (2015)**	**BSC - BSIMAP (2016)**
Akıntı, derinlik, tuzluluk, sıcaklık, bulanıklık	Mekansal ve zamansal tuzluluk dağılımı, yıllık ve mevsimlik sıcaklık rejimi, akıntı hızı ve yönü	+	-	+	+	+
Dalga	Maruziyet	+	-			
Karışım özellikleri	+	+	-			
Suyun kalış süresi	Suyun sistemdeki yenilenme süresi	+ (kapalı koy ve körfezler)				
Deniz tabanı yapısı	Topoğrafya, batimetri, substrat	+	-		+	
Upwelling (alt tabaka suların dikey karışımlar ile üst sulara taşınması)	+		-		+	
Asitlenme	pH, CO_2 profilleri, veya asitlenmeyi takip edecek eşdeğer bilgi					

Tablo 3'te hidrografik ve oşinografik özellikler ve bunlardaki kalıcı değişimlerin diğer İÇD tanımlayıcıları ile olan ilişkisi verilmiştir.

Tablo 3 Hidrografik özellik ve değişimlerin diğer DSÇD - İÇD Tanımlayıcıları ile ilişkisi

Ekosistem bileşenleri ve fonksiyonları	**"Baskı" Tanımlayıcıları**	D2. Yabancı türler	D5. Ötrofikasyon	D7. Hidrografik değişimler	D8. Kirleticiler	D9. Deniz ürünlerindeki kirleticiler	D10. Deniz çöpü	D11. Gürültü ve enerji
	"Durum" Tanımlayıcıları							
Denizel prosesler (pH, T(sıcaklık), S(Tuzluluk), su hareketleri, bulanıklık)								
Deniz cazibe alanları (haliçler, deltalar)	D6. Deniz tabanı bütünlüğü							
Deniz tabanı habitat, topluluk ve türleri	D1.Biyoçeşitlilik D3.Ticari balık ve kabuklular D4. Besin ağı D6. Deniz tabanı bütünlüğü							
Ekosistem fonksiyonları (kıyısal savunma, besin maddelerinin döngüleri)								

3 ÖRNEKLEME STRATEJİSİ

Hidrografik şartların değişimi ekosistem üzerinde çift yönlü etkiye neden olmaktadır. Bir yandan ekosistem sürecine etki ederken diğer yandan da ekosistem fonksiyonlarını değiştirebilmektedir. Bu nedenle hidrografik değişimin ekosistem üzerindeki etki seviyesini değerlendirmek oldukça güçtür. Tablo 1 de verilen gösterge 7.2.1 ve 7.2.2'nin bunları göz önünde tutarak denizlerimiz için belirlenmesi önemlidir. Hidrografik durumun kalıcı olarak değişiminde büyük ölçekli insan faaliyetlerinin yanı sıra iklim değişikliği ya da bölgenin doğal iklimsel değişikliği de etken olabilmektedir. Bu etkileri belirleyebilmek için hidrografik özelliklerin (gösterge 7.1.1) uygun zaman ve mekan ölçeklerinde izlenmesi önerilmektedir (Zampoukas vd. 2014). OSPAR "kalıcı" terimini on yıldan uzun süren bir değişiklik ya da bir parametrenin %5'inden fazla değişikliğe uğraması olarak kabul edilmesi konusunda öneriler vermiştir. Ancak bu konuda henüz tam bir fikir birliği oluşmamıştır. Kıyı suları daha fazla insan faaliyetleri etkisinde olmasından dolayı bağlı olduğu deniz ile birlikte değerlendirilmeli ve kalıcı değişimin belirlenmesinde hem uzun süreli veriler hem de kısa süreli değişimler göz önünde tutulmalıdır. Örneğin nehirlerin hidrolojik rejimi iklim değişikliğine bağlı olarak değişebileceği gibi yapılan bir baraj veya HES ile de debilerinde düşüşe neden olabilmektedir. Bu durumda hidrografik değişim etki alanı da göz önünde alınarak aylık, mevsimlik ve yıllık salınımlarla birlikte belirlenmeli ve değişimin kalıcı olup olmadığı konusu araştırılmalıdır.

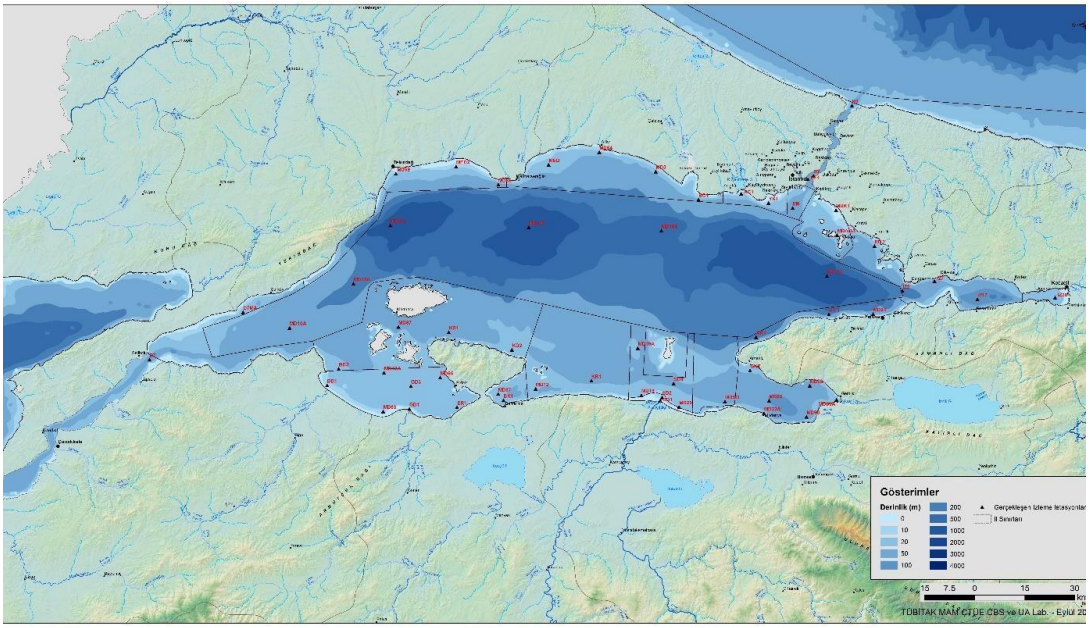
Tablo 1'deki öneriler baz alınarak Türkiye denizlerini izlemeye yönelik kriterler aşağıda verilmiştir.

- İzlenen bölgelerde denize etkisi olabilecek kara ve deniz yapılarının güncel olarak belirlenmesi ve denize etkisinin incelenmesi önemlidir. Bunun için güncel haritalar, seyir haritaları ve uydu görüntüleri yardımıyla HES, liman, otoyol, dolgu alanı vb. kıyı yapılarının ve kum alımı, boşaltımı, tarama, boru hattı vb. faaliyetlerin belirlenerek örnekleme istasyonlarının bu yapıların denize olası etkilerini saptayabilecek şekilde revize edilmesi gereklidir. Bu yapıların habitatı etkileme riskini belirlemek için gerekirse batimetri ölçümlerinin de güncellenmesi önerilmektedir. Batimetri ölçümleri İHO (International Hydrographic Organization) standartlarına uygun ölçüm ekipmanları ve uzmanları ile yüksek çözünürlükte yapılmalıdır.
- Su kütlelerinin özelliklerini belirleyerek bölgedeki akıntı, karışım, upwelling, yenilenme süresi vb. gibi fiziksel süreçleri ortaya çıkarmak önemlidir. Bölgede etkili olan su kütlesi hareketlerinin zaman ve mekânsal ölçeklerinin belirlenmesi esastır. Bunun için izleme istasyonlarının dışında fiziksel süreçleri takip etmeye yönelik kapsamlı deniz araştırmalarının yapılması önerilmektedir. İzleme sıklığı, istasyon ağı ve derinlikler süreçlerin zaman ve mekan ölçekleri göz önüne alınarak belirlenmelidir. İzleme çalışmalarından önce uydu görüntüleri ve model çıktıları incelenmeli ve buna göre istasyon ağında gereken düzeltmeler yapılmalıdır.
- Nehir girdilerini belirlemek için ölçüm istasyonlarının, nehir ağzından açığa doğru uzanan bir hat boyunca ve bu hattın her iki yanında, nehir suyunun özelliklerini saptayabilecek yeteri sıklıkta olacak biçimde planlanması önerilmektedir. Bu yöntem için sefer öncesi uydu (MODİS vd.) görüntülerinin kullanılması önerilmektedir.
- Hassas alanlarda su kütlelerinin kalıcı değişimini izlemek ve buna göre önlem alabilmek önemlidir. Bu amaçla yeterli sayıda ve gerekli sensörlere sahip sabit istasyonlar (şamandıra sistemleri) kurarak hidrografik değişimlerin daha sık izlenmesi (saatlik veya daha sık) ve verilerin gerçek zamanlı olarak bulgu merkezlerine aktarılması önerilmektedir. Bu yapı daha hassas ve doğru modelleme yapılmasına ve uydu verilerinin kalibrasyonuna olanak tanıyacaktır.
- Gönüllü Gözlem Sistem kapsamında sabit hatlarda özel ya da kamu sektörünün gemilerine yerleştirilecek cihazlar kullanarak sürekli veri toplama olanakları sağlanabilir. Aynı şekilde kıyı alanlarında sabit kafes, platform vb özel su üstü yapılara da gönüllü, sözleşmeli gözlem sistemleri takılarak veri sağlanabilir. Ancak, söz konusu verilerin kalite kontrolünün sağlanmasında gereken hassasiyet sağlanmalıdır. Bunun için IOC ve EC tarafından hazırlanmış olan "Manual of Quality Control Procedures For Validation Of Oceanographic Data" kılavuzu önerilmektedir. Bu veriler sadece fiziksel parametreler değil kimyasal ve biyolojik parametreleri de içerebilir (sürekli floresans, fitoplankton vb ölçümü gibi).

Türkiye denizleri için izleme istasyon ağı ve örnekleme sıklıkları izlemeye yönelik hedefler doğrultusunda önceki dönemlerde yapılan izleme çalışmaları göz önünde tutularak belirlenmiştir.

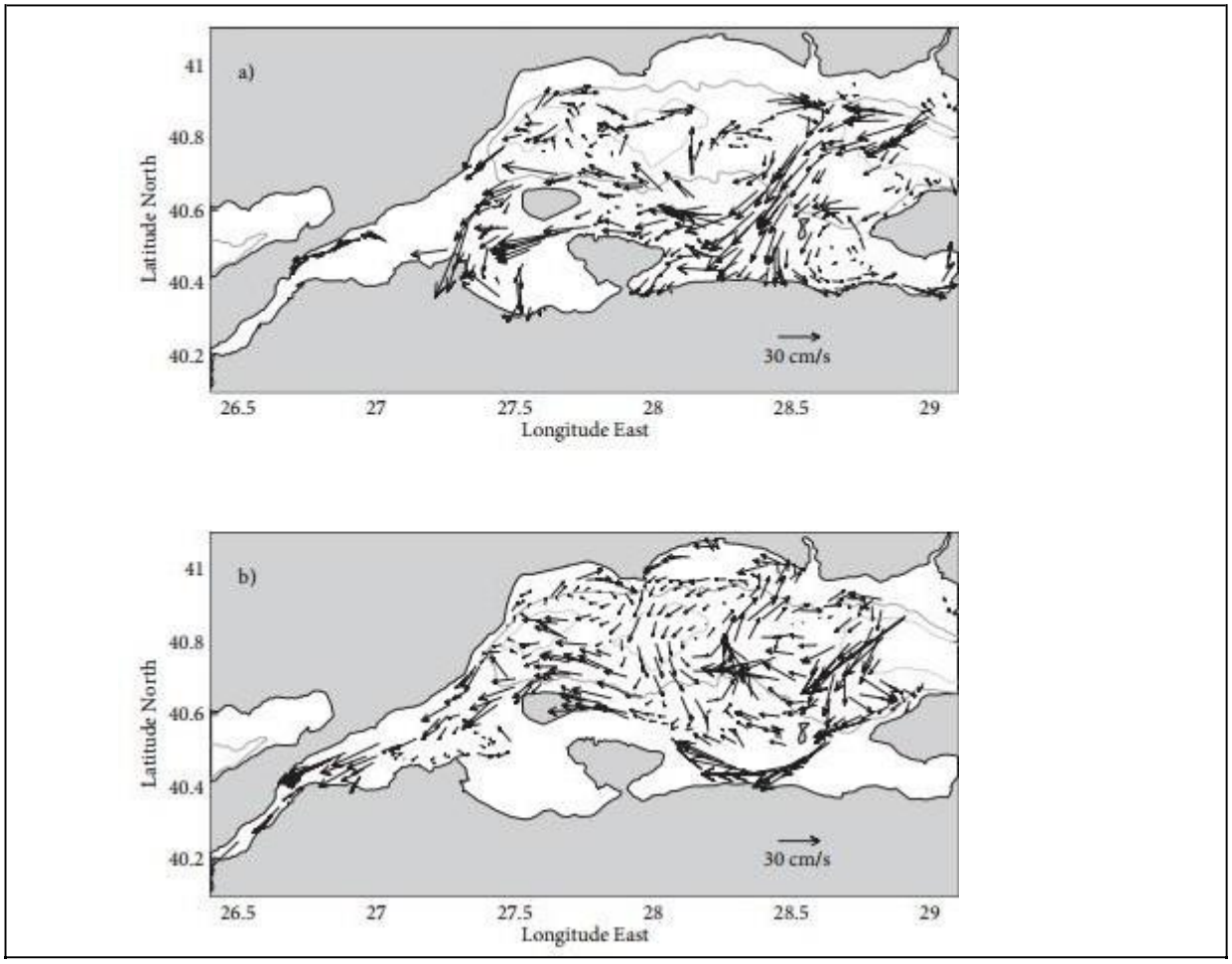
3.1 Marmara Denizi

Her su yönetim biriminde (SYB) ve derin deniz alanlarında (DDA) en az bir adet olmak üzere istasyon ağı oluşturulmuştur (Şekil 1). İstanbul Boğazı üst akıntı kontrolü ve üst tabakaya olan yanal girdileri belirleyebilmek için, İstinye-Çubuklu arası en derin noktaya bir istasyon önerilmektedir.



Şekil 1 Marmara Denizi Batimetri Haritası ve Kıyı Suyu Yönetim Birimleri

Boğaz'dan Marmara Denizi'ne çıkan suyun niteliğini belirlemek amacıyla boğazdan çıkan jeti takip edecek şekilde sık aralıklarla istasyonlar izleme kapsamına alınması önemlidir. Marmara Denizi üst tabaka dolaşımını (Şekil 2) takip edebilmek amacıyla güney kıta sahanlığı ve kuzeydeki derin basen arasındaki 500m derinlik çizgisi buyunca fiziksel parametrelerin ölçülmesi bu akıntıların etkisini görmek açısından önem arz etmektedir. Marmara Denizi dip sularının değişimi ve yenilenme süresini belirlemek amacıyla ve uzun yıllardır farklı kurumlar tarafından da izlenen doğu çukurunun da izlemeye dahil edilmesi Marmara Denizi'ndeki kalıcı etki olup olmadığının belirlenmesinde önemli bir göstergedir. Adalar çevresindeki akıntı ve karışım-taşınımı belirlemek için M8 ile İZ2 arasına 100m derinlik çizgisine paralel istasyonlar ve bu istasyonlardan kıyıya dik hatlar üzerinde oluşturulacak istasyon ağı olması bu bölgedeki değişimi belirlemek açısından önemlidir. Bu istasyonlardaki suyun yenilenme süresi ve kirlilik etkisi dikkate alındığında bu bölgenin daha sık izlenmesi (2 ayda bir) ayrıca önerilmektedir. İzmit Körfezi'ndeki su hareketleri dikkate alınarak kuzey ve güney kıyıları ile iç körfezde daha sık aralıklarla istasyonlar önerilmektedir. Aynı şekilde Gemlik Körfezi su giriş çıkışını kontrol etmek amacıyla körfez girişi de izleme kapsamında olması uygundur. Çanakkale Boğazı'ndan giren çıkan suyu takip edebilmek açısından da boğaz içerisinde Nara Burnu'nun her iki tarafı ile Marmara Denizi'ne açılan kısımda istasyonlar olması izleme açısından önem arz etmektedir.



Şekil 2 Marmara Denizi Eylül 2008 ve Şubat 2009 yüzey akıntı paterni (Gerin vd., 2013)

3.2 Akdeniz ve Ege Denizi

Akdeniz'de 28.5º Doğu boylamı boyunca ve doğu baseninde 5 adet istasyonu kapsayacak şekilde iki hat boyunca ölçümler yapılması her iki bölgedeki kıyı-açık deniz taşınımını görmek açısından önemlidir. Ege Denizinde Saroz Körfezi'nin açığındaki derin çukurda, Midilli'nin batısındaki en derin yerde ve Marmaris Körfezi'nin açığındaki en derin yerde en az birer istasyon konulması açık deniz kıyı etkileşimi açısından önemlidir.

Ayrıca farklı ölçekler ve sıklıklarda yapılacak örneklemelere ihtiyaç duyulacak olup bu çalışmaların amacına göre tasarlanacaktır. Bu konuda Ş Beşiktepe, E. Sayın ve T. Oğuz'un DİSSP Ege-Akdeniz Çalıştayı'nda (Aralık 2015) sağlamış oldukları bilgilere istinaden aşağıda belirtilen hususlar dikkate alınır.

- Doğu Akdeniz ölçeğinde bölgesel olarak yapılacak çalışmaları oşinografik anlamda su kütlelerinin oluşumları ve hareketliliklerinin takibi için gerekli olup bu çalışmaların her 3-4 yılda bir tekrarlanarak 1 yıl boyunca mevsimsel olarak organize edilmesine ihtiyaç vardır. Bu genel resim ve değerlendirmeler daha

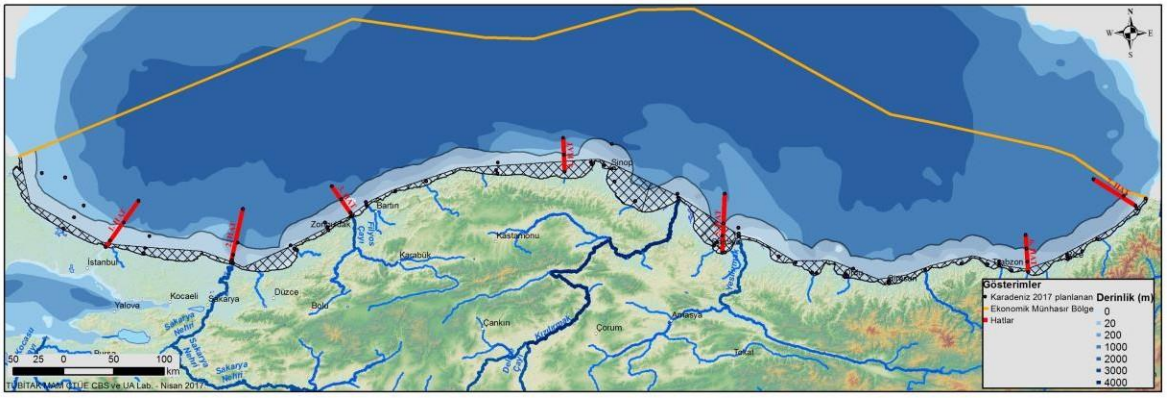
küçük ölçeklerde kirletici ve çöplerin hareket ve taşınımını etkileyen su kütleleri ve akıntıların takibini bilimsel olarak daha anlamlı kılar.

- Körfezleri (Antalya, Mersin gibi) izlemek için her yıl çalışma yürütmek ve diğer bileşenlerin izlendiği dönemler ile sınırlı kalmak ve tercihen mevsimsel çalışma planlamak anlamlıdır.
- Daha küçük ölçekli (10x10 km, 25-30 km çap) alanlar içinse (nehir ağızları, en riskli sıcak noktaların bulunduğu körfez içleri vd.) daha sık izleme (haftada 1 gibi) önerilir. Uydu görüntüleri veya meteorolojik veriler ile bu alandaki istasyon ağının günlük olarak yapılandırılması da gereklidir.
- Şu anda izleme sisteminde bulunan ve çoğunluk kıı sularında CTD ile yapılan noktasal hidrografik çalışmaların sistem dinamiklerini anlamak açısından yeterli değildir. Farklı yöntem ve sıklıkların oluşturduğu bir sistem ile veri toplanması esastır. Bu sebeple yularıda beliritilen 3 farklı ölçeğin birbirleri ile entegre edilerek elde edilen tüm verinin birlikte değerlendirilmesi en sağlıklı yöntem olacaktır.
- Bu yaklışımı desteklemek için farklı teknikler ile hidrografik verinin toplanması mümkündür. Örneğin Doğu- Akdeniz için 3-4 ”glider” ile düzenli veri toplamak anlamlı olacaktır. Yanı sıra gene Akdeniz için 4-5 şamandıra sisteminin düzenli, sürekli ve tek bir alanda farklı derinlikler için veri aktarması mümkündür. Bu da sık izleme gerektiren bölgeler için destekleyici nitelikte olacaktır.
- Bu şekilde tasarlanacak izleme/gözlem sisteminin altimetre ve uydu verileri ile de desteklenmelidir.
- Ege Denizi’nin de benzer bir gözlem sistemi ile hidrografik olarak izlenmesi esastır.
- Ancak gene de Ege Denizi’nin oldukça değişken hidrografik yapısı gereği CTD ile yapılan ölçümlerin alansal kapsamının artırılması önemlidir. Ege Denizi için Rosbi skalasına göre alansal değişimler 2-12 km aralığında olduğundan istasyon ağının buna göre belirlenmesi uygundur.
- Ege Denizi kıyılarımız pek çok körfez barındırmaktadır ve buraların akıntı sistemleri ve daha açık sular ile etkileşimleri karmaşıktır. Bu nedenle azami düzeyde akıntı ölçümünün izleme istemine dahil edilmesi gerekir. Önerilen, bir körfez için 3 noktada ve en az 2 derinlikte akıntı ölçümü yapmaktır. Örnekleme noktalarının akıntı yönünde yerleştirilmesi uygun olur.
- Sabit şamandıra sistemine ihtiyaç duyulan kritik körfezlerden bir tanesi Edremit Körfezi’dir. İzmir Körfezi’nde Foça’dan itibaren 5 şamandıra sistemi düzenli ölçümler almaktadır. Bu örnek bir çalışma olarak diğer körfezlere de yaygınlaştırılabilir

3.3 Karadeniz

Karadeniz ana akıntı sistemi ile kıyı arasındaki etkileşimi belirlemek amacıyla her SYB'lerinde var olan istasyonlara ek olarak aşağıda belirtilen açık deniz hatlarında (Şekil 3) izlemelerin yapılması önerilmektedir.

1. İstanbul Boğazı Karadeniz çıkışında (K0 istasyonu) kıyıya dik 200m derinlik çizgisine kadar uzaklığa kadar en az 2 istasyon.
2. Sakarya kanyonuna SAD istasyonunun açığına en az bir istasyon
3. Filyos Irmağının 20 mil açığına kadar en az 3 istasyonlu hat
4. SYB5 istasyonunun 20 mil açığına kadar en az 3 istasyonlu hat
5. KYD istasyonunun 20 mil açığına kadar en az 3 istasyonlu hat
6. AYD istasyonunun 20 mil açığına kadar en az 3 istasyonlu hat
7. Batum döngüsünün durumunu belirlemek için TRK63Y istasyonunun 50 mil açığına kadar en az 3 istasyonlu hat önerilmektedir.



Şekil 3 Karadeniz için önerilen açık deniz izleme istasyon hatlarının yaklaşık mevkileri

4 ÖRNEKLEME KÜTÜĞÜNÜN HAZIRLANMASI

Hidrografik koşulları belirlemek için yapılan ölçümler esnasında, her istasyonda örneklemelerin bütün bilgilerini içeren bir kütük (tablo) oluşturulmalıdır. Ölçüm zamanı ve navigasyon bilgilerinin yanı sıra meteorolojik bilgiler köprü üstü (araştırma gemisinin kumanda merkezi) tarafından Ek 1 de verilen tabloya doldurulmalıdır. Örnekleme kütüğü kullanılan cihaz sayısına göre değişir. CTD örneklemesinde Ek 2 de verilen tablo, ADCP verileri için Ek 3 de verilen tablo doldurulmalıdır.

5 ÖRNEKLEME CİHAZLARI (CTD ve Su Örnekleyicisi)

Deniz suyunun fiziksel parametrelerini ölçme, hidrografik ölçümlerin ve deniz dinamiklerini belirlemenin merkezini teşkil eder. Su kolonunda basınca (veya derinliğe) karşılık sıcaklık (T)

ve tuzluluk (S) ölçülmesi gereken birincil parametreler olup su kütlelerini tanımlamada, karışım süreçlerinde ve her türlü hidrodinamik modelleme ve hesaplamada gereklidir. Yoğunluk ise sıcaklık, tuzluluk ve basınç değerleri kullanarak hesaplanabilir.

Tuzluluk, sıcaklık, basınç ölçümleri CTD (Conductivity-Temperature-Depth) cihazı kullanılarak ile yapılır (Resim 1). Bu tür cihazlar genellikle saniyede birkaç ölçümü içermektedir. Sensörlerin kullanımı ve bakımlarının üretici firmanın kullanım kılavuzuna göre yapılması, kalibrasyonlarının uygun laboratuvarlarca yapılmış olması ve belgelenmesi gerekmektedir. CTD ölçümleri için uyulması gereken bazı protokoller vardır (WOCE, 1991; UNESCO, 1988).

Resim 1 Örnek CTD (Conductivity-Temperature-Depth) cihazı

Çoğu CTD cihazına pH metre, ORP, PAR, Florometre, Turbitite, Çözünmüş Oksijen, Altimetre vs. gibi algılayıcı ilave edilebilmektedir.

Her ölçüm istasyonunda, sıcaklık, tuzluluk ölçümleri sonucunda belirlenecek su kütlelerinin özelliklerine göre hangi derinliklerden kimyasal ve biyolojik örnekleme yapılacağına karar verilmelidir. Bunun için CTD profillerinden elde edilen, tuzluluk, sıcaklık, yoğunluk, ışık, floresans vd. ölçüm değerleri ve düşey değişimler incelenir ve tipik özellikler belirlenerek su örneklemeleri yapılır. Bu özellikler izlenecek bileşenlere göre değişiklik gösterir ve özellikle su kolonu habitatlarının incelenmesi için önem taşır (Bkz. Ötrofikasyon ve Plankton izleme kılavuzları).

CTD sistemine eklenmiş su örnekleyicisi (Resim 2) ile mümkünse aynı zamanda diğer örneklemelerin de yapılması gerekir. Su örnekleyici, farklı ebatlarda ve adetteki şişelerin istenilen derinliklerde kapatılmasını sağlayan elektronik devreleri de barındıran bir gövdeden oluşmaktadır.

CTD genellikle su örnekleyici sisteminin altına yatay veya dikey şekilde monte edilir, böylece sistem aşağıya indirilirken türbülans etkisi en aza indirilir. Sistemi darbelere karşı korumak için koruyucu amaçlı bir çerçeve/kafes içine almak gerekmektedir. Ancak çerçeve algılayıcılara su giriş çıkışını engellememeli ve türbülansa yol açmayacak şekilde olmalıdır.

Cihazın tabana çarpmamasına fakat tabana yakın örnekleme yapılmasına dikkat edilmelidir. Genel olarak dip derinliğinin 3 metre yukarısı dip suyu örneklemesi açısından yeterlidir. Örneklemeye başlamadan önce ve örnekleme esnasında aşağıdaki hususlara uyulması önemlidir.

Resim 2 CTD sistemine eklenmiş su örnekleyicisi

- Deniz yüzeyinde yağ vs. gibi kirlilik varsa cihaz suya indirilmemelidir. Bu malzemeler algılayıcıların yüzeyini kaplayarak yanlış ölçümlere yol açmaktadır.
- CTD suya indirildiğinde tüm algılayıcıların suyun içinde olduğundan emin olunarak sistem içinde hava kabarcığı kalmadığından ve verilerin doğru ölçüldüğünden emin olduktan sonra veriler kaydedilmeye başlanmalıdır. Sistemde pompa mevcutsa devreye girdiğinden emin olunmalıdır.
- Yüzey verilerini kaybetmeme adına yüzeye mümkün olan en yakın seviyede ölçüm yapılmalıdır
- CTD, özel bir sebep olmadıkça, aşağı inerken kayıt almalıdır veya aşağı inerken kaydedilen veriler değerlendirilmelidir.
- CTD indirme hızı mümkünse sabit bir hızda olmalıdır. Önerilen hız aralığı 40 cm s–1 - 120 cm s–1 arasıdır. Ancak, Marmara Denizi ve Karadeniz gibi yoğunluk değişimlerinin fazla olduğu üst tabaka sularında indirme hızının daha yavaş olmasına dikkat edilmelidir.
- Ölçülen değişkenler kimyasal ve biyolojik örnekleme derinliklerine karar verilmeden önce veri kalitesi kontrol edilmeli gerekirse ölçüm tekrarlanmalıdır.
- CTD profili elde edildikten sonra su alma derinlikleri veya kriterleri ve ihtiyaç olunan su miktarları belirlenmelidir.
- Su alma derinliği basınç (derinlik) algılayıcısı ve örnekleme şişelerinin orta noktaları arasındaki mesafe göz önünde bulundurulmalıdır.

- CTD verisi kaydedilirken kesinlikle su numunesi alınmamalıdır.
- CTD verisinin doğru isimle, bilgisayara kaydedildiğinden emin olunmadan ve bir kopyasını almadan istasyon yeri terk edilmemelidir.
- Örnekleme kütüğü her istasyonda eksiksiz ve okunaklı doldurulmalıdır.
- CTD ve su örnekleme sitemi güverteye çıkarıldıktan sonra gözle muayene edilmeli bir aksaklık, kapanmamış şişe vs. varsa gereği yapılmalıdır.
- Niskin şişelerinden ilk önce oksijen örneklemeleri daha sonra diğer parametreler için su numuneleri alınmalıdır. Örneklenen su miktarları yeterli olmadığı durumlarda sistem hazır hale getirilip tekrar numune alınmalıdır. Bu süreç içinde gemi istasyon mevkisinden uzaklaşmış ise köprü üstüyle iletişime geçilerek tekrar doğru mevkie gelinmesi sağlanmalıdır.
- CTD ve örnekleme şişeleri özellikle kum veya çamurlu zemine çarpması durumunda, cihaz sudan çıkarılarak gemiye alınmasından sonra sensörler önce düşük derişimli deterjanlı suyla daha sonra bol miktarda tatlı su ile yıkanmalıdır.
- CTD verisi gürültülü geliyor veya kesinti ve kayıplar varsa kablo yaralanmış veya kömür-halka (slip-ring) ünitesi tozlanmış olabilir. Kömür-halka haznesi açılmalı, kontrol edilmeli mümkünse kontak sprey veya kuru hava ile temizlenmelidir. Kablo birleşim yerleri kontrol edilmelidir. Çoğu zaman hasarın kablo sonlandırma kısmında olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.
- Niskin şişeleri boşken kapalı şekilde kesinlikle suya indirilmemelidir. Aksi takdirde belli derinlikte basınç altında Niskin şişeleri parçalanabilir.
- Gün sonunda ya da güvertede uzun süre bekletilmesi gereken CTD ve Niskin şişeleri tatlı suyla yıkanmalı ve kurumuş şişeler kapalı bırakılmalıdır. Bu, kapakları tutan lastiklerin ömrünü uzatacaktır.
- CTD ve su örnekleme sistemlerinin denize indirileceği vinç siteminin bağlantıları ve çelik halat her sefer öncesi kontrol edilmeli ve hasarlı bir kısım tespit edilirse kesilerek tekrar sonlandırma bağlantıları yapılmalıdır.
- CTD ölçüm ve sonrası işlemlerde öncelikle firmanın tavsiye ettiği yazılımlar kullanılmalıdır. Fakat daha sonraki aşamalarda tercihe göre çeşitli veri işleme ve analiz yazılımları kullanılabilir.

5.1 Sıcaklık ve Tuzluluk Ölçümü

Sıcaklık algılayıcısının kalibrasyonu ITS-90 standartlarına uygun olarak yapılmış olması gerekmektedir. Çözünürlüğü 0.003 °C olmalıdır. Tuzluluk deniz suyunun iletkenliğini ölçerek hesaplanan bir parametredir. Pompalı CTD sistemlerinde uzunluğu belli bir boru içerisindeki deniz suyunun iletkenliği ölçülerek belirlenir. Pompa, belli hızda aşağı doğru inen cihazın bu boru içerisinden düzgün su akışını sağlamak ve böylece derinliğe karşı daha hassas ölçüm yapmaya yaramaktadır. Ancak pompa ve iletkenlik algılayıcısının borusu içerisinde yabancı hiçbir maddenin bulunmaması ölçümün doğruluğu için oldukça önemlidir. Bu nedenle yukarıda belirtilen CTD kullanım önerilerine uyulması önemlidir. Sıcaklık ve tuzluluğun derinliğe göre değişiminden ortamdaki farklı su kütleleri/tabakalar belirlenmelidir.

5.2 Çözünmüş Oksijen, Floresans, ORP, pH ve diğer parametre ölçümleri

Bu algılayıcıların mutlaka kullanım kılavuzlarındaki talimatlara uygun olarak çalıştırılması gerekmektedir. Pompalı CTD sisteminde oksijen ölçümünün hassasiyeti için boruların içerisinde hava kabarcıklarının tamamen çıktığından emin olunmalıdır. Uygun zaman aralıklarında (genellikle yılda bir kez) kalibrasyonunun yapılması gereklidir. CTD sistemine eklenmiş olan değiştirilebilir sensörlerle ölçülen bu parametrelerinin sıcaklık ve tuzluluk değerleri gibi doğru ve gerekli güvenirlik ve çözünürük değerlerine uygun ölçüldüğünden emin olunarak gerçek zamanlı veri alımı sağlanmalıdır. Bu cihazların (Resim 3) kullanım kılavuzlarında belirtilmiş ön işlemler ve dikkat edilecek hususlar göz önüne alınmalıdır.

Resim 3 Oksijen, floresans ve pH sensörleri

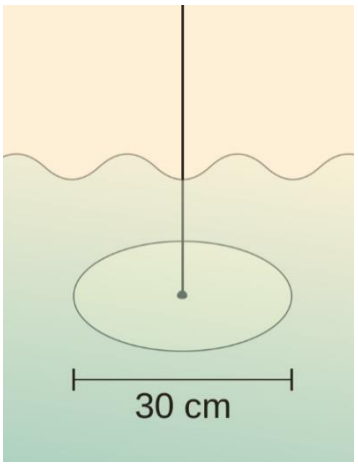
5.3 Işık Geçirgenliği (Seki diski, turbidity, PAR ve diğerleri)

Deniz suyunda ışık geçirgenliğinin tespiti için değişik yöntemler kullanılabilir. Ancak bilinen en eski ve en yaygın ölçüm seki disk derinliğidir. Seki disk derinliği 30 cm çaplı beyaz renkli bir disk ile yapılmalıdır (Resim 4). Seki disk elle ya da bir vinç yardımıyla su kolonunda yüzeyden

dibe doğru yavaşça indirilirken güvertedeki gözlemci seki diski dik bir açıdan gözlemleyerek diskin görünmediği noktada bir iki kez bir miktar aşağı yukarı indirip çıkararak kesin görünmediği derinliği tespit eder. Bu ölçüm genellikle açık havada ve sabah 10 ile öğleden sonra 16 arası yapılmalı ve değerlendirme yapılırken Ek 1'de verilen hava durumu hakkındaki bilgiler göz önünde tutulmalıdır.

CTD sistemine eklenecek farklı sensörler ile ışık geçirgenliğini ya da ışıklı tabaka kalınlığını ölçmek mümkündür. Turbiditimetre ve PAR (Photosynthetic Aperture Radiation, görünür dalga boyundaki güneş ışığı) gibi sensörler de su kolonundaki ışık geçirgenliği ya da ışıklı tabaka kalınlığı hakkında bilgi vermektedir.

Floresans genel olarak belli dalga boyundaki (klorofil pigmentinin yansıttığı dalga boyu) ışık miktarını dolayısıyla fotosentez yapabilen canlıların su kolonundaki dağılımı hakkında bilgi vermektedir. Bu nedenle floresans profilinde maksimum değerdeki derinlik klorofil ve fitoplankton örneklemesi için belirlenmelidir.



Resim 4 Seki diski

5.3.1 Akıntı Ölçümü

Her istasyonda yapılacak akıntı ölçümleri ölçüm esnasındaki ve noktasındaki anlık değerleri vermektedir. Kullanılan cihazın özellikleri göz önünde tutularak yeterli süre ve derinlik aralığında kayıt alınmalıdır. Akıntı ölçümü gemiye monteli ADCP (Acustic Doppler Current Profiler) cihazı (Resim 5) ile yapılırsa su kolonu boyunca her derinlikten değerler alınarak profil elde edilebilir. ADCP cihazının özelliklerine göre sığ bölgelerde dip izleme yöntemi kullanılarak ya da GPS verisi ile konuma göre akıntı yönleri tespit edilebilir. Bu iki yöntemle daha yüksek kalitede veri elde edilebilmektedir. Cihazın pusula bilgisinin doğru olduğundan emin olmak gereklidir. Aksi takdirde geminin Gyro pusulasından bir bağlantı ile bu kayıtlar cihazın programına eş zamanlı olarak aktarılmalıdır. Akıntı kaydı için de ayrı bir sefer kütüğü hazırlanmalıdır. Su kütlelerinin daha uzun ölçekli hareketlerini belirlemek kıyı/açık deniz etkileşimlerini ortaya çıkarmak için daha kapsamlı akıntı ve CTD ölçümleri yapmak gerekmektedir. Bu da ancak mekansal ölçekte sık akıntı hatları ve zaman ölçeğinde ise sabit şamandıralı sistemlerinin kullanılması gibi daha kapsamlı çalışmalar ile mümkün olabilir.

Resim 5 ADCP (AcusticDopplerCurrent Profiler) cihazı

6 VERİ KALİTESİ

CTD ölçümünü yapan kişinin ölçümün doğruluğunu tespit edebilecek, gerekirse CTD ölçümünü yenileyebilecek düzeyde belli bir uzmanlığı ve bilgisi olmalıdır. Veri kalitesini sağlamak, ölçüm yapmadan önce ya da esnasında ve sonrasında yapılması gereken süreçleri içermektedir. Bunun için EC ve IOC tarafından oşinografik verilerin kalite kontrolü ve doğruluğunu test etmeye yönelik hazırlanmış olan "Manual of Quality Control Procedures for Validation of Oceanographic Data" kılavuzundaki (IOC, EC Manuel andGuides 26) yönergelere uyulması tavsiye edilmektedir. Ayrıca Bölüm 5 altında kullanım sırasında oluşacak hatalar ile bunlardan korunma yolları detaylı olarak anlatılmıştır. Bölüm 3'te denizlerimize göre örnekleme stratejileri belirtilmiştir

7 RAPORLAMA VE DEĞERLENDİRME

Veriler, konum ve tarih bilgisiyle birlikte dijital ortamda yedeklenerek bir veri deposunda tutulmalıdır. Bunun için tavsiye edilen ve ücretsiz olarak temin edilebilen ODV (Ocean Data View) programı kullanılabilir. Bu program verilerin belli bir standartta depolanmasına, pek çok oşinografik hesaplamaların yapılmasına ve çeşitli grafiklerin hazırlanmasına yardımcı olmaktadır. Verilerin analiz ve sonuçların gösteriminde ihtiyaca göre farklı işleme ve analiz programları kullanılabilir.

Hidrografik değişkenler tüm istasyonlardaki profiller çizilerek değerlendirilmelidir. Profillerin birbirleriyle karşılaştırılmalarına olanak sağlayacak şekilde aynı ölçekte hazırlanmalı ve derin deniz bölgeleri için daha detaylı çizimler yapılmalıdır. Her bir parametre için farklı su kütlelerine ait dağılım haritaları hazırlanmalıdır.

KAYNAKLAR

ÇŞB-ÇYGM, 2014. Deniz ve Kıyı sularının kalitesinin belirlenmesi ve sınıflandırılması projesi final raporu (DeKoS). ÇTÜE 5118703, Rapor no ÇTÜE.13.155 Şubat 2014, Gebze-Kocaeli.

EC (2003c). Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). **Guidance Document No 5.** Transitional and Coastal Waters – Typology, Reference Conditions and Classification Systems Produced by Working Group 2.4 – (COAST). Luxembourg, Office for Official publications of the European Communities. *http://circa.europa.eu/Public/irc/env/wfd/library*

Gerin R.,Poulain P.-M., Besiktepe S. T. andZanasca P. (2013). Surfacecirculation of the Marmara Sea as deducedfromdrifters. TurkishJournal of Earth Sciences, 22(6), 919-930

IOC, EC Manual and Guides 26, 1993, Manual Of Quality Control ProceduresForValidation Of Oceanographic Data.

WOCE HydrographicProgramme Office 1991 WOCE Operations Manual, Section 3.1.2: Requirementsfor WHP datareporting (Rev. 1), WHPO 90-1. 71pp

WOCE HydrographicProgramme Office 1991 WOCE Operations Manual, Section 3.1.3: WHP operationsandmethods. WHPO 91-1. 80pp.

UNESCO Technical Papers in Marine Science 54, 1988, Theacquisition, calibrationandanalysis of CTDdata.

Zampoukas, N., vd. 2014. Technical guidance on monitoring for the Marine Strategy Framework Directive, JRC Scientific and Policy Reports, Report EUR 26499 EN.

EKLER

EK 1 KÖPRÜÜSTÜ KÜTÜĞÜ

Gemi Adı: SEFER NO:

Sıra No	TARİH	SAAT (Başlama/Bitiş)	MEVKİİ	İSTASYON	DERİNLİK	RÜZGAR		DENİZ	GÖK	BASINÇ	H. SIC.	NEM
						YÖN	KUV.					

EK 2 SEFER NOTLARI (CTD)

Gemi adı: Sefer No: Sayfa No:1

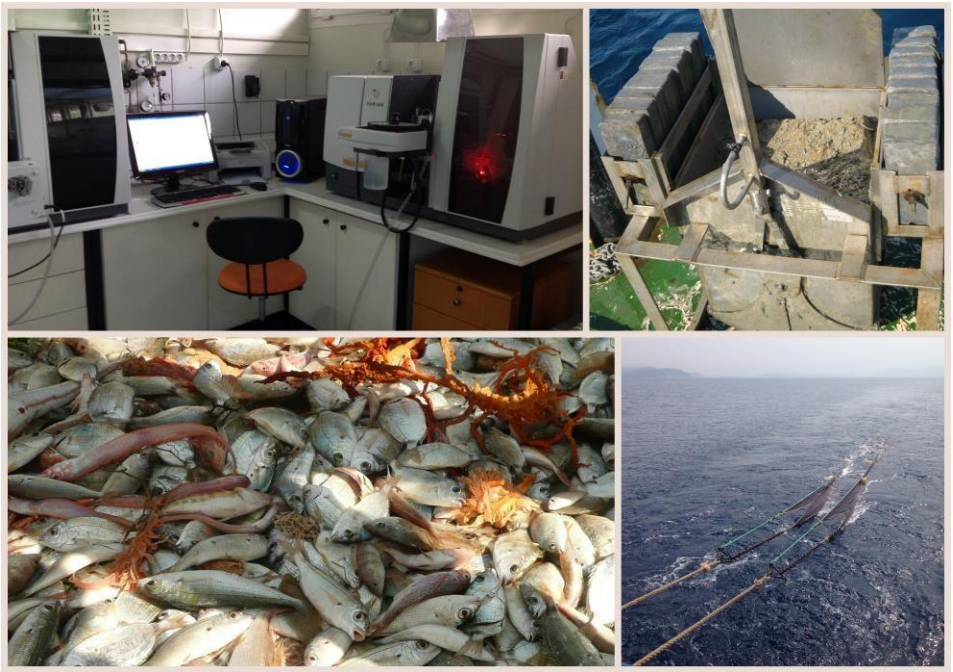
Dosya Adı	İstasyon Adı	T. derinlik	Saat	Tarih	Not

EK 3 SEFER NOTLARI (ADCP)

Gemi adı: Sefer No: Sayfa No:1

Dosya Adı	İstasyon Adı	T. derinlik	Saat	Tarih	Not

Bölüm 7
İnorganik Kirleticiler İzleme Kılavuzu



Hazırlayanlar:

Kılavuz Lideri

Prof. Dr. Filiz KÜÇÜKSEZGİN	Dokuz Eylül Üniversitesi

Kılavuz Ekibi

Prof. Dr. Muhammet DUMAN	Dokuz Eylül Üniversitesi
Prof. Dr. Nuray ÇAĞLAR	İstanbul Üniversitesi
Prof. Dr. Erol SARI	İstanbul Üniversitesi
Doç. Dr. Nigar ALKAN	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Hasan KAYA	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Doç. Dr. Selma KATALAY	Celal Bayar Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Abdullah AKSU	İstanbul Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Ali ALKAN	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Öğr. Gör. Dr. Tolga GÖNÜL	Dokuz Eylül Üniversitesi
Dr. Leyla TOLUN	TÜBİTAK MAM
Ertuğrul ASLAN	TÜBİTAK MAM
Halim TAŞKIN	TAEK Çekmece Nükleer Araştırma Merkezi
Ebru OLGUN EKER	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

İÇİNDEKİLER

TABLO DİZİNİ 3
ŞEKİL DİZİNİ 3
KISALTMALAR 4
TANIMLAR 5
1 GİRİŞ 8
2 AMAÇ 11
3 ÖRNEKLEME STRATEJİSİ (İzleme alan ve sıklıkları; sediman, biyota) 14
3.1 Sediman 14
3.1.1 Denizlere özgü yapısal özellikler 14
3.1.2 İzleme noktaları seçimi ve sıklıkları 16
3.2 Biyota 17
4 ÖRNEKLERİN ALINMASI, SAKLANMASI VE ANALİZİ 18
4.1 Sediman 18
4.1.1 Örnekleme ekipmanları 18
4.1.2 Saklama ve ön işlemler 20
4.1.3 Tane büyüklüğü tayini 21
4.1.4 Asit ile parçalama (Digestion) 22
4.1.5 Ölçüm Yöntemi 22
4.1.6 Normalizasyon 24
4.1.7 Organik karbon 26
4.1.8 Ölçüm Sınırları (LOD) (LOQ) 27
4.2 Biyota 28
4.2.1 Örnekleme ekipmanları 29
4.2.2 Saklama ve örnekleme yöntemleri 30
4.2.3 Asit ile parçalama (Digestion) 30
4.2.4 Ölçüm Yöntemi ve deteksiyon limitleri 30
4.2.5 Ölçüm sınırları (LOD, LOQ) 33
5 VERİ KALİTESİ 33
5.1 Sediman ve biyota 33
6 RAPORLAMA VE DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ 34
6.1 Sediman 34
6.2 Biyota 36
6.2.1 Halk sağlığı açısından değerlendirme 36
6.2.2 Ekosistem açısından değerlendirme 39
6.3 Su 40

KAYNAKLAR.....41
EKLER..... 51
EK1 Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde Yer Alan Belirli Kirleticiler ve Çevresel Kalite Standartları. 46
EK 2 Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde Yer Alan Öncelikli Maddeler ve Çevresel Kalite Standartları.....50

TABLO DİZİNİ

Tablo 1. Metalik bileşikler için deniz, kıyı ve haliç sularına ait kalite kriterleri* 9
Tablo 2 Ekosistem bileşenlerinin "Durum, Etki" ve "Baskı" tanımlayıcıları ile olan ilişkisi 11
Tablo 3 Uluslararası sözleşme ve direktiflerde metal ve bileşiklerinin izlenmesi..... 12
Tablo 4 AB Direktifleri, Sözleşmeler ve Ulusal düzeyde kirleticilerin değerlendirilmesi..... 13
Tablo 5 Kirleticilerin değerlendirme kriterleri 14
Tablo 6 Tane boyu sınıflandırılması..... 20
Tablo 7. Sedimanda ölçülen metaller, izlenecek denizler, örnekleme yöntemi, saklama yöntemi, sıklık, analiz yöntemi, ölçüm yapılabilecek cihaz ve cihazlara özgü LOD/LOQ değerleri (µg/kg kuru ağırlık) 24
Tablo 8 AAS (alevli, alevsiz grafit fırın ve soğuk buhar teknikleri), ICP -OES ve ICP-MS cihazlarının deteksiyon (saptama) limitleri (µg/L).....31
Tablo 9 Biyotada ölçülen metaller, izlenecek denizler, örnekleme yöntemi, saklama yöntemi, sıklık, analiz yöntemi, ölçüm yapılabilecek cihaz ve cihazlara özgü LOD/LOQ değerleri (µg/kg kuru ağırlık) 32
Tablo 10 Deniz Sedimanlarındaki İz Metaller için ERL ve ERM Kılavuz Değerleri (ppm, kuru ağırlık) 35
Tablo 11 Bazı toksikoloji terimlerinin açıklamaları 36
Tablo 12 Toksik özellik gösteren metaller için kılavuz değerler 37
Tablo 13 Türk Gıda Kodeksi gıda maddelerindeki metallerin maksimum limitleri*..... 37
Tablo 14 Gıda maddelerinde kirleticilerin maksimum seviyeleri (EC, No:1881/2006*)..... 38
Tablo 15 Öncelikli maddeler ve belirli diğer kirleticiler için Çevresel Kalite Standartları 40

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1. a) Grab (kepçe), b) Gravity kor örnekleyici, c) Box corer (kutu kor) sediman örnekleyiciler 19
Şekil 2 Trol Örneklemesi..... 29

KISALTMALAR

AAS	: Atomik Absorbsiyon Spektrometresi
ANOVA	: Varyans Analizi (F-Testi)
CEMP	: OSPAR'ın Eşgüdümlü Çevre İzleme Programı-OSPAR's Coordinated Environmental Monitoring Programme
CHN	: Karbon Hidrojen Azot Ölçüm Cihazı
CVAAS	: Soğuk Buhar Atomik Absorbsiyon Spektrometresi
ÇKS	: Çevresel Kalite Standartı
DSÇD	: Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi
FAAS	: Alevli Atomik Absorbsiyon Spektrometresi
GES	: İyi Çevresel Durum Good Environmental Status-
GFAAS	: Grafit Fırın Atomik Absorbsiyon Spektrometresi
HELCOM	: Baltık Deniz Çevre Koruma Komisyonu
İÇD	: İyi Çevresel Durum
ICP-MS	: İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi
ICP-OES	: İndüktif Eşleşmiş Plazma- Optik Emisyon Spektrometresi
LOD	: Algılama Sınır Değeri
LOQ	: Ölçüm Sınır Değeri
MED-POL	: Ulusal Akdeniz Kirlilik İzleme Programı
SÇD	: Su Çerçeve Direktifi
SOP	: Standart Operasyon Prosedürleri
OSPAR	: Kuzeydoğu Atlantik Deniz Çevresi Koruma Antlaşması-Oslo Paris Antlaşması
ÖM	: Öncelikli Madde
ÖTM	: Öncelikli Tehlikeli Madde
PAH	: Poli Aromatik Hidrokarbon
XRD	: X-ışını kırınımı yöntemi
UNEP/MAP	: Bileşmiş Mil etler Çevre Programı/Akdeniz Eylem Planı
WFD	: Water Framework Directive

TANIMLAR

ANOVA : Varyans Analizi ya da F testi olarakta bilinmektedir. Varyans analizi iki ya da daha fazla gruba ait ortalamalar arasındaki farkın anlamlı olup olmadığı ve ilgili hipotezleri test etmek için kullanılmaktadır.

LOD : Tayin limiti örnekte ölçülebilen fakat kesin olarak miktarı belirlenemeyen en düşük miktardır. İstatistiksel olarak kabul edilebilen ölçülebilir en küçük miktar. LOD, sayısal olarak blank örneklerinin (n>20) standart sapmalarının 3 kat fazlası olarak hesaplanır. LOD: 3*SD (EC, 2007).

LOQ : Ölçüm limiti sonucun belirli bir güvenilirlikle raporlanabildiği en küçük değerdir. İstatistiksel olarak kabul edilebilen analitlerin en düşük miktarı. Konsantrasyon aralığı boyunca dedeksiyon limit sınırlarında doğruluk ve hassasiyet önemlidir. Sayısal olarak Miktarsal limit blank örneklerinin (n>20) standart sapmasından 6 veya 10 kat fazlasıdır. LOQ: 10*SD (EC, 2007).

1 GİRİŞ

Önemli çevre kirleticileri arasında yer alan metaller, sucul sistemlere doğal yollardan girmekte ve bu ortamda uzun süre kalarak su, sediman ve organizmalardaki derişimleri zamana bağlı olarak artmakta ve besin zinciri içerisinde üst trofik düzeylere yine derişimleri artarak aktarılmaktadır (Ünlü ve Gümgüm, 1993). Metallerin sudaki düzeyleri genelde litrede nanogram ya da mikrogram düzeyinde değişmektedir (Nussey ve ark., 1995). Ancak günümüzde nüfusun artmasıyla evsel, endüstriyel ve tarımsal atıkların çoğalması, bunların döngüsünü büyük oranda hızlandırmıştır (Viljoen, 1999). Diğer kirleticilerin çoğunun biyolojik olarak parçalanarak yok olmasına karşın metaller biyolojik olarak parçalanmaz ve yok edilemezler (Wepener ve ark., 2001).

Metaller sucul organizmalarının genetik, fizyolojik, biyokimyasal ve davranış parametrelerini değiştirerek bu organizmalar için önemli bir risk oluştururlar (Ay ve ark., 1999; Scott ve Sloman, 2004).

Kentsel yerleşime geçişle ortaya çıkan çevre kirliliğinin olumsuz etkileri, gün geçtikçe daha büyük bir sorun olarak yaşamı etkilemektedir. Bu gelişmenin etkisinde kalan ve dünyada hızla kirlenen doğal kaynakların başında denizler gelmektedir. Evsel ve endüstriyel atıkların arıtılmadan su ortamlarına boşaltılması, tarımda kullanılan kimyasal maddelerin sularla taşınması gibi nedenlerle gerçekleşen su kirliliği, alıcı ortam olarak düşünülen denizler için önemli bir sorun olmaktadır. Özellikle insan aktivitelerinin nehir kenarlarında, koy ve körfez gibi kıyısal alanlarda etkin olduğu görülmektedir. Evsel ve endüstriyel atıkların arıtılmadan ırmaklara, göllere ve denizlere deşarj edilmesi, doğal su kaynaklarımızın kirlenmesine yol açmaktadır. Yerleşim bölgelerinden gelen atıklar önemli miktarda metal ve diğer kirleticileri içermekte olup sucul ortama taşınarak birikmektedir (Tanner ve ark., 2000). Atık sulardaki metaller, atık suların sulamada kullanılması ve döküldüğü ortamda yaşayan canlılara ve dolayısıyla besin zincirine girişi nedeniyle, halk sağlığı yönünden de önem taşımaktadır. Bu arada, toksik organik atıkların metallerle birleşerek daha toksik hale geçmeleri büyük sorunlar yaratmaktadır. Evsel ve endüstriyel atıklar Cd, Cu, Pb ve Zn gibi metallerce zengindir (Isaac ve ark., 1997).

Sucul ortamlardaki kirlilik düzeylerinin belirlenmesi için sulardaki ve sedimanlardaki kimyasal madde miktarları saptanarak suyun veya sedimanın kalitesi hakkında bilgi edinilebilmektedir. Ancak ortamda bulunan sucul organizmalardaki kimyasal madde miktarları da önem taşımaktadır. Bu amaçla, biyoindikatör türlerden yararlanılmaktadır. Bu türlerin metabolizmaları, üremeleri ve diğer fonksiyonları ekosistemin bütünlüğünün ve düzenli işleyişinin belirlenmesi hakkında bilgi vermektedir.

Analizi yapılacak matrisin seçimi değişkenin hidrofob veya hidrofil olmasına bağlı olarak yapılmalıdır (Guidance Document No 25). Guidance Document No 25 kılavuzuna göre; kirleticilerin Oktanol/Su ($K_{ok/su}$) katsayısına bakılarak analiz yapılacak matris belirlenmiştir. Örneğin ($K_{ok/su}$) değerinin logaritması 3'den küçükse su ortamında, büyükse sediman ve biyota ortamlarında kirletici analizlerine gidilmiştir (CIS 25, 2010).

Çeşitli karasal ve atmosferik atıkların su ortamlarına kolaylıkla giriş yapması ve sucul organizmalarının bu tür kirleticilerle doğrudan ilişkide bulunmaları nedeniyle, bu ortamlarda meydana gelen değişimlerin sürekli olarak incelenmesi önem taşımaktadır.

Farklı kaynaklardan denizlere ulaşan iz elementler, denizlerdeki normal konsantrasyonlarına ek olarak düzeyleri giderek artarken, ortamın fiziko-kimyasal yapısına

bağlı olarak ya dibe çöker ya da biyota (Fauna ve Flora) tarafından absorbe edilirler. Bu absorbsiyon, metallerin ortamdaki yapısı, konsantrasyonu ve organizmaların metabolizması ile yakından ilgilidir. Zira canlı organizmalardaki iz element birikim düzeyleri ortamdaki metal değişimlerinden yüzlerce defa yüksek olmakta ve canlının doku ve organlarında birikmektedir. Sadece denizel organizmalarda değil, aynı zamanda su kolonu ve deniz tabanında da (sediman) metal birikimi gerçekleşmektedir.

Deniz suyunda iz metal konsantrasyonları ile denizel organizmalardaki metal düzeyleri arasında bir ilişki olup olmadığı birçok çalışmada araştırılmıştır. Metallerin zamana bağlı olarak canlıdaki birikimi birçok dış ve iç kaynaklı faktör tarafından yöneltilmektedir. Büyüklük (yaş ve boy), cinsiyet, su sıcaklığı, tuzluluk, besin kalitesi ve miktarı, besin zincirindeki pozisyonu, beslenme alışkanlıkları, organizmanın biyokimyasal kompozisyonu, genetik faktörler, üreme döngüsü, bentik ve pelajik yaşam şekli akümülasyonda (birikimde) önemli rol oynamaktadır (Borchardt ve ark., 1988).

Diğer taraftan balıklar da akuatik çevrenin koşullarını ve değişimini belirlemede biyoindikatör olarak kullanılan canlılar arasında önemli yer tutmaktadır. Bu nedenle, ekosistemdeki değişimlere bağlı olarak balığın çeşitli seviyelerde bu değişimlere gösterdiği tepkilerin derecelerinin ve şeklinin bilinmesi gerekmektedir. Sucul ortamlarda yaşayan özellikle protein kaynağı olarak tüketilen, ekonomik önem taşıyan balıkların dokularında biriken metaller besin zinciri yoluyla insana kadar ulaşmaktadır (Fabacher ve Little, 2000).

Birçok balık türü, çok yıllık yaşam döngüsü ve hareket yeteneklerinden dolayı uzun süreli etkileri ve geniş çapta habitat koşullarındaki değişimleri iyi bir şekilde yansıtan indikatörler arasında yer almaktadır. Balık komüniteleri çevresel bozulmanın derecesini iyi şekilde yansıtabilen çeşitli türleri içermektedir. Bazı balık türleri, kirleticilerin, gel-git olaylarının, doğal değişikliklerin veya diğer faktörlerin sebep olması sonucu su kimyasında meydana gelen değişimlere oldukça hassastırlar. Diğer küçük omurgasız canlılarla karşılaştırıldığında daha fazla yaşam öyküsüne sahip olmaları, kolaylıkla toplanabilir ve tanımlanabilir olmaları, balıkların indikatör türler arasında tercih edilmelerini sağlamıştır.

Balık komüniteleri çeşitli trofik düzeyleri (piskivor, omnivor, insektivor, herbivor) temsil eden türleri içermeleri ve diatom ve bentik omurgasızlarla olan ilişkilerinden dolayı habitat değerlendirmesinde bütünleyici yaklaşım sağlamada yardımcı olur (Karr 1981). Tüm bunlar göz önüne alındığında kirlilik belirleyicisi türler içerisinde yer alan balıklar metallere karşı tolere edilebilir limitlerin saptanması, ekosistemlerde devamlılığın sağlanması ve insan sağlığının korunması için gerekmektedir.

Midyeler kolay toplanmaları, suyu süzerek beslenmeleri, sabit olarak bir noktada yaşamaları (sesil formlar olmaları), çevresel şartlardaki değişikliklerden doğrudan etkilenmeleri ve özellikle kirletici maddelerden metalleri yüksek oranda biriktirmelerinden dolayı, dünyada su kirliliğini izleme çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadırlar (Phillips 1976). Midyelerin önemi, büyük miktarda suyu filtre ederek (3-5 cm boyundaki bir midye günde yaklaşık 30-40 L deniz suyunu filtrelemektedir) suda bulunan fitoplankton ve partikül maddedeki kirleticileri besin yolu ile absorbe etmelerinden kaynaklanmaktadır. Yapılan bir çok çalışmada midyelerin dokularındaki metal birikimi incelenmiş olup bazı kirleticileri diğer organizma ve sediman örneklerinden daha fazla biriktirdikleri tespit edilmiştir.

Canlılar normal gelişimleri ve biyolojik işlevlerini sürdürebilmeleri için eser miktarda Bakır (Cu), Çinko (Zn), Demir (Fe) gibi iz elementlere gereksinim duyarlar. Civa (Hg), Kurşun (Pb), Kadmiyum (Cd) gibi metaller ise herhangi bir biyolojik işlevleri olmadığı gibi eser miktarları toksik özellikte olan metallerdir (Forstner ve Wittmann, 1983).

Bu kılavuz doküman Türkiye'yi çevreleyen denizler için "Bütünleşik İzleme Programı" izleme gereksinimleri çerçevesinde sediman ve biyotada metal seviyelerinin izlenmesini ortaya koymak için hazırlanmıştır.

2 AMAÇ

Yasal Durum:

a- Ulusal Mevzuat

Su kirliliği konusundaki mevzuatımız içinde, "Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği" (26.11.2005 Resmi Gazete Sayısı: 26005) kapsamında, Yönetmeliğin Ek–1 ve Ek–2 sinde yer alan tehlikeli maddelere ilişkin kalite kriterlerinin yüzeysel sularda, haliç, kıyı ve bölgesel sularda, sediman ve biyotalarda izlenmesi ve rapor edilmesi istenmektedir. Söz konusu yönetmeliğin Ek-1inde de yer alan "Çok Tehlikeli Maddeler ve Bunlara Ait Özel Hükümler" kapsamında, civa ve kadmiyuma ilişkin özel hükümler yer almaktadır. Buna göre son bir yıl içinde elde edilen sonuçların aritmetik ortalaması; İç Yüzey suları 1µg/l; Haliç Suları: 0,5 µg/l; Bölgesel Sular 0,3 µg/L; Haliç Suları Dışındaki İç Kıyı Suları 0,3 µg/l olarak belirlenmiştir. Suyun kalitesi civa miktarına ilişkin olarak bu gibi sulara uygulanabilen diğer standartlara da uymak için yeterli olmalıdır. Örnek olarak seçilen balığın yaş etinde civa konsantrasyonu 0,3 mg/kg geçmemelidir (Civa kirliliğinin göstergesi olarak seçilen balıkta). Çökeltilerde ya da kabuklu deniz ürünlerinde civa konsantrasyonu zaman içinde artmamalıdır. Birkaç kalite kriterlerinin suya uygulandığı yerlerde suyun kalitesi bu kriterlerin her birine uyacak ölçüde yeterli olmalıdır. Kadmiyum için belirlenmiş özel hükümler kapsamındaki kalite kriterleri ise: İç Yüzeysuları 5 µg/l; Haliç Suları: 5 µg/l; Bölgesel Sular 2,5 µg/l; Haliç Suları Dışındaki İç Kıyı Suları 2,5 µg/l olarak belirlenmiştir. Aynı yönetmeliğin Ek-2'sinde yer alan "Daha Az Tehlikeli Maddeler ve Bunlara Ait Özel Hükümler" kapsamında, Deniz, Kıyı ve Haliç Sularına ait kalite kriterleri yer almaktadır. Bu kriterler metalik bileşikler için aşağıdaki Tablo 1'de verilmiştir

Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğinde (RG: 29797, 10/8/2016) (Değiştirilmiş Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği (RG: 28483, 30.11.2012) Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri yer almakta olup, İz Elementler (Metaller) ve İnorganik Kirlilik Parametrelere ilişkin sınır değerler yer almaktadır. EK1 ve EK2'de ilgili parametrelerin sınır değerleri yer almaktadır.

Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelikte (RG: 28910, 11.02.2014) ise, ülke genelindeki bütün yüzeysel suların kalite durumunun ortaya konulması, izlenmesi, izlemede standardizasyonun ve izleme yapan kurum ve kuruluşlar arasında koordinasyonun sağlanmasına yönelik usul ve esasları belirtilmekte olup, su kaynaklarının denize döküldüğü noktalardaki kıyı suların izlenmesine ilişkin hususları kapsamaktadır.

Tablo 1. Metalik bileşikler için deniz, kıyı ve haliç sularına ait kalite kriterleri*

-Kalay ve Kalay Bileşikleri	1,2 mg/l
-Nikel ve Nikel Bileşikleri	0,1 mg/l
-Kurşun ve Bileşikleri	0,1 mg/l
-Bor	3 mg/l
-Krom	0.1 mg/l
-Demir	0.7 mg/l
-Çinko	0.003 mg/l
-Arsenik	0.1 mg/l
-Vanadyum	-
-Alüminyum	0.07 mg/l
-Brom	1 mg/l
-Bakır	0.01 mg/l
-Baryum	5 mg/l
-Berilyum	0.015 mg/l
-Kobalt	1 mg/l

***Tehlikeli Maddelerin S u ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği (76/464/ AB) (26/11/2005 R.G.No: 26005)**

Ülkemizde metallerin deniz sedimandaki düzeyleri ile ilgili olarak ayrıca belirlenmiş ulusal bir kritere ihtiyaç vardır.

Deniz ürünlerinde bulunabilen belirli bulaşanların maksimum limitleri Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından hazırlanmış, 29 Aralık 2011 tarih ve 28157 sayılı (3. Mükerrer), Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği ile belirlenmiştir. Bahse konu yönetmeliğin Ek 1, Bölüm-3: Ağır metaller başlığı altında çeşitli deniz ürünleri için müsaade edilebilir maksimum Pb, Cd, Hg düzeyleri verilmiştir.

b- AB Mevzuatı

Bazı metallerin de yer aldığı tehlikeli maddeler yönetimine ilişkin ilk yönetmelik, AB Suda Tehlikeli Maddeler Direktifi (76/464/EEC) ile Kardeş Direktifler kapsamında ele alınmıştır. Su yoluyla canlılara ve/veya insan sağlığına risk oluşturması muhtemel maddeler Su Çerçeve Direktifi(2000/60/EC), Çevresel Kalite Standartları Direktifi (2008/105/EC) ve ilgili diğer direktifler eklerinde verilmiştir. Söz konusu direktif, su yönetimine yenilikçi bir yaklaşım getirilerek AB ülkelerinde su kaynaklarının koruma altına alınması ve yüzey, kıyı ve geçiş suları kalitesinin "iyi seviyeye" ulaştırılmasını amaçlamaktadır. Öncelikli kirleticiler ve iyi kimyasal su durumuna ilişkin 2000/60/EC ve 2008/105/EC Direktifleri ile belirlenen ilkelere bağlı kalarak öncelikli kirleticiler listesi ve bazı kirleticiler için çevresel kalite standartlarının güncel halleri EC/39/2013 nolu direktifte yer almaktadır. Kurşun, kadmiyum, nikel ve civa (ve bunların bileşikleri) için söz konusu direktifte yer alan Çevre Kalite Standartları genel olarak su matrisi için verilmiş olup yalnızca civa için biyota matrisinde kalite standartı yer almaktadır. Ayrıca 2008/105/EC direktifinin 3.maddesinde, üye ülkelerin, kısım A Ek 1 de yüzey suyunun çeşitli kategorileri için verilen kriterlere opsiyonel olarak sediman ve biyota için ÇKS uygulayabileceğini belirtilmektedir. Bu seçeneği uygulayacak üye ülkelerin, balık, yumuşakçalar, kabuklular ve diğer biyotadaki civa ve türevleri için 20

µg/kg (yaş ağırlık) ÇKS değeri alabileceği, diğerleri için sediman ve su ÇKS'sinin belirlenmesi ve uygulanması önerilir.

Deniz Strateji Çerçeve Direktifine göre (DSÇD) (2008/56/EC), Avrupa Komisyonunun (15 Temmuz 2010) toplantısında metodolojik standart ve kriterleri belirleyerek İyi Çevre Durumuna (İÇD) ulaşılması gerekliliği ortaya koyulmuştur. İyi Çevre Durumunun belirleyicilerini açıklayan raporlarda 10 adet tanımlayıcı belirlenmiştir. Bunlardan Tanımlayıcı 8 (Descriptor 8) kirletici etkisine yol açmayacak düzeyde olan kirlilik konsantrasyonlarını açıklamaktadır. Tanımlayıcı 8'e göre üç önemli eleman tavsiye edilmiştir:

- Su, sediman ve biyotadaki kirletici konsantrasyonları ekotoksikolojik dataya dayanarak çevresel hedef seviyelerin altında olmalıdır,
- Kirliliğin seviyeleri organizma, popülasyon, komünite ve ekosistemde çevresel zarar seviyelerinin altında olmalıdır,
- Su, sediman ve biyotadaki kirletici konsantrasyonları ve kirlilik etkisinin şiddeti artmamalıdır.

İzleme programlarının su, sediman ve biyota gibi çevresel matrislerde kirletici konsantrasyonlarınının (metal, kalıcı organik kirleticiler ve poliaromatik hidrokarbonlar) değerlendirmesini içermesi gerekliliği DSÇD'de vurgulanmaktadır. İzleme programları aynı zamanda biyolojik organizmalarda kirleticilerin farklı seviyelerde biyolojik etkilerinin miktarlarını da içermelidir. Her bölgede, DSÇD uygulanması için kirleticilerin seçimi, izlenen türler ve biyolojik etkilerin ölçümü yapılarak değerlendirilmelidir. Spesifik kirletici matrisleri ve kimyasal, biyolojik ölçümler çevresel koşullarda ve bölgesel bazda değerlendirilmesi önem taşımaktadır.

Tablo 2'de kirleticilerin (Tanımlayıcı 8 ve 9) diğer DSÇD- İÇD baskı ve durum/etki İÇD tanımlayıcıları ile ilişkisi sunulmuştur. Kirleticiler, diğer baskı bileşenleri ile birlikte canlı yaşam ve ekosistem fonksiyonları üzerinde etkilidir. Ayrıca, deniz mikro ve makro çöplerinin içinde bulunan bazı kimyasallar öncelikli kirleticiler listelerinde yer almaktadır.

Özellikle toksik kimyasallardan olan Cd, Hg ve Pb konsantrasyonlarının ölçülmesi önemlidir. Belirlenen metallere ilaveten Ni (Su Çerçeve direktifinde öncelikli kirletici madde), Cu (antifouling boyalarda gelen), Cr ve As konsantrasyonları da kirlilik değerlendirmesinde kullanılması gereklidir. Denizel çevrede doğal olarak bulunan metal seviyeleri "background level" olarak tanımlanmaktadır. Metallerden civa, kadmiyum ve kurşun herhangi bir biyolojik işleve sahip olmayıp toksik özellik göstermektedir.

Civa en toksik metaldir, bazı bakteriler tarafından metilcivaya dönüştürülüp, yüksek yağ içeriğine sahip canlıların dokularında birikmektedir. Kadmiyum özellikle karaciğerde, üst besin zincirinin üst basamaklarında bulunan deniz canlılarında yüksek konsantrasyonlarda bulunabilir. Memelilerin kemikleri içinde biriken aşırı kadmiyum "itai itai sendromu" olarak da bilinen kırılgan kemiklere neden olmaktadır.

Çinko ise, organizma fizyolojisi için gerekli bir iz elementtir. Canlıların büyüme, gelişme, üreme ve bağışıklık sistemlerinde 300'den fazla proteinin yapısında katalizör olarak görev yapar (Watanabe, 1997). Fakat çinko, yüksek konsantrasyonlarda organizmalarda ölüme varabilen toksik etkilere sebep olabilmektedir (Malik ve Sasty, 1998).

Tablo 2 Ekosistem bileşenlerinin "Durum, Etki" ve "Baskı" tanımlayıcıları ile olan ilişkisi

Ekosistem bileşenleri ve fonksiyonları	**"Baskı" Tanımlayıcıları**	T2. Yabancı türler	T5. Ötrofikasyon	T7. Hidrografik değişimler	T8. Kirleticiler	T9. Deniz ürünlerindeki kirleticiler	T10. Deniz çöpü	D11. Gürültü ve enerji
	"Durum" ve "Etki" Tanımlayıcıları							
Su ve sediman kimyasal kalitesi (besin elementleri, ÇO, kimyasallar, radyoaktivite)								
Pelajik/haraketli türler (plankton, balık, memeliler, sürüngenler, kuşlar)	D1.Biyoçeşitlilik D3.Ticari balık ve kabuklular D4.Besin ağı							
Deniz tabanı habitat, topluluk ve türleri	D1.Biyoçeşitlilik D3.Ticari balık ve kabuklular D4. Besin ağı D6. Deniz tabanı bütünlüğü							
Ekosistem fonksiyonları (kıyısal savunma, besin maddelerinin döngüleri)								

Kurşun, sucul ortamdaki tüm canlılar için toksiktir. Sucul ekosistemde en fazla kurşun, sedimandan beslenen balıklar, bentik makro omurgasızlar ve alglerde birikim gösterirken en az birikim predatörlerde görülmektedir. Sucul ekosistemde kurşun besin zincirinde biyomagnifikasyon göstermez (Eisler, 1988). Kurşun konsantrasyonları balıklarda yaş artışına ve birikim gösterdiği sert dokuya (kemik gibi) bağlı olarak artış göstermektedir (Eisler, 1984). Kurşunun düşük konsantrasyonlarına (10 µg/dL) kronik maruziyet bile çocuklarda büyüme ve sinirsel gelişimi baskılayıcı etkilere yol açmaktadır (Ahamed ve Siddiqui, 2007).

Kirlilik izleme ve değerlendirmesinde sedimanda, balık kas dokusu/karaciğerinde ve kabukluların kas dokusunda metallerin ölçülmesi OSPAR (Kuzeydoğu Atlantik Deniz Çevresi Koruma Antlaşması) tarafından da önerilmektedir. Bu kapsamda, Birleşik Değerlendirme ve İzleme Programı (JAMP) ile kirleticilerin biyota ve sedimanda izlenmesi için kılavuzlar geliştirilmiştir (OSPAR, 2002; 2008). DSÇD bu kılavuzların ortak kararlarla ülkelerce uygulanmasını tavsiye etmektedir.

Tablo 3'de metallerin, faklı sözleşme ve direktiflere göre izlenmesi özetlenmiştir. Tablo 4'te AB Direktifleri, Bükreş ve Barselona Sözleşmeleri ile ulusal düzeyde kirleticilerin seviye ve etkilerinin takibi konusundaki yaklaşımlar özetlenmiştir. Buna göre ulusal düzeyde sarf edilen çaba, AB ve Sözleşmeler ile uyumlu olmakla birlikte ülkemizde henüz kirliliğin etkilerinin izleme programı ile takip edilme ve bunun için ilgili göstergeler belirleme ihtiyacı bulunmaktadır. Etkilerin takibi için IMAP kapsamında yapılan çalışmaların takibi gereklidir. Bu konu özellikle OSPAR ve HELCOM bölgelerinde dikkate alınmaktadır.

Ulusal ve uluslararası mevzuat dikkate alınarak As, Cu, Cd, Cr, Pb, Ni, Zn, Hg, ve As metallerine ilave olarak normalizasyon için gerekli Al elementinin izleme programları kapsamında periyodik olarak sediman matrisinde ölçülmesi, DSÇD değerlendirmesi için önemlidir. Biyota matrisinde ise; Cd, Pb, Hg ve As metallerinin ölçülmesi uzun vadede bu metallerin yöneliminin değerlendirilmesi için gereklidir.

Tablo 3 Uluslararası sözleşme ve direktiflerde metal ve bileşiklerinin izlenmesi

Metal - metaloidler	**Yasal Çerçeve**	**OSPAR (Baltık Denizi)**	**Barselona Sözleşmesi (Akdeniz)**	**Bükreş Sözleşmesi (Karadeniz)**
Al				Karadeniz Entegre İzleme Programı (BSIMAP) Seçimli
As		2014 CEMP Öncelikli aksiyon gereken kimyasal	BM Çevre Programı- Akdeniz Eylem Planı- Kirlilik İzleme Programı (UNEP MAP-MEDPOL izleme)	BSIMAP Seçimli
Cd ve bileşikleri	SÇD ÖM, ÖTM	2014 CEMP Öncelikli aksiyon gereken kimyasal	UNEP MAP MEDPOL izleme	BSIMAP zorunlu
Co		2014 CEMP		BSIMAP seçimli
Cu	SÇD ÖM	2014 CEMP	UNEP MAP MEDPOL izleme	BSIMAP zorunlu
Fe				BSIMAP seçimli
Pb ve bileşikleri	SÇD ÖM	2014 CEMP Öncelikli aksiyon gereken kimyasal	UNEP MAP MEDPOL izleme	BSIMAP zorunlu
Mn				BSIMAP seçimlil
Hg ve bileşikleri	SÇD ÖM, ÖTM	2014 CEMP Öncelikli aksiyon gereken kimyasal	UNEP MAP MEDPOL izleme	BSIMAP zorunlu
Ni ve bileşikleri	SÇD ÖM,	2014 CEMP		BSIMAP seçimli
Zn		2014 CEMP		BSIMAP seçimli

Su matrisinde izleme sonuçlarının değerlendirilmesine yönelik " Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği"nin gereği olarak Tablo 1'de yer alan inorganik kirleticilerin ölçümü ve standardizasyon sağlandıktan sonra izleme programlarına kademeli şekilde entegre edilmesi uygun olacaktır. Sediman matrisinde

antropojenik metal kirliliğinin değerlendirilmesi için zemin (background) değer belirleme çalışmaları yapılmalı ve farklı denizlerimiz için bölgeyi iyi temsil eden zemin değerleri ile kirlilik değerlendirmesi yapılmalıdır.

Tablo 4 AB Direktifleri, Sözleşmeler ve Ulusal düzeyde kirleticilerin değerlendirilmesi

AB - DS ÇD (8. ve 9. İÇD Tanımlayıcısı olarak) Tanımlı özellikler / göstergeler	**AB-S ÇD**	**AB-ÇKS**	**IMAP UNEP/MAP (2016)**	**BS IMAP-BS C (2016)**	**Ulusal (İlgili yönetmelik ve programlar çerçevesinde)**
Kirleticilerin seviyeleri (biyota, sediman ve su), varlığı, kaynağı, akut kirliliğin boyutu ve kirleticilerin etkileri	Oncelikli ve özel kirleticilerin suda aylık ve seviye takibi olarak izlenmesi	2000/60/EC'de verilen öncelikli maddeler (33) ve sonrasında 39/2013/EC ile (45) madde için deniz suyu ve biyota için çevresel kalite standartları değerleri belirlenmiştir.	EO9 kapsamında önemli kirleticilerin derişimleri ve etki seviyeleri, akut kirlilik olaylarının kaynakları (kazalar/illegal boşaltımlar) ve biyotaya etkisi, tüketilen ürünlerdeki seviyelerin halk sağlığı açısından takibi ve enterokok seviyeleri*	Kirleticilerin farklı matrislerdeki seviyelerinin takibi, İllegal ve kaza sonucu oluşan döküntülerin sayı / yer bilgileri ile oluşan kirliliğin boyutları	YSKY, 2016 ile ülkemiz için özel kirleticiler belirlenmiş, kıyı ve geçiş suları için ÇKS hedefleri yayınlanmıştır. YSYS-İDY, 2014. Kıyı ve geçiş sularında izlenmesi gereken parametreler verilmiştir. Bu listede öncelikli maddeler ve diğer tehlikeli maddeler listesi de yer almaktadır. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği, 2011 balık ürünlerinde kirleticilerin max limitleri verilmiştir. Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği Türkiye Denizleri Bütünleşik İzleme Programı (2011-2019) dahilinde ve IM AP, BSIM AP ile ilişkili olarak (sediman ve biyotada seviyeler, yönelimler, insan sağlığı ile ilişkilendirme, ERL ile değerlendirmeler)

Ortalama kirletici konsantrasyonlarının sınıflandırmasının OSPAR'a göre değerlendirme kriterleri aşağıdaki Tablo 5'te verilmiştir:

Tablo 5 Kirleticilerin değerlendirme kriterleri (OSPAR)

Renk	Renklerin anlamı	Önlemler
Kırmızı	Durum: Kabul edilemez Hassas türleri içine alan denizel türlerde müsaade edilmeyen kronik etkiye yol açan risk oluşturan kirletici konsantrasyonları	Durum ve eğilimin saptanması için düzenli izleme
Turuncu	Durum: Belirsiz Biyotadaki metal konsantrasyonları balık ve kabuklular için Avrupa Birliği (EU) diyet limitlerinin altında ve zemin (background) değerinin üstünde. Kirlilik etkisi belirsiz.	
Yeşil	Durum: Kabul edilebilir Kirletici konsantrasyonları çevrede ve yaşayan canlı kaynaklarında risk oluşturmaz	Ölçüm yapılması genellikle gerekmemektedir. Durumda bir bozulma olursa ölçüm istenebilir.
Mavi	Durum: Kabul edilebilir Zemin (Background) seviyesinde doğal olarak bulunan maddeler (Cd, Hg, Pb, PAHs) veya sıfıra yakın insan yapısı maddeler (PCBs) bulunması durumudur.	Ölçüm istenmez. Herhangi bir bozunma yoktur.

3 ÖRNEKLEME STRATEJİSİ (İzleme alan ve sıklıkları; sediman, biyota)

3.1 Sediman

3.1.1 Denizlere özgü yapısal özellikler

Karadeniz: Karadeniz havzası, erken-orta Jura, Kretase, erken Paleojen arasında geçen üç ana dönem süresince Pontid adayayı arkasında yay- ardı havza olarak açıldığı tespit edilmiştir. Türkiye, Bulgaristan, Romanya, Ukrayna, Rusya ve Gürcistan arasında kalan bir iç deniz olup, 8350 km kıyı uzunluğuna, 42105 km^2'lik alana, 534000 km^3'lük hacme ve 2200 m derinliğe sahiptir. Fizyografik olarak şelf (%29,9), kıta yamacı (%27,3), kıta eğimi (%30,6) ve abisal düzlüklerden (%12,2) oluşur. Karadeniz'de iki ayrı tipte kıyının varlığı dikkat çeker. Doğu ve güneyde self gelişmemiştir ve kıyılar çok kısa bir yatay mesafede aniden derinleşir. Karadeniz'in kuzey ve batı kısmında ise geniş bir self mevcuttur ve bunun önünde bir kıta sevini takiben abisal düzlüğe geçilir. Kıta sahanlığı sınırı Karadeniz'de genellikle 100 m derinliğe inmektedir. Bu derinlik Azak Denizi güneyinde ve Kırım Yarımadası çevresinde 130 m'ye kadar varmaktadır. Kıta sahanlığı uzunluğu Anadolu ve Kafkas kıyıları boyunca 20 km'den darken, kuzeyde Azak Denizi ve çevresinde özellikle Kırım Yarımadası'nın batısında yaklaşık 200 km genişliğindedir. Karadeniz'in Holosen dönemine ait sedimanları üç birimden ibarettir. Bu birimler, karotun üst kısmından başlayarak tabana doğru; laminalı (ince tabakalı) Coccolithic marl birimi (Kokolit Birimi veya Birim I), organik madde açısından zengin, mikro-laminalı sapropelik birim (Sapropel Birimi veya Birim II) ve tatlı-acı su göl ortamında çökelmiş Lutite birimidir (Birim III). Üstteki iki birim, Akdeniz'in tuzlu sularının Çanakkale ve İstanbul Boğazları vasıtasıyla Karadeniz'i istila etmesi sonrasında depolanmıştır (Ross ve Degens, 1974; Çağatay, 1999).

Marmara Denizi: Marmara Denizi değişik yaşta paleotektonik birimlerin ve Trakya Havzası'nın Eosen-Miyosen yaştaki kayaçlarının oluşturduğu karmaşık bir temel üzerinde gelişmiştir. Marmara Denizi'nin yüzey alanının %57'sini şelf alanı oluşturmaktadır. Güneyde nispeten geniş (45 km) ve kuzeyde dar (<10 km) olan şelf ile bunlar arasında 1275 m derinliğe varan rombik ve kama şeklinde üç çukurluktan oluşmuştur. Bu çukurluklar doğudan batıya doğru sırası ile maksimum derinliği yaklaşık 1275, 1255 ve 1230 m olan Çınarcık, Orta Çukurluk ve Tekirdağ çukurluklarıdır. Ayrıca Büyük Çekmece güneyinde maksimum derinliği 825 m'ye varan Kumburgaz çukurluğu bulunmaktadır. Bu çukurluklar, yaklaşık 450-600 m derinlikte olan ve KD-GB yönünde uzanan doğu ve batı sırtlarıyla birbirlerinden ayrılmıştır. Marmara Denizi Holosen çökel eri genelde iki birimden oluşmaktadır. Üstteki birim (Birim–I) Akdeniz suyunun etkisinde normal denizel koşullarda çökelmiş olup, yaklaşık 1 m kalınlığında yeşil-gri ve koyu yeşil-killi çamurdan oluşur (Çağatay ve ark., 2000; Vidal ve ark., 2010). Alttaki birim (Birim-II) ise genel olarak acı su ve göl koşullarında çökelmiş, günümüz su seviyesinden yaklaşık 85 m'den daha derin yerlerde depolanmıştır. Birim II şelf alanlarında griden, koyu gri ve yeşilimsi siyaha değişen renklerde kumlu ve siltli çamurdan ve daha derin bölgelerde ise koyu yeşil gri renkli laminalı ve yer yer içinde koyu renkli FeS_2 bantları içeren çamurdan oluşmaktadır.

Ege Denizi-Akdeniz: Ege Denizi'nin de bir alt bölüm olarak içinde yer aldığı Akdeniz, yaklaşık 200 milyon yıl önce oluşan Tetis okyanusunun günümüzdeki kalıntısı olup Levha Tektoniği açısından son 50-70 milyon yıllık süreçte Atlas Okyanusunun oluşumuyla eş zamanlı gelişen, Avrasya ve Afrika kıtasal kabuklarının çarpışma zonunda yer almaktadır. Özellikle Doğu Akdeniz bloğunun Ege mikro levhasının altına daldığı Helen Çukurunun yer aldığı Doğu Akdeniz bölümü daha aktif olup Batı Akdeniz'e oranla daha karmaşık morfolojik özellikler göstermektedir. Atlantik okyanusuna Cebelitarık boğazı ile ayrıca kuzeyde Karadeniz ve güneydoğuda Kızıldeniz'e dar suyolları aracılığıyla bağlı olan Akdeniz kapalı bir deniz olup, Helen çukurunda 4982m'lik maksimum derinlikle birlikte diğer birkaç basende 4000m'yi geçerken batıda 2700m derinlikte düzlükler yer almaktadır. Akdeniz'in en sığ bölümünü oluşturan Kuzey Adriyatik'te derinlik 200m'nin altında olup Akdeniz geneli için ortalama su derinliği 1500m'dir.

Ege Denizi ve Doğu Akdeniz jeolojik evriminde etken olan temel unsurlar mikrolevhalar, ofiyolitler, tektonik ve sismiste, volkanik aktivite ve yay gerisi açılımı ile Mesiniyen tuzluluk krizinden oluşmaktadır (Jolivet ve Brun, 2010). Kuzey Gondwana ve Avrasya kökenli Paleozoik temel kayaçları üstleyen Mesozoik öncesi birimler doğu Akdeniz bölgesinin jeolojik temelini oluştururlar. Ofiyolitler genelliklefay ve benzeri ara zonlarda yer almaktadır. Ege Denizi'ni de kapsayan kuzey-güney yönlü orta Akdeniz kesitinde; Rodop masifi (metamorfikler), Vardar zonu (ofiyolitler), Kuzey Anadolu Fay sistemi, ada-gerisi yayılımı, güney Ege volkanik yayı (Santorini), genç Tetis dalma batma zonuyla ilişkili Girit kuzeyi Akdeniz sırt kompleksi ve Afrika levhası yer almaktadır (Bozkurt ve ark., 2000; Robertson ve Mountrakis, 2006). Ayrık taneli yüzey sedimanları genel olarak kıyı yakınlarında kumlu ve derinlere doğru ince taneli malzemeye geçiş gösterirler. Kıyısal alanların çoğunda terijen malzeme oranı genelde %50 nin üzerinde olup çamur ve kil gibi ince malzemenin dominant olduğu alanlar lokal östarin, koy ve körfezlerle sınırlıdır (Emelyanov, 1972).

3.1.2 İzleme noktaları seçimi ve sıklıkları

İzleme çalışmalarında metal analizi için sediman örneklemelerinde antropojenik girdiler ile birlikte bölgenin hidrolojik, jeomorfolojik yapısı da göz önüne alınmalıdır. Örnekleme noktalarının seçiminde su kütlelerinin özelliklerine dikkat edilmelidir. İstasyonlar belirlenirken transektler oluşturulmalı ve her bir hat boyunca 5 örnekleme noktası seçilmelidir (Guidance Document No 25). Ayrıca örnekleme noktalarının belirlenmesinde daha önceki çalışmalardan elde edilen verilerden de yararlanılmalı veya bu amaçla bir ön çalışma yapılmalıdır. Örnekler arası (transekt içerisindeki örnekleme noktaları arasında) ve örnek içi (örnekleme noktasında) varyans için bir ANOVA/F testi ile dağılımın homojen olup olmadığı kontrol edilebilir. Eğer örnek içi varyans, örnekler arası varyansla aynı veya daha fazla ise bütün transekt tek bir örnekleme yeri olarak kabul edilebilir (Guidance Document No 25).

Su kolonunda askıda bulunan partiküllerin, sudaki nispeten düşük enerjili alanlarda (dalgalar, akımlar) birikimi tercih ettiğini bilmek, örnekleme alanlarının seçimi için aşağıdaki genel kriterleri sağlayabilir:

- Nehirlerde ve geçiş sularında (haliçlerde) akıntılar, kanal veya nehir yatağının ortasında en yüksek seviyededir; bu da tabanda nispeten düşük miktarda ince partikül çökelmesi anlamına gelir. İnce tanecikli partiküllerin daha yüksek miktarları, nehrin kenarı (nehrin içbükey istiflerinde) ve haliçlerdeki birikim alanları gibi su akışının daha düşük olduğu alanlarda bulunur;
- Kıyı sularında yüksek gelgit akıntılarının olduğu yerlerden kaçınılmalıdır. Koy/körfez veya nispeten derin su alanları tercih edilmelidir.
- Örnekleme noktalarını etkileyebilecek sanayi, taşımacılık, balık çiftlikleri, tarım ve rekreasyonal alan vb. faaliyetlerinin olmadığı alanlar seçilmelidir.

Metallerin zemin konsantrasyonları bölgelere göre farklılık göstermektedir. Örnekleme noktalarının seçiminde kirletilmiş alanlar (Hotspots; nehir girdileri ve antropojenik girdiler) ile kıyısal alanlar seçilmelidir (Guidance Document No 25; UNEP, 2006). Sediman tane yapısı önem taşımakta olup ince taneli sedimanların bulunduğu bölgelerden örnek alınmasına dikkat edilmelidir.

Bölgeye özgü zamansal eğilim izleme programları, belirli bir süre içinde (örn. 10 yıl) kirletici konsantrasyonunun değişimini (örn. %50) saptayacak şekilde tasarlanmalıdır. Mekansal dağılım izleme programlarında ise, kirletici konsantrasyonlarının yere göre değişkenliğini yansıtacak şekilde, izleme istasyonlarının seçilmesi gerekmektedir. Eğilim izlemelerinde alanı temsil edecek sayıda örnekleme noktası seçilmeli ve yıllar boyunca aynı noktalardan örnek alınmalıdır. Noktasal kirletici kaynaklarına yakın yerlerde, dağınık kaynaklara göre daha sık izleme noktası belirlenmelidir. Benzer şekilde, düzensiz topografyaya sahip olan yerlerde de, daha üniform olan yerlere göre daha sık izleme istasyonu seçilmelidir (OSPAR JAMP 2002).

Sediman örneklemesi ve analizi için Direktif 2008/105/EC ve UNEP/MAP MED-POL yöntemlerinin kullanılması önerilmektedir. Buna göre örnekleme noktası seçilmektedir. Örnekleme en az üç noktada su derinliğini çap kabul eden doğru üzerinde birbirine eşit uzaklıkta yapılmaktadır. Örnek sedimanın yüzey tabakasından 1 cm kalınlığından alınmaktadır (UNEP, 2006; Guidance Document No 25).

Genel olarak, denizlerimizde (Karadeniz, Ege Denizi, Marmara Denizi ve Akdeniz) inorganik kirliliğin izlenmesinde sediman örnekleme sıklığı, sedimantasyon hızına göre tespit edilmelidir. Örnekleme alanında sedimantasyon hızı 1 cm/yıl dan büyükse yine MED-POL yöntemine göre bu alanlar hot spot özelliği taşımakta olup yılda bir kez örnekleme yapılması gerekmektedir. Aksi halde 4 veya daha fazla yılda bir kez örnekleme yapmak yeterli olacaktır (UNEP, 2006). Su Çerçeve Direktifine göre eğilim izlemelerinde 6 yıllık bir periyotta yıllık örnekleme yapılması önerilmektedir (Guidance Document No 25).

Karadeniz'de sedimantasyon hızı bölgelere göre değişkenlik göstermekle birlikte son 10 bin yılda genel olarak Birim-I'de (Kokolit birimi) 140 cm/bin yıl, Birim II (Sapropel biriminde) 40 cm/bin yıl ve Birim III (Lutit bririmi) ise 20 cm/bin yıl olarak tespit edilmiştir (Sancar 2010).

Marmara Denizi'nin son 12 bin yıldaki çökelme hızları bölgelere göre değişkenlik göstermektedir. Marmara Denizi güney iç şelfte sedimantasyon hızı 60 cm/bin yıl, yamaçlarda 10 cm/bin yıl, Marmara Denizi kuzey şelfinde 10 cm/bin yıl ve derin çukurlarda >100 cm/bin yıl olarak hesaplanmıştır (Evans ve ark., 1989; Çağatay ve ark., 2006). Güney şelfte yüksek sedimantasyon hızına Kocasu, Gönen ve Biga akarsularının taşıdığı sediman yükü neden olurken, derin çukurluklarda yüksek sedimantasyona yamaçlardan deniz altı heyelanlarıyla taşınan sedimanlar neden olmaktadır.

Ege ve Akdeniz'de sedimantasyon oranları büyük oranda sedimanter girdi ve depolanma ortam özelliklerine bağlı olarak değişim göstermekte olup kıyı yakını alanlarda 1-30 mm/yıl ile derin basenlerde 6-30 cm/1000 yıl arasında değişmektedir (Rizzo ve ark., 2009; Lykousis ve ark., 1995).

Süspanse partikül madde için eğilim analizlerinde en azından yılda 4 kez örnekleme yapılabileceği önerilmesine karşılık aylık örnekleme tavsiye edilmektedir. Eğilim için bir yıl içinde median değerleri kullanılmalıdır.

3.2 Biyota

3.2.1 Örnekleme noktalarının seçimi

Biyota örnekleri kıyısal alanlar ile koy/körfez gibi antropojenik etkilerin görüldüğü sahalardan toplanmalıdır. Özellikle nehir ağızlarına yakın alanlar ile insan aktivitelerinin yoğun olduğu alanlar tercih edilmelidir. Noktaların seçiminde kirletici kaynaklar göz önüne alınarak bunların su kütlelerindeki dağılımlarına dikkat edilmelidir. Farklı su kütleleri içinden kirleticiler yönünden benzer olanlardan tek bir örnekleme alanı belirlenmelidir (Guidance Document No 32). Su Çerçeve Direktifine göre noktaları saptarken alanın ekolojik dinamiği ile ilgili bilgiye gereksinim duyulmakta olup bu bilginin uzaktan algılama tekniği kullanılarak uydu datalarından elde edilebileceği belirtilmektedir. Uydu sensörleri kullanılarak deniz yüzeyi ile ilgili parametreler (sıcaklık, klorofil-a, partikül madde), nehir, evsel/endüstriyel girdiler, kıyısal deşarjlar veya genel deniz dinamikleri elde edilebilmektedir. Ayrıca Su Çerçeve Direktifinde bölgesel antlaşmalar ile uygulanan izleme programlarının (MEDPOL, OSPAR vb.) önemli olduğu (Guidance Document No 25) de belirtilmektedir. Balık örneklemesinde dip yapısının önceden bilinmesi trol çalışmasının verimli olması açısından gerekmektedir.

3.2.2 Örnekleme periyodu

Biyotadaki kirletici konsantrasyonları çeşitli biyolojik ve çevresel faktörlerden etkilenmektedir. Sıcaklık, organik madde, besin elementleri, su sirkülasyonu, nehir ve karasal taşınım en önemli çevresel faktörlerdir. Dokulardaki konsantrasyonların mevsimsel değişimlerinin birçok kimyasal kirleticinin regüle edildiği fitoplanktonik patlama sırasında olduğu rapor edilmiştir. Yumurtlama periyodu, gonatik dokunun gelişimi, üreme periyodu gibi biyolojik değişkenler de kirletici derişimini etkilemektedir. Zaman serisi çalışmalarında bu hususlara dikkat edilmelidir. Örneğin midye ve balık örneklemelerinin yumurtlama döneminin dışındaki periyotta yapılması tercih edilmektedir (Guidance Document No 25). Yaz periyodunun başı birçok tür için önerilmektedir.

Gonadların gelişimine, trofik koşullara ve enerji durumuna bağlı olan doku ağırlığının etkisi Condition index ile ölçülmektedir. Condition index= $100*m / L^3$ (M=ağırlık gr, L=uzunluk cm). Kabuklular için Condition index doku ağırlığı/kabuk boyu olarak verilirken balıkta hepat-somatic veya gonado-somatic index karaciğer (veya gonad) ağırlığı/ tüm vücut ağırlığı olarak hesaplanmaktadır. Deniz ortamında biyota örnekleme periyotlarının saptanmasında bölgesel anlaşmalardan (OSPAR, MEDPOL, HELCOM vb.) yararlanılmalıdır.

3.2.3 Örnekleme sıklığı

Çevresel Kalite Standartlarına uyumlu (Environmental Quality Standards) 2008/105/EC Direktifine göre teknik bilgi ve uzman görüşü yoksa yılda en az bir kez biyota örneklemesi yapılması gerektiği belirtilmiştir. İzleme sıklığı kirleticinin biyolojik yarılanma süresi, izlemenin amacı, antropojenik girdiler ve önceki sonuçlar/eğilimlere göre değişkenlik göstermektedir. Örnekleme sıklığı haftalık, aylık, mevsimlik, altı aylık ve en az yıllık olarak planlanabilmektedir.

Diğer yandan bakır gibi metaller ile PAH'lar 3-6 hafta gibi kısa sürede değişime uğradıklarından uzun periotlarda izlenemezler. Örneğin 6 aylık periyotlarla izlendiklerinde saptanmazlar. Daha sık periyotlarla izlenmeleri ise (PAH'lar) çok maliyetli olmaktadır (Guidance Document No 25). Örnekleme alanlarında spesifik kirleticilerin etkisi söz konusu olduğunda (petrokimya tesisleri, endüstriyel aktiviteler, nehir östarinleri, limanlar vb.) aylık veya mevsimsel örnekleme yapılmalıdır. Kazı malzemelerinin döküldüğü alanlar ile ilgili durumlarda ise dökü öncesi ve sonrası örnekleme yapılmalıdır.

Eğilim izleme çalışmalarında ise prensip olarak yılda bir kez aynı boy aralığında yumurtlama periyodu dışında örnekleme yapılmalıdır.

4 ÖRNEKLERİN ALINMASI, SAKLANMASI VE ANALİZİ

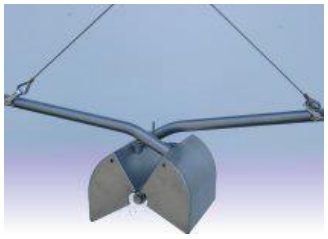
4.1 Sediman

4.1.1 Örnekleme ekipmanları

Ekipman seçimi genel olarak yerel şartlara (su derinliği, sediman tipi gibi) ve örnekleme amacına bağlı olarak yapılır. Güncel kirlilik durumu, kirliliğin mekânsal dağılımı ve eğilim izleme çalışmalarında kutu kor (box corer), köşe etkisinin düşüklüğü ve üst tabakayı daha iyi koruması

açısından tavsiye edilir (OSPAR, JAMP kılavuzu 2002-16). Grab örnekleyici de sediman örneğini bozmamaya dikkat edilerek benzer amaçla kullanılmaktadır (Şekil 1).

- Van Veen Grab (kepçe tipi yüzey sediman örnekleyici)
- Gravity Core (Gravite karot/kor)
- Kutu kor örnekleyici (Box corer)



Kepçe örnekleyici (a)

Kor örnekleyici (b)

Kutu kor örnekleyici(C)

Şekil 1. a) Grab (kepçe), b) Gravity kor örnekleyici, c) Box corer (kutu kor) sediman örnekleyiciler

Yüzey sediman örneklemesi için grab (kepçe) örnekleyici kullanımı güncel kirlilik düzeyi için yeterli olabilir, ancak daha sofistike örnekleyiciler de, kutu örnekleyici gibi, pahalı olmakla beraber örneklemenin güvenirliğini artıracağından kullanılabilir. Karot örneklemesi daha çok tarihsel içeriğin araştırılması amacıyla kullanılır. Her iki yöntemde de dalga oluşturmadan, yüzeyi bozmadan almak önemlidir.

a) Grab örnekleyici (Şekil 1a); daha pratik ve uygulaması kolaydır. Genel olarak Van Veen tipi, gravite ile serbest indirilen (el ile veya vinçle) zemine değdiğinde yüzeyi bozmadan kaparak sedimanı hapdederek, bozulmadan yukarı çıkarma esasına göre dizayn edilmişlerdir. Van Veen tipi en çok kullanılan tiptir. Farklı boy ve ağırlıklarda olabilir (su derinliğine ve el veya vinç tipine göre belirlenir). Derin sularda kullanımı uygun değildir. En önemli dezavantajı, zaman zaman yüzey sedimanının bozulması söz konusu olabilir, bu durumda örnekleme tekrarlanır.

b) Derinliğe bağlı litolojik tanım ve kimyasal kompozisyonun, metal akılarının zamanla değişimini gözlemlemek için gerekli sediman örnekleri karot ile alınır (Şekil 1b). Genel olarak çok ince taneli sediman yapısı için uygundur. Daha iri taneler için farklı tip karot

örnekleyiciler seçilmelidir. Temel karot örnekleyici tipi gravite karot olarak adlandırılan tek silindir şeklinde, deniz tabanına dik olarak giren, derinliğe bağlı olarak vinç veya elle kullanılan tiptir (Şekil 1 b). Metal analizleri için içinde plastik kapsül bulunanlar tercih edilmelidir. Dezavantajı, kullanım zorluğuna bağlı daha az pratik olması (tekrarlama güçlüğü), ve ağır işler için kullanılan vinci bulunan büyük gemiye ihtiyaç duyulmaktadır. Konvansiyonel pistonlu karotiyere kıyasla en büyük, avantajı örneklerindeki yapısal bozulmayı azaltmasıdır.

c) Kutu Karotıyeri (Box Core), sığ gömülme ile geniş yüzeyli alandan geniş hacimli örnek, alınımını sağlar. Kutu karotların çoğunluğu kısmen sığ sulardaki sedimanter yapıların çalışılması için kullanılır(Şekil 1c). Yakın zaman içinde derin denizel sedimanter çalışmalar için de kullanılmaya başlanmıştır.

4.1.2 Saklama ve ön işlemler

Sediman örnekleri alımı sırasında güvertede veya laboratuvarda örneklerin genel fiziksel tanımlaması yapılmalıdır. Özellikle, renk, koku, homojenlik durumu, doku kompozisyonu, kavkı/canlı varlığı ve görünür kirletici durumu (petrol kalıntısı vb) not edilmelidir (OSPAR, JAMP 2002-16).

Sediman örneği alınır alınmaz, alt örneklemeler yapılmalıdır. Metal analizi için sediman alt örnekleri sedimanın 1cm'lik yüzey tabakasından plastik spatül ile alınıp boroslikatlı cam veya polipropilen kaplara koyulur ve -20°C de derin dondurucuda saklanır (UNEP, 2006; Guidance Document No 25). Analizden önce sonuç konsantrasyonlarını yaş ağırlık olarak da verebilmek için alınacak yaklaşık 1g yaş örnekte su içeriği tayin edilip kuru ağırlık/yaş ağırlık oranı kaydedilmelidir. Daha sonra örnekler freeze dryer'da (liyoflizatörde) kurutulur. Sediman analizlerinde tane yapısı büyük önem taşımaktadır. Bilindiği gibi metal konsantrasyonları ince taneli sedimanda daha yüksek seviyede saptanmaktadır. Civa örnekleri tercihen cam veya quartz kaplara alınıp, saklanmalıdır (OSPAR, JAMP 2002).

Kurutulan örneklerde metal analizi üç şekilde yapılmaktadır:

a) Eleme sırasındaki oluşabilecek kirlenme riski nedeniyle (OSPAR 2008), sediman örnekleri kurutulduktan sonra elemeden toplam olarak alınıp parçalama işlemi uygulanmaktadır. Ancak bu durumda örnekte görülebilen büyük parçalar (yaprak, dal, çakıl vb.) pens ile dikkatlice uzaklaştırılmalıdır. Bu yöntemde kum ve çakıl boyutlu malzemeden kaynaklanacak olan litojenik kökenli element içeriklerinin yaratacağı etkilerin göz önünde bulundurulması gereklidir. Bu durumda kil analizleriyle birlikte XRD ve benzeri yöntemlerle mineral bileşimlerinin de saptanması zorunludur. Tane boyu etkisini bertaraf etmek için referans elemente göre (Al) normalizasyon işlemi yapılarak mekânsal karşılaştırma yapılabilir.

b) Sediman örnekleri kurutulduktan sonra homojen yapılıp öğütülmeden 63 µm göz açıklığına sahip elekten elenir ve tane büyüklüğünden ileri gelebilecek hataları önlemek için tane büyüklüğüne göre normalize edilir. Sedimantasyon hızının fazla olduğu ve ince taneli sediman yapısının bulunduğu alanlarda örnekleme yapıldığında eleme işlemine gerek kalmaz.

c) Islak (Yaş) Eleme alternatif yöntem olarak verilebilir. Sediman örneklerinde kum ve çakıl gibi iri taneler, kil ve silt gibi ince tanelerden ayırmak için 63 mikron gözenek çaplı elekler kullanılarak ıslak eleme işlemi de gerçekleştirilebilir (UNEP(DEC)/MED

WG.282/In.5/Rev.1 22 March 2006).

Metallerin alansal dağılımlarının belirlenmesinde laboratuvarlar arasında karşılaştırma yapabilmek için <2mm fraksiyon veya daha ince fraksiyonda analiz tercih edilebilir. Zamansal eğilim değerlendirmesi için ise <63 µm veya <20 µm büyüklüğündeki fraksiyonun analizi önerilir.

Diğer destekleyici analizler: Sedimandaki kirliliğin değerlendirilmesinde kirleticiler dışında, normalizasyon yapabilmek için lityum, alüminyum veya demir değişkenlerinin ölçülmesi gerekir. Bu aynı zamanda, eleme yapılmadıysa tane boyundan gelen belirsizliğin giderilmesinde de kullanılacaktır. Tane boyu dağılımı ile organik karbon ve karbonat içerikleri değerlendirme aşamasında gerekli diğer parametrelerdir.

4.1.3 Tane büyüklüğü tayini

Tane boyu sedimanların en önemli fiziksel özelliğidir. Jeolog ve sedimantologlar sediman tane boyu verilerini kullanarak taşınma ve depolanmaya ilişkin dinamik koşulların bağlantılı olduğu yüzeysel işlevlerdeki farklılıkların araştırılması; mühendisler sedimanter zeminin geçirgenliği ve muhtelif yükler etkisindeki taşıma kapasiteleri; jeokimyacılar tane boyunu kinetik reaksiyonlar ile ince taneli partikül ve kirletici ilişkisi; hidrologlar yeraltı akışkanlarının hareketlerine ilişkin çalışmalarında tane boyu verilerini kullanmaktadırlar.

Tane boyu analizlerinde uygulanacak ekipman ve teknikler hızlı, hassas ve güvenilir olmalıdır. Bu ölçümlerin hassasiyeti; örnekleme teknikleri, saklama koşulları, analitik yöntemler, donanım, ve özellikle personel yeteneğine bağlıdır.

Kullanılacak örnek tipi, miktarı ve analiz yöntemi sonuçların kullanılacağı alana bağlı olarak farklılıklar göstermekle beraber uzun yıllar boyunca tane boyu dağılımlarının belirlenmesinde çakıl ve kum boyutlu malzeme için elek analizi (Folk, 1968; Carver, 1971), silt ve kil içeriklerinin belirlenmesinde pipet veya hidrometre yöntemi kullanılmıştır (Krumbein ve Pettijohn, 1938; Milner 1962, Folk, 1974). Buna göre iri ve ince taneli iki temel birimi oluşturan temel tane boyu grupları sınır değerleriyle birlikte Tablo 6 kapsamında verilmiştir.

Tablo 6 Tane boyu sınıflandırılması

	İnce	**İri**
Çakıl	2mm	
Kum	62.5µm	2mm
Silt	2µm (4 µm)	62.5µm
Kil		2µm (4 µm)

Elek ve hidrometre/pipet analiz yöntemleri dışında aralarında pahalı donanımların da yer aldığı Rapid Sediman Analizörü (Ziegler ve ark., 1960; Schlee, 1966), Elektro-Resistans çok kanalı partikül ölçüm sistemleri ile Sedigraf gibi donanımlar ağırlıklı olarak ince taneli malzemelerin tane boyu analizlerinde kullanılmaktadır. X-ray sedimantasyon tekniklerinin kullanıldığı güncel teknoloji ürünü Sedigraf sistemleriyle 40 nanogram ile 2.5 mm aralığında tane boyu ölçümleri yapılabilmektedir.

4.1.4 Asit ile parçalama (Digestion)

Asit ile parçalama işlemi ölçümde kullanılacak cihaz ve metoda göre değişiklik göstermektedir. Ölçümlerde AAS kullanılacaksa, yaklaşık 0.20-0.30 g örnek mikrodalga sisteminin kaplarına tartılır. Nitrik asit + Hidroklorik asit + Perklorik asit + Hidroflorik asit karışımında mikrodalga sisteminde (kapalı sistem) çözülür (UNEP, 1982; EPA 3051a). Mikrodalga sisteminde çözünen örnekler bidestile suyla son hacmine tamamlanır.

Ölçümlerde ICPMS kullanılacaksa yaklaşık 0.1 g örnek mikrodalga sisteminin kaplarına tartılır. Nitrik asit + Hidroflorik asit + Hidrojen peroksit karışımında mikrodalga sisteminde (kapalı sistem) çözülür. Daha sonra borik asit ile tekrar mikrodalga sisteminde çözünme işlemi yapılır. Bu şekilde hidroflorik asit (HF) in etkisi ortadan kaldırılmış olmaktadır (Fisheries Research Services Internal Report No 09/05). Çözünen örnekler bidestile suyla son hacmine tamamlanır. ICP-MS cihazıyla yapılan çalışmalarda hidroklorik asit de kullanılabilir (EPA 3052), ancak hidroklorik asit (HCl) in kullanımı bu cihazda Arenik (As) ve Vanadyum (V) için girişime sebep olabilmektedir. Bu girişimler ICP-MS cihazında geliştirilen yöntemler/ayarlamalar ile ortadan kaldırılabilmektedir.

Asit ile parçalama işlemi açık yöntem ile de yapılabilmektedir. Bu yönteme göre yüzey sediman örnekleri 40°C etüvde veya liyoflizatörde kurutulduktan ve agat bir havanda öğütülür ve 0.5 g örnek mikrodalga fırında 120°C'de $HF+HNO_3+HClO_4$ asit karışımında çözünürleştirilir (Loring ve Rantala, 1992). Çözünen örnekler 1M HCl çözeltisi ile teflon beherlere alınarak, elektrikli ısıtıcıda 120°C'de jel kıvamına gelene kadar buharlaştırılır. Jel kıvamına gelen örnek 1M HCl çözeltisi ile seyreltilerek çözeltiye alınır ve Atomik Absorbsiyon Spektrometresinde (AAS) analiz edilir.

4.1.5 Ölçüm Yöntemi

Ölçüm yöntemi kullanılan ölçüm sistemlerine göre farklılaşmaktadır. Ölçümler Atomik Absorbsiyon Spektrometresi (AAS), ICP-OES, ICP-MS, XRF sistemleri kullanılarak yapılabilmektedir.

AAS: Sedimanda civa tayini soğuk buhar tekniği ve civa analizörü ile ölçülürken, kadmiyum grafit fırın tekniği, kurşun, krom, bakır, çinko gibi elementler alevli teknik, arsenik Hidrür (alevli) ünitesi ile ölçülebilmektedir. Alevli teknik ile ölçümlerde genellikle asetilen-hava karışımı kullanılırken Al, V ve Mo derişimleri ise asetilen-N_2O gaz karışımı kullanılarak analiz edilebilmektedir (EPA Method 7473; EPA Method 7000B; EPA Method 7010).

Sedimanda Civa analizi "UNEP/IAEA: Determination of total absorption spectrophotometry. Method No: 26"ya göre yapılmaktadır. Analizde indirgeyici reaktif olarak kalay (II) klorür kullanılır. İndirgeme süreci genellikle 1-2 dakika içinde tamamlanır. İndirgenmiş civa argon gazı ile soğurma hücresine taşınır ve soğurma miktarı ölçülür. Analitik hesaplamalar standart kalibrasyon eğrileri kullanılarak yapılır. Metodun doğruluğu ve güvenirliliğini kontrol etmek için örneklerle aynı şartlarda referans maddesi çözülür ve analiz edilir. Civa analizi Direkt Civa Analizörü ile de yapılabilmektedir. Bu yöntemde Civanın katı ve sıvı numunelerden açığa çıkmasını sağlamak amacıyla oksijen varlığında fırın içinde kontrollü ısıtma gerçekleştirilir. Numune önce kurutulur, ardından da numunenin ayrışma fırınında termal ve kimyasal olarak ayrışması sağlanır. Ayrışma ürünleri, fırının katalitik bölmesine oksijen ile taşınır. Oksidasyon tamamlanır ve halojenler ile azot/sülfür

oksitler tutulur. Geriye kalan ayrılma ürünleri amalgamatöre taşınır ve burada cıva seçici bir şekilde tutulur. Sistemden oksijen geçirilerek geriye kalan gazlar veya ayrışma ürünleri ayrılır ve ardından hızlı bir şekilde amalgamatör ısıtılır, cıva buharı açığa çıkar. Sistemden geçirilen oksijen cıva buharını tek bir dalga boyu absorpsiyon spektrofotometresinin ışık yolunda konumlandırılmış absorbans hücrelerinden geçirir. Absorbans (pik yüksekliği veya pik alanı olarak) 253,7 nm'de civa konsantrasyonunun fonksiyonu olarak ölçülür (EPA Method 7473).

Sedimanda kadmiyum analizi "UNEP/IAEA, Method No: 27", bakır analizi "UNEP/IAEA, Method No: 33", krom analizi "UNEP/IAEA, Method No: 31" ve çinko analizi "UNEP/IAEA, Method No: 39" yöntemleri kullanılarak yapılmaktadır. Kullanılan sistemin her metal için saptama limitleri verilmelidir (UNEP, 2006).

ICP-MS: İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometrisi, radyo frekansı üreten indüklenmiş çifte plazma (radio-frequency inductively coupled plasma) tarafından üretilen iyonları ölçme tekniğine dayanır. Sıvı ortamında bulunan analizi yapılacak olan numune peristaltik pompa yardımı ile nebulizera gelir ve argon gazı yardımı ile aerosol haline dönüştürülür. Spray chamber'da damlacık büyüklüğüne göre ayrılır ve büyük damlalar atılır. Aerosol, argon gazı ile plazma torch'una iletilir.

Argon plazma, argon atomu, iyon ve elektronlarını içeren yüksek enerji boşalması elde etmek için sürekli uygulanan radyo frekansı ile üretilir. Plazmanın en sıcak noktasındaki sıcaklık 6000-8000ºK civarındadır. Plazmanın içine giren aerosol damlaları önce atomlara daha sonra iyonlara dönüşür. İyonlar atmosferik basınç altındaki sample cone'e daha sonra 2 mbar basınca sahip skimmer koniye ulaşır. Bu bölgeye arayüz (interface) adı verilir.

Cihazın analiz bölgesi 10^{-7} mbar basınç altındaki farklı aralıklarda elektrostatik iyon lens sistemine sahiptir. İyon lens sistemi iyon demetine odaklanır. İyonlar quadrupole vasıtasıyla mikrosaniye zaman aralıklarında kütle/yük oranına göre ayrılırlar. Ayrılmış kütle farklı "dynode electron multiplier" tarafından tespit edilir. Dedektörün tespit ettiği değer, çözelti içerisindeki konsantrasyonla orantılıdır. Bu değer, konsantrasyonu bilinen standart çözeltiler kullanılarak hazırlanan kalibrasyon eğrileri vasıtasıyla hesaplanır.

Sediman örneklerinde metal analizi için standart çözeltilerden (1000 ppm) uygun aralıklarda karışım çalışma standartları hazırlanmaktadır. Metodun doğruluğu ve güvenirliliğini kontrol etmek için örneklerle aynı şartlarda referans maddesi çözülür ve analiz edilir (EPA 6020A).

ICP-OES: ICP-OES tekniği elektromanyetik indüksiyonla 10.000˚K sıcaklığa ulaştırılan argon plazması tarafından numune içerisindeki elementlerin uyarılmasını ve uyarılan elementlerin yaydıkları optik emisyonun spesifik dalga boylarına göre ölçülmesi esasına dayanır. Metallerin tayin sınırları ve doğrusal aralıkları cihaza, seçilen dalga boyuna ve numune matriksine bağlı olarak değişir.

Stok standart çözeltiler (Genellikle 1000 µg/ml derişimde) kullanılarak istenilen derişimleri içeren karışık kalibrasyon çözeltileri hazırlanır. Cihaz performans kontrol çözeltileri ile analiz öncesinde kontrol edilir. Daha sonra hazırlanan kalibrasyon çözeltilerinin cihazda ölçümü ile analiz edilmek istenen metaller için eş zamanlı olarak kalibrasyon grafikleri çizilir. Ölçüm sonuçlarının güvenilirliği için numune ile aynı yöntemle analize hazırlanmış benzer/aynı matrisli sertifikalı referans materyal analizleri yapılmalıdır (EPA Method 200.7).

XRF Spektrometri yöntemi: Uygulaması çok kolay bir yöntem olup yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bunlardan Dalgaboyu Dağılımlı X-Işını Floresans Spektrometresi (WDXRF) günümüzde, flor ile uranyum arasındaki elementlerin hızlı ve doğru olarak nitel ve nicel analizlerinin yapılmasına olanak sağlamaktadır. Analiz prensibi; atom X ışınları gibi yüksek enerjili bir radyasyonla uyarıldığında, bu yüksek enerji girişi yakın yörüngelerdeki elektronları daha yüksek enerji düzeyine çıkarır. Uyarılan elektronlar ilk enerji düzeylerine döndüklerinde kazanmış oldukları fazla enerjiyi dalga boyu 0,1-50 Å olan X ışınları şeklinde geri verirler. Bu ikincil X ışınları yayımına floresans ışıma adı verilir. Elementlerin verdiği bu ışımaların dalga boyu her element için karakteristiktir ve o elemente özgüdür. Işımanın dalga boyunun saptanmasıyla elementin cinsi (nitel), saptanan bu ışının yoğunluğunun ölçülmesiyle element konsantrasyonu (nicel) ppm mertebesinde belirlenmektedir.

Cihaz, standartlar kullanılarak her bir element için ayrı ayrı kalibre edilmektedir. Absorblanma ve zenginleştirme etkilerini dikkate alan ve ortadan kaldırmaya yönelik hazırlanmış matematiksel yöntemler kullanan yazılım programı yardımıyla kalibrasyon doğrularında düzeltmeler yapılır. Örnekler, toz haline getirilmeden önce, etüvde 75ºC de 4 saat kurutulmaktadır.

Toz tablet hazırlamak için agat havanlı öğütücü ve pres kullanılmıştır. Öğütücüde toz haline getirilen örneklerden 12 gr tartılarak, borkarbür malzemeden yapılmış havan içinde 3 gr selüloz ile 5 dakika karıştırılır. 40 mm çapında paslanmaz çelik pelet set içine konularak 25 ton basınçta 1 dakika preslenerek pelet haline getirilir. Bu şekilde hazırlanan örnekler, paslanmaz çelik malzemeden yapılmış örnek kapları içine konularak cihazda sayıma bırakılır. 2 saat süren sayım işlemi sonucunda, örnek içindeki elementlerin analiz sonuçları ppm olarak hesaplanır.

Sedimanda ölçülen değişkenler, izlenecek denizler, örnekleme yöntemi, saklama yöntemi, sıklık, analiz yöntemi, ölçüm yapılabilecek cihaz, LOD/LOQ değerlerini gösteren tablo aşağıda verilmiştir (Tablo 7).

4.1.6 Normalizasyon

Normalizasyon, sediman kompozisyonundaki tane boyu, organik madde ve tane büyüklüğü gibi doğal değişkenliğin, kirletici konsantrasyonuna etkisini düzeltmek amacıyla yapılan bir işlemdir.

Jeokimyasal çalışmalar, sedimanda major elementler, metaller, tane büyüklüğü, organik madde, karbonat ve mineralojik bileşimi kapsamaktadır. Doğal ve antropojenik kaynaklardan gelen metaller bir arada bulunduklarından, sedimandan gelen metal yükünün ne oranda doğal/antropojenik olduğunu saptamak kolay değildir (UNEP, 1995). Sedimanlardaki metal konsantrasyonları, mineralin yapısı, tane büyüklüğü ve antropojenik girdilere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Çoğu bölgede, hidrolik ve kimyasal partiküle fraksiyonlanma genellikle azalan sediman tane büyüklüğüne paralel olarak artış gösteren metal konsantrasyonlarından kaynaklanmaktadır. Bu yüzden antropojenik metal girdilerinin değerlendirilmesinden önce tane büyüklüğüne göre normalizasyon yapılması gereklidir.

Tablo 7. Sedimanda ölçülen metaller, izlenecek denizler, örnekleme yöntemi, saklama yöntemi, sıklık, analiz yöntemi, ölçüm yapılabilecek cihaz ve cihazlara özgü LOD/LOQ değerleri (µg/kg kuru ağırlık)

Parametre	İzlenecek Denizler	Örnekleme Yöntemi	Saklama Koşulu	Sıklık*	Analiz Yöntemi	Ölçüm Cihazı		LOD (ppb)	LOQ (ppb)
						Tavsiye Edilen	Kullanılan		
Al	Tüm denizlerimizde	Sediman grab/Kor örnekleme cihazı	-18°C	Yılda 1 kez/4 yılda 1 kez	Asit ile parçalama	ICP-MS ICP-OES	AAS	AAS:100 ICP:10	AAS:300 ICP:30
As						ICP-MS	AAS	1	3
Cd						ICP-MS	GFAAS	10	30
Cr						ICP-MS ICP-OES	AAS	GF/AAS:100 ICP:10	GF/AAS:300 ICP:30
Cu						ICP-MS ICP-OES	AAS		
Fe						ICP-MS ICP-OES	AAS		
Hg						CVAAS	Civa Analizörü ICP-MS	0,1	0,3
Ni						ICP-MS ICP-OES	AAS	AAS:30 ICP:10	AAS:90 ICP:30
Pb						ICP-MS ICP-OES	AAS	GF/FAAS:100 ICP:10	GF/FAAS:300 ICP:30
Zn						ICP-MS ICP-OES	AAS	GF/FAAS:100 ICP:10	GF/FAAS:300 ICP:30

*Sedimantasyon hızına bağlı olarak değişmekte olup hız 1 cm/yıl dan büyükse yılda bir kez, küçükse 4 yılda bir kez izlenmelidir. Su Çerçeve Direktifine göre eğilim izlemelerinde 6 yıllık bir periyotta yıllık örnekleme yapılması önerilmektedir (Guidance No 25)

Değişken sediman bileşimlerini düzeltmek için genel olarak iki yaklaşım uygulanmaktadır;

a) Fiziksel Normalizasyon: Örneğin tane boyutuna göre (örn <20 µm, <63 µm şeklinde) ayırma, tane boyutundan kaynaklanan kirlilik konsantrasyonundaki değişimlerin azalmasını sağlar. Böylece, eleme yolu ile kirleticilerin daha az bulunduğu büyük taneler ayrılmış olacak ve ince tanede yapılan analiz sonuçlarını karşılaştırmak mümkün olacaktır. Bu yöntem hem metallere hem de organik kirleticilere uygulanabilir. Fakat bu metot ile sadece fiziksel etkilerden kaynaklanan değişimler azaltılmış olacağı için, bu işlem sonrasında sedimanın jeokimyasal yapısından kaynaklanan etkilerin azaltılması için kofaktörler kullanılarak da düzeltme yapılması gerekmektedir. Bu sebepten dolayı, eleme işlemi sonrasında da kofaktörler kullanılarak düzeltme işlemi yapılmalıdır (OSPAR JAMP, 2002).

b) Tane büyüklüğü normalizasyonun yanı sıra referans metal normalizasyonu da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Normalizasyon, kirliliğin, bağlanma kapasitesi yüksek olan sediman bileşeni arasındaki ilişkinin belirlenmesi ile yapılır. Örneğin sedimanın bağlama kapasitesi ile tanecik boyu arasındaki ilişki kullanılır. Kirletici konsantrasyonunun normalizasyonu, kofaktöre göre lineer regrasyon ile yapılabilir (Semedes, 1997; Smedes ve ark., 2000). Jeokimyasal normalizasyonda kirletici girdilerinden etkilenmeyen ve yerkabuğunda en çok bulunan elementlerden Al, Fe veya Li gibi metaller referans/kofaktör olarak kullanılmaktadır. Çünkü her üç metal de, sedimanda meydana gelen diyajenez reaksiyonları ya da güçlü redoks tepkimelerinden etkilenmezler. Al veya Li ile yapılan normalizasyon ile metal konsantrasyonlarındaki anomaliler tanımlanmaktadır.

Metal/referans oranı veya tane büyüklüğüne göre normalizasyon yapılarak metal dağılımlarını kontrol eden faktörleri tayin etmek mümkün olacaktır. Metal seviyelerindeki anomaliler sadece kirlilikten kaynaklanmayıp sedimanın yapısından da ileri geldiği normalizasyon sonucu saptanmaktadır (UNEP, 1995).

4.1.7 Organik karbon

Sediman örneklerinde organik karbon konsantrasyonu CHN analizöründe veya sülfokromik oksidasyon yöntemi kullanılarak spektrofotometrik yöntemle ölçülmektedir.

CHN Analizörü: CHN elementel analiz cihazının çalışma prensibi otomatik örnekleyici aracılığı ile yanma kolonuna gönderilen kalay kapsüller içine sıkıştırılmış numunenin bir anda yanmasına (flush combustion) dayanmaktadır. Kolondaki durağan faz gözenekli bir tabaka olup, elementel bakır granülleri ile krom-trioksitli oksidasyon katalizöründen yapılmıştır. Kolonda yanma işlemi 1000°C'de gerçekleşmektedir. Bu sıcaklıkta >98 % geri-kazanım elde edilmektedir. Numune ve kalay kapsül oksijence zenginleştirilmiş ortamda ergimektedir. Yanma ürünleri karışımı taşıyıcı helyum gazı ile yanma reaktöründen indirgenme kolonuna taşınmaktadır. Ortamdaki fazla oksijen uzaklaştırılmakta ve azot oksitler N_2'ye indirgenmektedir. N_2, CO_2 ve H_2O'dan oluşan gaz karışımı kromatografik kolondan (fırın 60°C) geçerek kalış sürelerine göre piklerine ayrılmaktadır. Daha sonra bu sinyaller altında kalan alanlar bir kalibrasyon faktörü kullanılarak ağırlık yüzdeleri olarak hesaplanmaktadır.

Toplam organik karbon ve azot ölçümünde ise 2 N HCl ile muamele edilen örneğin inorganik kısmı uçurulup asitten kurtarılır. Daha sonra 50°C'de kurutulan örnekler elementel analiz cihazında yukarıdaki şartlarda ölçümü yapılır.

TC = TOC + TIC	TN = TIN + TON
TC: Toplam karbon	TN: Toplam Azot
TOC: Toplam Organik Karbon	TON: Toplam Organik Azot
TIC: Toplam İnorganik Karbon	TIN: Toplam İnorganik Azot

Sülfokromik oksidasyon yöntemi: Kuvvetli asit ortamında potasyum dikromat ile oksidasyon vasıtasıyla toplam organik karbonun tayin edilmesi ilk olarak Schollenberger (1927), sonrasında Walkley ve Black (1934) tarafından ileri sürülmüştür. Belirli bir zaman içinde ve reaksiyon sıcaklığında oksidasyon/mineralizasyon aşamasından sonra organik karbon miktarı sediman örneklerinde spektrofotometrik metotla ölçülmektedir. Kurutulmuş sediman örnekleri $K_2Cr_2O_7$ ve H_2SO_4 ile okside edilmektedir ve sonrasında örnekler süzülerek ayrılmaktadır. Örneklerdeki organik karbon konsantrasyonu 610 nm'de spektrofotometrik yolla ölçülmektedir (Hach, 1988). Bu metodun doğruluğu % ±0.017 organik maddedir.

Bu yöntemdeki mineralizasyonda, karbonun organik formları aşırı dikromat mevcut olduğunda okside edilmektedir. Derişik asit ortamındaki reaksiyon ekzotermiktir (~120°C). Reaksiyon aşağıdaki şekilde gerçekleşmektedir:

$$3C + 2Cr_2O_7^{2-} + 16H^{+1} \rightarrow 4Cr^{3+} + 8H_2O + 3CO_2$$

İndirgenmiş dikromatın miktarı örnekteki organik karbon içeriğiyle nicel olarak ilişkilidir. İnorganik formlar (karbonat ve bikarbonatlar) sülfokromik yönteme göre parçalanmaktadır ve asit tüketme ve köpük oluşturma dışında herhangi bir rol oynamazlar. Kalsiyum sülfat çökelmesi spektro-kolorimetrik yöntem kullanıldığında sorun yaratabilmektedir. Bunun için örneklerin son aşamada süzülmesi gerekmektedir.

$$CaCO_3 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4\downarrow + H_2O + CO_2\uparrow$$

4.1.8 Ölçüm Sınırları (LOD) (LOQ)

Algılama Sınırı (Limit of Detection, LOD):

Güvenilir bir kararlılıkla kalitatif olarak ölçülebilen en düşük içeriktir. Tipik olarak S/N (sinyal/gürültü)nün 3 katıdır; gürültünün standart sapmasına dayanır.

$$LOD = \frac{k\ S_{şahit}}{m\ (\text{eğrinin eğimi})} \qquad (k = \sim 3)$$

m = eğrinin eğimi Sşahit: Kör çözeltilerinin sinyallerinin standart sapması

Kantitatif Ölçme Sınırı (Limit of Quantitative Measurement, LOQ):

Uygulanan analiz koşullarındaki kabul edilebilir kantitatif olarak tayin edilebilen en düşük analit konsantasyonudur. Tipik olarak S/N'nün 10 katıdır.

$$LOQ = \frac{k\ S_{şahit}}{m\ (eğrinin\ eğimi)} \qquad (k = \sim 10)$$

m = eğrinin eğimi Sşahit: Kör çözeltilerinin sinyallerinin standart sapması

Yukarıdaki LOD ve LOQ için sinyal terimi spektrofotometrik ölçümlerde (AAS ve spektrofotometre) kör çözeltinin absorbansıdır. ICP-OES için kör çözeltisinin emisyon yaptığı dalga boyundaki ışığın şiddeti, HPLC için kör çözeltinin alanı, MS gibi dedektöre sahip cihazlarda kör çözeltisi için iyon bolluğudur. Her iki kör sinyali ölçümü için 10 adet kör çözeltisi hazırlanmalı bu çözeltilerin her biri en az 3 kez okutulmalıdır.

4.2 Biyota

Çeşitli karasal ve atmosferik atıkların su ortamlarına kolaylıkla giriş yapması ve su organizmalarının bu tür kirleticilerle doğrudan ilişkide bulunmaları nedeniyle, bu ortamlarda meydana gelen değişimlerin sürekli olarak incelenmesi önem taşımaktadır.

Balıklar da akuatik çevrenin koşullarını ve değişimini belirlemede biyoindikatör olarak kullanılan canlılardan birisidir. Bu nedenle, ekosistemdeki değişimlere bağlı olarak balığın çeşitli seviyelerde bu değişimlere gösterdiği tepkilerin derecelerinin ve şeklinin bilinmesi gerekmektedir. Sucul ortamlarda yaşayan özellikle protein kaynağı olarak tüketilen, ekonomik önem taşıyan balıkların dokularında biriken metaller besin zinciri yoluyla insana kadar ulaşmaktadır (Fabacher ve Little, 2000).

Birçok balık türü, çok yıllık yaşam döngüsü ve hareket yeteneklerinden dolayı uzun süreli etkileri ve geniş çapta habitat koşullarındaki değişimleri iyi bir şekilde yansıtan indikatörler arasında yer almaktadır. Balıklar çok hassastan son derece toleranslıya değişen antropojenik hasarın belirtilerine karşı geniş spektrumlu komünite toleransları gösterdikleri ve fiziksel, kimyasal ve biyolojik bozunmaya cevap verdikleri için (Plafkin ve ar., 1989) özelikle stresin iyi indikatörleri olarak işlev yaparlar.

Deniz çalışmalarında kirleticilerin ölçümünde FAO/UNEP (1993) tarafından indikatör tür olarak barbun (*Mullus barbatus*) balığı tavsiye edilmiştir. Bir çok çalışmada kabuklulardan kara midye (*Mytilus galloprovincialis*) de indikatör tür olarak incelenmektedir (Nasci ve ark., 1998; Da Ros ve ark., 2000; Kucuksezgin ve ark., 2008).

İzleme çalışmalarında kıyılarımızın hepsinde barbun balığı bulunduğundan ortak tür olarak tavsiye edilebilir. Ancak kara midye de metal ve organik kirleticilerin izlenmesinde özellikle petrol hidrokarbonlar için çok doğru sonuçlar verdiğinden kuzey Ege ve Marmara Denizi kıyılarında uygun bir indikatördür.

Omurgasızlar, deniz ortamında mevcut türlerin % 90'nını oluştururlar ve ekosistem fonksiyonlarında büyük rol oynarlar. Bunlardan özellikle (*Mytilus galloprovincialis*) bivalvler kıyısal sulardaki kimyasal pollusyonu izleme ve tanımlama çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bivalve türler türlerinin uygunluğunu destekleyen faktörler;

- Bu türler sesil organizmalar olup yüksek konsantrasyondaki bir çok kirleticiyi biriktirmeye eğilimlidir.

- Geniş yayılım alanları ve örnekleme çalışmalarının kolay olması,
- Toksik maddelerin transfer edilmesindeki fizyolojik rolleri ve çeşitli savunma mekanizmalarından dolayı çevresel kirleticilere maruz kalmaya daha yatkındırlar (Mersch ve ark., 1996)
- Midyeler sucul ortamın kirlilik kontrolünün belirlenmesinde ortamın tüm zonlarında dağılım göstermelerinden dolayı ekotoksikolojik çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır (Dixon ve ark., 2002).
- Denizel çevrede bivalve türlerinin (Mytilus galloprovincialis), ortamda mevcut bulunan organik kirleticileri biriktirebilmeleri, sesil olarak yaşam sürdürmeleri ortamdaki partikül eri filtre ederek beslenmeleri izleme çalışmaları için iyi bir biyoindikatör olduğuna işaret etmektedir (Viarengo ve ark., 1991).
- Ayrıca ekonomik öneme sahip deniz ürünü olarak tüketilmelerinden dolayı bir çok toksikolojik ve ekotoksikolojik çalışmalarda tercih edilmektedir.

Biyota örneklemesinde örneklerin analizinde yapılacak hataları elimine etmek için aynı boy aralığında 3-5 replikat (paralel örnek) çalışılması ve ortalama değerin kullanılması gereklidir.

4.2.1 Örnekleme ekipmanları

- Trol, Beam trol
- Dijital terazi
- Balık boyu ölçüm tahtası
- Dijital kumpas
- Bisturi ve bisturi sapları

Şekil 2 Trol Örneklemesi

4.2.2 Saklama ve örnekleme yöntemleri

Balık: Çalışma alanlarından trol ile avlanan balık örneklerinin boy ve ağırlıkları balık boyu ölçüm tahtası ve elektronik terazi yardımıyla saptanmaktadır (Şekil 2). Biyometrik ölçümler yapılarak gerekli hallerde hapato ve gonado somatik indeks hesaplanabilir (EC 2010). Balık örneklerinin kas dokuları bisturi yardımıyla ayrılır ve bu dokular plastik torbalara konularak laboratuardaki analiz işlemlerine kadar derin dondurucuda -20 °C'de muhafaza edilmektedir.

Midye: Çalışma alanlarından el ile toplanan midye örneklerinin boy ve ağırlıkları dijital kumpas ve terazi yardımıyla ölçülmektedir. Kabukları açılan örneklerin kas dokuları laboratuvar ortamında bisturi yardımıyla ayrılmaktadır ve bu dokular plastik torbalara konularak derin dondurucuda -20°C'de saklanmaktadır.

4.2.3 Asit ile parçalama (Digestion)

Analiz öncesi freeze dreyer'da kurutulan biyota örneklerinden 0.50-0.60 g tartılarak uygun asit karışımında (Nitrik asit-Perklorik asit) mikrodalga sistemi kullanılarak çözülmekte olup son hacmi bidistile suyla tamamlanır. Toplam civa ve arsenik analizleri için alternatif bir yönteme göre liyoflizatörde kurutulan örnekten 0,2-0,3 g cam tüplere alınır. 5 ml HNO_3 ilave edilir. 50 - 60ºC de 1 saat bekletilir. Daha sonra 5 ml % 10 luk H_2SO_4 çözeltisi ilave edilir ve 1 saat daha çözünürleştirme işlemi devam ettirilir. 12 saat bekletildikten sonra örnekler AAS' de okunmak üzere saklanır. Hg AAS-Hidrür (alevsiz), As AAS-Hidrür (alevli) ünitesinde okunur.

4.2.4 Ölçüm Yöntemi ve deteksiyon limitleri

AAS, ICP-OES ve ICP-MS'de ölçümleri gerçekleştirilmektedir (UNEP, 1982; UNEP, 1984, Guidance Document No 25). Ölçümler sırasında standart katma veya çok kademeli seyrelme kullanılabilir. Analizlerin doğruluğu referans madde kullanılarak kontrol edilmelidir.

Civa (Hg) Analizi: Balık ve midyedeki civa analizleri "UNEP/FAO/IOC/IAEA: Determination of total mercury in selected marine organisms by cold vapour atomic absorption spectrophotometry. Ref. Method No: 8" yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Analizde indirgeyici reaktif olarak kalay (II) klorür kullanılır. İndirgeme süreci genellikle1-2 dakika içinde tamamlanır. İndirgenmiş civa argon gazı ile soğurma hücresine taşınır ve soğurma miktarı ölçülür. Analitik hesaplamalar. standart kalibrasyon eğrileri kullanılarak yapılır. Metodun doğruluğu ve güvenirliliğini kontrol etmek için örneklerle aynı şartlarda referans maddesi çözülür ve analiz edilir. Civa ölçümleri civa analizörü kullanılarak da yapılabilmektedir (EPA Method 7473).

Bakır, Kadmiyum, Çinko, Kurşun ve Krom: Balık ve midyelerdeki bakır, kadmiyum, çinko ve krom analizleri "UNEP/FAO/IOC/ IAEA: Determination of total cadmium, zinc, lead and copper in selected marine organisms by flameless atomic absorption spectrophotometry. Ref. Method No: 11" yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçümler AAS'de alevli ve alevsiz teknikler kullanılarak yapılır. Analitik hesaplamalar standart kalibrasyon eğrisi çıkarılarak yapılır. Analizlerin doğruluğu referans madde kullanılarak kontrol edilir.

Tablo 8 AAS (alevli, alevsiz grafit fırın ve soğuk buhar teknikleri), ICP-OES ve ICP-MS cihazlarının deteksiyon (saptama) limitleri (µg/L)

Element	Flame AA	Hg/Hydride	GFAA	ICP-OES	ICP-MS	Element	Flame AA	Hg/Hydride	GFAA	ICP-OES	ICP-MS
Ag	1.5		0.005	0.6	0.002	Mo	45		0.03	0.5	0.001
Al	45		0.1	1	0.005[a]	Na	0.3		0.005	0.5	0.0003[c]
As	150	0.03	0.05	2	0.0006[b]	Nb	1500			1	0.0006
Au	9		0.15	1	0.0009	Nd	1500			2	0.0004
B	1000		20	1	0.003[c]	Ni	6		0.07	0.5	0.0004[c]
Ba	15		0.35	0.03	0.00002[d]	Os				6	
Be	1.5		0.008	0.09	0.003	P	75000		130	4	0.1[a]
Bi	30	0.03	0.05	1	0.0006	Pb	15		0.05	1	0.00004[d]
Br					0.2	Pd	30		0.09	2	0.0005
C					0.8[e]	Pr	7500			2	0.00009
Ca	1.5		0.01	0.05	0.0002[d]	Pt	60		2.0	1	0.002
Cd	0.8		0.002	0.1	0.00009[d]	Rb	3		0.03	5	0.0004
Ce				1.5	0.0002	Re	750			0.5	0.0003
Cl					12	Rh	6			5	0.0002
Co	9		0.15	0.2	0.0009	Ru	100		1.0	1	0.0002
Cr	3		0.004	0.2	0.0002[d]	S				10	28[j]
Cs	15				0.0003	Sb	45	0.15	0.05	2	0.0009
Cu	1.5		0.014	0.4	0.0002[c]	Sc	30			0.1	0.004
Dy	50			0.5	0.0001[f]	Se	100	0.03	0.05	3	0.0007[b]
Er	60			0.5	0.0001	Si	90		1.0	10	0.03[a]
Eu	30			0.2	0.00009	Sm	3000			2	0.0002
F					372	Sn	150		0.1	2	0.0005[a]
Fe	5		0.06	0.1	0.0003[d]	Sr	3		0.025	0.05	0.00002[d]
Ga	75			1.5	0.0002	Ta	1500			1	0.0005
Gd	1800			0.9	0.0008[g]	Tb	900			2	0.00004
Ge	300			1	0.001[h]	Te	30	0.03	0.1	2	0.0008[k]
Hf	300			0.5	0.0008	Th				2	0.0004
Hg	300	0.009	0.6	1	0.016[i]	Ti	75		0.35	0.4	0.003[l]
Ho	60			0.4	0.00006	Tl	15		0.1	2	0.0002
I					0.002	Tm	15			0.6	0.00006
In	30			1	0.0007	U	15000			10	0.0001
Ir	900		3.0	1	0.001	V	60		0.1	0.5	0.0005
K	3		0.005	1	0.0002[d]	W	1500			1	0.005
La	3000			0.4	0.0009	Y	75			0.2	0.0002
Li	0.8		0.06	0.3	0.001[c]	Yb	8			0.1	0.0002[m]
Lu	1000			0.1	0.00005	Zn	1.5		0.02	0.2	0.0003[d]
Mg	0.15		0.004	0.04	0.0003[c]	Zr	450			0.5	0.0003
Mn	1.5		0.005	0.1	0.00007[d]						

Kaynak: https://shop.perkinelmer.com/Content/Manuals/GDE_InorganicAnalysis.pdf

Metallerin ölçülmesinde kullanılan atomik absorbsiyon spektrometresi (AAS) alevli tekniği, AAS grafit fırın tekniği, AAS soğuk buhar tekniği, ICP-OES ve ICP-MS cihazlarının deteksiyon limitleri kullanılan cihazların markasına göre değişiklik göstermektedir. Bu cihazların genel olarak deteksiyon limitlerinin seviyeleri bilgi vermek için Tablo 8'de µg/L olarak (%98 güven aralığında, 3 standart sapma ile) verilmiştir.

Metal analizlerinde ICP-MS ve ICP-OES cihazları ile tek multi-element kalibrasyon standardı kullanılarak bir ya da birden fazla metalin tek seferde ölçümü seri bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Ancak deniz ortamındaki sediman ve biyota matrislerinde bazı metallerin konsantrasyonları ICP-OES cihazının ölçüm limitlerinin altında kalabilmektedir. Örneğin sedimanda civa ve kadmiyum kirletilmemiş alanlarda ppb seviyesinde bulunurken balık örneklerinde de benzer şekilde Hg, Cd, Pb ve Cr derişimleri ppb seviyesinde saptanmaktadır. Bu seviyelerdeki metal konsantrasyonları ICP-OES cihazının ölçüm limitlerinin altında kalmaktadır. Biyotada ölçülen değişkenler, örnekleme yöntemi, saklama yöntemi, sıklık, analiz yöntemi, ölçüm yapılabilecek cihaz, LOD, izlenecek denizleri gösteren tablo aşağıda verilmiştir (Tablo 9).

Tablo 9 Biyotada ölçülen metaller, izlenecek denizler, örnekleme yöntemi, saklama yöntemi, sıklık, analiz yöntemi, ölçüm yapılabilecek cihaz ve cihazlara özgü LOD/LOQ değerleri (µg/kg kuru ağırlık)

Parametre	**İzlenecek Denizler**	**Örnekleme Yöntemi**	**Saklama Koşulu**	**Sıklık**	**Analiz Yöntemi**	**Ölçüm Cihazı**		**LOD (ppb)**	**LOQ (ppb)**
						Tavsiye Edilen	**Kullanılan**		
Cd	Tüm denizlerimizde	Trol, beam trol	-18°C	Mevsimlik	Asit ile parçalama	GFAAS	ICP-MS	10	30
Cr						ICP-MS, ICP-OES	GFAAS	10	30
Cu						ICP-MS, ICP-OES	FAAS	100	300
Hg						CVAAS	Civa Analizörü ICP-MS	0,1	0,3
Pb						ICP-MS	GFAAS	10	30
Zn						ICP-MS, ICP-OES	FAAS	100	300

4.2.5 Ölçüm sınırları (LOD, LOQ)

Ölçüm cihazlarının ölçülen metaller için saptama limitleri vardır.

Algılama Sınırı (Limit of Detection, LOD):

Güvenilir bir kararlılıkla kalitatif olarak ölçülebilen en düşük içeriktir. Tipik olarak S/N (sinyal/gürültü)nün 3 katıdır; gürültünün standart sapmasına dayanır.

$$LOD = \frac{k\ S_{şahit}}{m\ (eğrinin\ eğimi)} \qquad (k = \sim 3)$$

m = eğrinin eğimi Sşahit: Kör çözeltilerinin sinyalerinin standart sapması

Kantitatif Ölçme Sınırı (Limit of Quantitative Measurement, LOQ):

Uygulanan analiz koşullarındaki kabul edilebilir kantitatif olarak tayin edilebilen en düşük analit konsantrasyonudur. Tipik olarak S/N'nün 10 katıdır

$$LOQ = \frac{k\ S_{şahit}}{m\ (eğrinin\ eğimi)} \qquad (k = \sim 10)$$

m = eğrinin eğimi $S_{şahit}$: Kör çözeltilerinin sinyallerinin standart sapması

Yukarıdaki LOD ve LOQ için sinyal terimi spektrofotometrik ölçümlerde (AAS ve spektrofotometre) kör çözeltinin absorbansıdır. ICP-OES için kör çözeltisinin emisyon yaptığı dalga boyundaki ışığın şiddeti, HPLC için kör çözeltinin alanı, MS gibi dedektöre sahip cihazlarda kör çözeltisi için iyon bolluğudur. Her iki kör çözeltisi sinyali ölçümü için 10 adet kör çözeltisi hazırlanmalı her biri en az 3 kez okutulmalıdır.

5 VERİ KALİTESİ

5.1 Sediman ve biyota

Bir laboratuvar tarafından üretilen verilerin kalitesinin yeterli kontrol altına alınması gerekliliği hem verilerin üretildiği bilim insanlarına hem de daha geniş bilimsel topluluğa yararlı olması için gereklidir. Her laboratuvar ölçtüğü parametre grupları için, iç ve dış kalite kontrol çalışmalarını yaparak metodun doğruluğu ve güvenirliğini kontrol altına almalıdır. Laboratuvarlar, doğru analiz sonuçları için laboratuvar altyapılarını güçlendirmeli ve personelinin eğitimlerini tamamlamalıdır.

Standart operasyon prosedürleri (SOP) tüm laboratuvar cihazları ve analiz metotları için hazırlanmalı ve uygulanmalıdır. SOP'lerde kalite kriterlerini tanımlamalı ve bu kriterlere göre analizlerini tamamlamalıdır. Numune alma işleminden, analiz sonucu ve verilerin kullanılmasına kadar olan süreçte belirli standartlar ve prosedürlerin uygulanması gerekmektedir. Doğru ve güvenilir verilerin elde edilmesi ilk olarak numune alma işlemiyle başlamaktadır. Numune alma eğitimi almış ya da bu konuda yetkin kişilerin örnekleme

yapması gerektiği bilinmelidir. Bu kişilerce analizi yapılacak parametreye uygun ekipmanlar ile örnekleme yapılmasına dikkat edilmelidir. Örnekleme sırasında kontaminasyon riski göz önünde bulundurulmalıdır. Bu aşamadan sonra alınan örneklerin muhafaza ve saklama koşullarına özen gösterilmelidir. Sediman ve biyota örneklerinin metal analizleri için saklanmasında cam kavanozlar kullanılması tercih edilmektedir. Alınan örnekler analiz edileceği tarihe kadar ≈-20°C'de muhafaza edilir.

Cihazlarda her analiz öncesi yeni kalibrasyon yapılması gerekmektedir. Başlangıç kalibrasyonu, blank ve en az beş farklı noktada standart kalibrasyon çözeltisi kullanılarak oluşturulmalıdır. Her bir parametre için korelasyon katsayısı r≥0,995 olmalıdır. Kalibrasyon sonrasında örnek analizleri gerçekleştirilmeden önce başlangıç kalibrasyonunu doğrulamak amacıyla kalibrasyon aralığı içerisinde olan başka bir kalite kontrol standardı ile test edilmelidir. Bu standardın ölçümü sonucu elde edilen değer, gerçek değerin ± %10 aralığında olmalıdır. Bu aralık dışında kalan sonuçlarda analizin durdurulması, var olan sorunun giderilip kalibrasyonun yenilenmesi ve tekrar kalibrasyon doğrulaması yapılması gerekir.

Analizi yapılan numunelerin sonuçları kalibrasyon aralığı içinde olması gerekmektedir. Kalibrasyon aralığı dışında çıkan sonuçlarda numunelere seyreltme işlemi uygulanır. Analiz sonucuna göre, farklı metallerde farklı oranlarda seyreltme işlemi yapılabilir.

Ayrıca, her parti analiz öncesi blank örnek çalışılarak olası kontaminasyonlar hesap edilmelidir. Blank örnek çalışması, tüm analiz ön işlemleri uygulanarak hazırlanmalıdır.

Analizleri yapılacak numuneler ile birlikte muhakkak uygun matriste sertifikalı referans madde ile çalışarak metodun güvenilirliği tespit edilmelidir. Referans malzemede ölçülen elementlerin geri kazanım değerleri %80-%120 arasında olmalıdır. Referans sediman örneği uluslararası bilimsel geçerliliği belgelenmiş kurumlardan temin edilmelidir. QUASIMEME, NIST ve IAEA, bunların içinde en çok bilinen kurumlardır.

Analiz metodunun geçerliliğinin sağlanması için diğer bir yol ise, dış kalite kontrol çalışmaları kapsamında, uluslararası karşılaştırma testlerine katılmaktır. Analizler için tüm matrislerde (biyota ve sediman) 2-3 yılda bir kez olmak üzere uluslararası karşılaştırma testlerine (IAEA/MEL, QUASIMEME gibi) katılarak bu testlerden başarı sağlanmalıdır.

Sediman ve biyota örneklerinin arşivlenmesi kalite kontrol işlemlerinde bir zorunluluktur. Saklanan örnekler, herhangi bir problem durumda tekrar kullanılmak üzere izleme süresince korunmalıdır.

Ayrıca, kimyasal laboratuvarların EN ISO/IEC 17025 prosedürüne göre sertifikalandırılması önerilir.

6 RAPORLAMA VE DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

6.1 Sediman

DSÇD'de yer alan kontaminantlar tanımlayıcısında iki kriter doğrultusunda değerlendirilme istenmektedir. Bunlardan biri sediman ve biyotadaki düzeyler ve bu düzeylerin zaman içindeki yönelimi diğer kriter ise kontaminantların deniz organizmalarına etkisidir. Bu kriterler doğrultusunda sedimandaki kirleticilerin değerlendirmesinde temel

olarak iki yaklaşım önerilebilir. Bunlardan biri ekosisteme etki açısından değerlendirme, diğeri ise referansa göre karşılaştırma prensibine dayanan değerlendirmedir.

Etkiye Dayalı değerlendirme yaklaşımında; kirleticilerin, sucul ve bentik organizmalar üzerine etkilerine ait, test sonuçlarının istatistiksel analizi ile belirlenmiş standart değerlerle karşılaştırılma yapılır. Su Çerçeve Direktifi, Ek 5'te yüzey suları, sediman ve biyota için, üye ülkelerin kalite standartlarını belirlemesi gerektiğinden bahsetmektedir, fakat sedimanda birikme olasılığı olmayan kimyasal maddeler için ÇKS değeri belirlemeye gerek yoktur. Bu nedenle, sedimanda kalite standardının belirlenmesine karar vermek için öncelikle kimyasal maddenin Kow değerine bakılır. Kow $\geq$ 3 olan kimyasal maddeler için sedimanda kalite standardı değeri belirlenir.

Düşük ve Orta Etki Aralıkları, (Effects Ranges-Low and Median) (ERL & ERM) değerleri ulusal sediman ÇKS olmaması durumunda kullanılabilecek değerlerdir. OSPAR kılavuzlarında her iki değerlendirme yaklaşımı bütünleşik olarak tek bir skalada verilmektedir. Tablo 10'da metallerin ERL/ERM değerleri görülmektedir (Long et al., 1995).

Tablo 10 Deniz Sedimanlarındaki İz Metaller için ERL ve ERM Kılavuz Değerleri (ppm, kuru ağırlık)

	Kılavuzlar	
Kimyasal Madde	**ERL**	**ERM**
Arsenik	8,2	70
Bakır	34	270
Civa	0,15	0,71
Çinko	150	410
Gümüş	1,0	3,7
Kadmiyum	1,2	9,6
Krom	81	370
Kurşun	46,7	218
Nikel	20,9	51,6

Referansa göre değerlendirme yaklaşımında; kirlenmemiş, baskıdan uzak bir bölge, doğal sediman malzemesi (örneğin yer kabuğu geneli, şeyl vb kayaç) veya karotlardan elde edilen bölgesel fon (background) değerleri ile bu karşılaştırma yapılabilir. Zenginleşme faktörü ile yapılan değerlendirmeler, referansa göre kirletici zenginleşmesini ya da kirlenme seviyesini göstermektedir. OSPAR dokümanlarında bölgesel olarak belirlenmiş fon değerleri (karot çalışması ile) kullanılmıştır.

Genel olarak sedimanlarda metal birikimlerinin doğal ya da antropojenik kökenini belirlemek için Zenginleşme Faktörü (ZF) değeri hesaplanır (Zhang ve Liu 2002, Zhang ve ark. 2007). Bu indeks yardımıyla belirli bir alandaki metal kirlenmesi değerlendirilebilmektedir. Zenginleşme Faktörü (ZF) çoğunlukla örnekte gözlenen metal seviyesinin alüminyuma oranının, zemin (background) metal seviyesinin zemin alüminyuma oranına bölümü olarak tanımlanmaktadır (Zhang ve Liu, 2002; Zhang ve ark., 2007).

ZF=(Me/Al)Örnek/(Me/Al)Zemin

Al, toprak kaynaklı litojenik bir element olduğu için, normalizasyon parametresi olarak tercih edilmektedir. Metodun uygulanması için bölgenin Al içeriği ve tane boyutu arasında istatistiksel anlamlı bir ilişki bulunması gerekse de, bunun temini her bölge için mümkün değildir. Bu nedenle, yerkabuğu oranları da kullanılmaktadır (EU, 2010).

Bu faktör, metallerin kayaçların doğal aşındırma proseslerinden veya antropojenik kaynaklardan gelip gelmediğini gösterebilmekte ve çevresel kirlenme durumunu yansıtabilmektedir. Değerlendirme kriteri olarak kullanılan EF değerinin 0.5 ve 1.5 (örneğin, $0.5 \leq EF \leq 1.5$) arasında olması halinde metallerin tamamen yerkabuğu materyallerinden yada doğal aşındırma proseslerinden geldiğini göstermektedir (Zhang ve Liu, 2002). Ancak, EF değerinin 1.5'den büyük (örneğin, EF > 1.5) olması ise metalin önemli bir kısmının doğal olmayan aşındırma proseslerinden kaynakladığını belirtmekte olup metal kirliliğinin noktasal veya noktasal olmayan kirlilik kaynaklarından ileri geldiğini açıklamaktadır (Zhang ve Liu, 2002).

Zenginleşme faktörüne dayalı olarak kirlenme derecelendirmesi ya da kirlenme seviyesini sınıflandırmak için kesin olarak kabul edilen bir sistem olmamakla beraber Sutherland (Sutherland, 2000) tarafından önerilen beşli kategori aşağıdaki gibidir;

a) ZF~<2 Minimum zenginleşme ya da kirlenme yok
b) ZF 2 – 5 Orta Düzeyde zenginleşme ya da kirlenme
c) ZF 5 – 20 Yüksek kirlenmeye işaret eden zenginleşme
d) ZF 20 – 40 Çok yüksek kirlenmeye işaret eden zenginleşme
e) ZF > 40 Oldukça yüksek kirlenmeye işaret eden zenginleşme

Buna sınıflandırmaya göre, bir elementin antropojenik girdilerinin doğal kaynaklardan ayırt edilebilmesi için zenginleşme faktörünün en az 2 ve üzeri olması gerektiği belirtilmektedir.

6.2 Biyota

6.2.1 Halk sağlığı açısından değerlendirme

Halk sağlığı açısından değerlendirme yapabilmek için; çalışma bölgelerinden örneklenen balık veya midyelerin tüketimiyle vücuda alınan metallere ilişkin günlük, haftalık veya aylık alım miktarlarının hesaplanması gerekmektedir. Bu metallere ilişkin PMTDI, PTWI, PTMI, BMDL, MOE terimlerinin açıklamaları Tablo 11'de verilmiştir. Gıda ve Tarım Örgütü/Dünya Sağlık Örgütü'nün FAO/WHO (2010) (Expert Committee on Food Additives, JECFA)'nun belirlemiş olduğu referans değerlerin (Tablo 12) hesaplanmış alım değerleriyle kıyaslanması gerekmektedir.

Tablo 11 Bazı toksikoloji terimlerinin açıklamaları

PMTDI	(Geçici Maksimum Tolere Edilebilir Günlük Alım) Birikimli özellikleri olmayan kirleticiler için kullanılan bitim noktası. Bu değerler gıda ve içme suyundaki maddenin doğal oluşumunun bir sonucu olarak izin verilebilir insana maruziyetini temsil etmektedir. Hem esansiyel besin tuzları hem de kaçınılmaz gıda bileşenleri olan iz elementlerin durumundaki gibi, aralık açıklanmaktadır, zorunlu seviyeyi gösteren alt değer ve PMTDI olan üst değer.
PTWI	(Geçici Tolere Edilebilir Haftalık Alım)

	Birikimli özellikleri olan metal gibi gıda kirleticileri için kullanılan bitim noktası. Bu değerler sağlığa yararlı ve besleyici gıdaların başka türlü tüketimiyle ilgili kaçınılmaz biçimde bu kirleticilere insana izin verilebilir haftalık maruziyetini temsil etmektedir.
PTMI	(Geçici Tolere Edilebilir Aylık Alım) İnsan vücudunda çok uzun yarılanma süresi olan birikimli özellikleri olan gıda kirleticileri için kullanılan bitim noktası. Bu değerler sağlığa yararlı ve besleyici gıdaların başka türlü tüketimiyle ilgili kaçınılmaz biçimde bir kirleticiye insana izin verilebilir aylık maruziyetini temsil etmektedir.
BMDL	(Karşılaştırmalı Değerlendirme Dozu Alt Limiti) Bir etkinin %5 veya %10 rastlantı gibi değerlendirme yanıtı (BMR) olarak anılan önceden belirlenmiş yanıt seviyesi için değerlendirme dozunun (BMD) tek taraflı güven alt sınırı. Bu toksikoloji ile ilgili verilerin doz-yanıt modellemesi vasıtasıyla saptanmaktadır.
MOE	(Maruziyet Sınırı) İnsan için BMDL ve hesaplanmış alım değerleri arasındaki orandır. Bu tutarlı bir yaklaşım benimsenmiş olması koşuluyla farklı kirleticilere öncelik tanımak için kullanılabilmektedir. Kabul edilebilirliği onun büyüklüğüne bağlıdır ve eninde sonunda bir risk yönetim kararıdır.

Türkiye'de yıllık deniz ürünü tüketimi bölgeler arasında farklılık göstermektedir ve kıyı bölgelerdeki kişi başına tüketim miktarı yılda yaklaşık olarak 25 kg olarak hesaplanmıştır. Bu yüzden, yetişkin bir insanın günlük diyetle maruz kaldığı miktar günlük ortalama 68.5 gram taze balık eti temel alınarak gerçekleştirilmektedir (Köprücü, 2007; Sahin, 2011).

Tablo 12 Toksik özellik gösteren metaller için kılavuz değerler

FAO/WHO 2011'e göre referans değerler	
Al	PTWI (1 mg kg^{-1} vücut ağırlığı $hafta^{-1}$)
As	BMDL0.5 (3.0 µg kg-1 vücut ağırlığı gün-1 (2-7 µg kg^{-1} vücut ağırlığı $gün^{-1}$ hesaplanmış total diyetle maruz kalma aralığına bağlı olarak)
Cd	PTMI (25 µg kg^{-1} vücut ağırlığı ay^{-1}
Hg	PTWI (4 µg kg^{-1} vücut ağırlığı $hafta^{-1}$ İnorganik Civa için)
Metilciva	PTWI (0.0016 mg kg^{-1} vücut ağırlığı $hafta^{-1}$)
Sn	PTWI (14 mg kg^{-1} vücut ağırlığı $hafta^{-1}$)

70 kg vücut ağırlığına sahip yetişkin biri için metallerin maksimum seviyelerine karşılık gelen alım miktarlarının hesaplanması gerekmektedir. Tüm bunlar göz önüne alındığında maksimum metal seviyeleri temel alınarak hesaplamaların yapılması gerekir ve halk sağlığı açısından önem taşıyan sonuçlar bulunabilmektedir.

Türk Gıda Kodeksi'ne göre yapılan değerlendirmede amaç gıda maddelerinde bulunabilen metallerin maksimum miktarlarının belirlenmesidir (Tablo 13).

Tablo 13 Türk Gıda Kodeksi gıda maddelerindeki metallerin maksimum limitleri*

Gıda Maddesi	**Maksimum limit (mg/kg yaş ağırlık)**
KURŞUN (Pb)	
Gıda Maddesi	**Maksimum limit (mg/kg yaş ağırlık)**
Balık eti	0,30
Kabuklular (yengeç etinin kahverengi kısmı, istakoz ve benzeri büyük kabukluların baş ve göğüs etleri hariç)	0,50
Çift kabuklu yumuşakçalar	1,50
Kafadan bacaklılar (iç organları hariç)	1,00
KADMİYUM (Cd)	
Balık eti	0,05
Aşağıdaki balık türlerinin etleri; Hamsiler, Torik, Karagöz, Yılanbalığı, Kefal, İstavrit, Louvar, Sardalya, Sardalya türleri, Orkinos, Dilbalığı	0,10
Kılıçbalığı eti	0,30
Kabuklular (yengeç etinin kahverengi kısmı, istakoz ve benzeri büyük kabukluların baş ve göğüs etleri hariç)	0,50
Çift kabuklu yumuşakçalar	1,00
Kafadan bacaklılar (iç organları hariç)	1,00
CİVA (Hg)	
Su ürünleri ve balık etleri ile kabuklular (yengeç etinin kahverengi kısmı, istakoz ve benzeri büyük kabukluların baş ve göğüs etleri hariç)	0,50
Aşağıdaki balık türlerinin etleri; Fener balıkları, Atlantik yayını/kedi balığı, Torik, Barbunya, Yılanbalıkları, İmparator balığı, Kalkan benzeri yassı balık, Pisi balığı, Turna balığı, Torik/iri uskumruya benzer balık, Portekiz köpek balığı, Vatozlar, Mercan türü balıklar, Uskumru türü balıklar, Mercan balıkları (Pagellus sp.), Köpekbalığı, Mersin balığı, Kılıçbalığı, Orkinos	1,00

*Gıda Maddelerindeki Bulaşanların Maksimum Limitleri Hakkında Tebliğ. Türk Gıda Kodeksi, 17.05.2008- 26879, 2008/26. faolex.fao.org/docs/texts/tur110178.doc

Avrupa Birliği Komisyonunca belirlenmiş Komisyon Yönetmeliği (EC) No 1881/2006 numaralı ve 19 Aralık 2006 tarihli yönetmeliğe göre "Gıda maddelerinde belli kirleticiler için maksimum seviyelerin düzenlenmesi" ile ilgili dokümanda bulunan gıda maddelerinde belli kirleticiler için maksimum seviyeler tablosundaki (Tablo 14) referans değerler değerlendirme yapmak için kullanılmaktadır.

Tablo 14 Gıda maddelerinde kirleticilerin maksimum seviyeleri (EC, No:1881/2006*)

Gıda Maddesi	**Maksimum Seviyeler mg kg^{-1} yaş ağırlık**
Pb	
Balığın kası	0,30
Kabuklular (yengecin kahverengi eti ve istakozun ve benzer büyük kabukluların baş ve göğüs kısmi ve haricindeki kabuklular)	0,50
Çift kabuklu yumuşakçalar	1,5
Kafadanbacaklılar (İç organlar haricinde)	1,0
Cd	
Balığın kası (Aşağıda listelenen iki satırdaki türlerin haricindeki türler)	0,050
Aşağıdaki balık türlerinin kas dokuları: Hamsi, Torik, Karagöz, Yılan balığı, Kefal, İstavrit, İmparator balığı, Sardalya türleri, Ton balığı, Dil balığı, Ton balığı, Tirsi balığı	0,10
Kılıç balığının (*Xiphias gladius*) kası	0,30
Kabuklular (yengecin kahverengi eti ve istakozun ve benzer büyük kabukluların baş ve göğüs kısmi ve haricindeki kabuklular)	0,50
Çift kabuklu yumuşakçalar	1,0
Kafadanbacaklılar (İç organlar haricinde)	1,0
Hg	
Su ürünleri ve balık etleri ile kabuklular (yengeç etinin kahverengi kısmı, istakoz ve benzeri büyük kabukluların baş ve göğüs etleri hariç)	0,50
Aşağıdaki balık türlerinin kas dokuları: Yayın balığı, Uskumru türü balıklar, Yılan balığı, İmparator balığı, Kalkana benzer balıklar, Kılıç balığına benzer balıklar, Pisi balığı, Barbunya, Turna balığı, Ton balığı, Portekiz kedi balığı, Kaya balığı, Mercan balığı, Köpek balığı, Çipura	1,0
Sn	
Meşrubat dışındaki konserve edilmiş yiyecekler	200

*Official Journal of the European Union. COMMISSION REGULATION (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006, setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Maximum levels for certain contaminants in foodstuffs.
http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1881&from=en

Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (2008-56-EC, Ek 3) ile özellikle insani tüketim amaçlı kullanılan biyotadaki kirlilik düzeylerinin halk sağlığı açısından ortaya konulmasının gerekliliği ifade edilmiştir.

6.2.2 Ekosistem açısından değerlendirme

Avrupa Birliği Resmi Gazetesi'nde yayımlanmış, 12 Ağustos 2013 itibariyle yürürlüğe

girmiş Avrupa Parlamentosu ve Konseyi'nin 2013/39/EU Yönergesi'ne göre su politikası alanında öncelikli maddelere ilişkin 2000/60/EC ve 2008/105/EC yönergelerinin değiştirilmesi hakkında doküman bulunmaktadır. Bu dokümanda "Çevresel Kalite Standartları" bölümünün 2. Maddesinde yer alan Ek I'in A kısmındaki Civa ve bileşikleri için belirlenmiş EQS Biyota değeri mevcuttur. Üye ülkelerin Ek I'in A kısmında şart koşulan EQS Biyota değerini kullanması tavsiye edilmektedir. Bu değer aşağıdaki Tablo 15'te verilmektedir.

Tablo 15 Öncelikli maddeler ve belirli diğer kirleticiler için Çevresel Kalite Standartları

Madde ismi	CAS numarası (1)	EQS Biyota (2)
Civa ve bileşikleri	7439-97-6	20

(1) CAS: Chemical Abstracts Service (CAS kayıt).
(2) Aksi belirtilmedikçe, balığa ilişkin biyota için EQS (Çevresel Kalite Standartları). Uygulanan EQS eş seviyede bir koruma sağlaması koşuluyla, balık yerine alternatif bir biyota sınıfı ya da diğer matris de izlenebilmektedir.

6.3 Su

Kirlilik izleme programı kapsamında kıyı ve geçiş sularında yapılan metal ölçüm sonuçları, Kurşun, Cıva, Nikel ve Kadmiyum için AB direktifinde (2013/39/EU) suda yıllık ortalama ve/veya maksimum kabul edilebilir sınır değerler ile karşılaştırılarak değerlendirilebilir. Ayrıca ulusal mevzuatımız kapsamında "Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği (76/464/ AB) (26/11/2005 R.G.No: 26005) doğrultusunda değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR

Ahamed M., Siddiqui M.K.J., 2007. Low Level Lead Exposure and Oxidative Stress: Current Opinions. Clinica Chimica Acta, 383(1-2): 57-64.

Ay O., Kalay M., Tamer L., Canlı M., 1999. Copper and Lead Accumulation in Tissues a Ferswater Fish *Tilapia zillii* and Its Effects on the Branchial Na, K-ATPase Activity. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 62:160-168.

Barselona Sözleşmesi 1995: The Convention for the Protection of the Mediterranean Sea Against Pollution. *http://web.unep.org/unepmap/*

Bükreş Sözleşmesi 1994: The Convention on the Protection of the Black Sea Against Pollution. *http://www.blacksea-commission.org/_convention.asp*

Borchardt T., Burchert S., Hablizel H., Kabre L., Zeitner R., 1988. Trace metal concentrations in mussels: comparison between estuarine, coastal and offshore regions in the southeastern North Sea from 1983 to 1986. Marine Ecology, 42: 17-31.

Bozkurt E., Winchester J.A., Piper J.D.A., 2000. Tectonics and magmatism in Turkey and the surrounding area. Geological Society London, Special Publication, 173, 521 pp.

Carver R.E., 1971. Procedures in Sedimentary petrology. Wilwy, New York, 645pp.

Çağatay M.N., 1999. Geochemistry of the late Pleistocene-Holocene sediments of the Black Sea basin in Beşiktepe, S., eds. Environmental degradation of the Black Sea: Chal enges and Remedies, NATO Advanced Study Series, Kluwer Academic Publishers, 9-22.

Çağatay M.N, Görür N., Algan A, Eastoe C.J., Tchapalyga A., Ongan D., Kuhn T., Kuscu Ġ., 2000. Late Glacial-Holocene palaeoceanography of the Sea of Marmara: timing of connections with the Mediterranean and the Black Sea. Marine Geology, 167: 191-206.

Çağatay N., Balkıs N., Sancar U., Çakır Z., Eryılmaz F.Y., Eryılmaz M., Sarı E., Erel L., Akçer S., Biltekin D., 2006. Marmara Denizi Çökel Jeokimyası Atlası. TÜBİTAK projesi, 103Y053.

Da Ros, L.,Nasci, C.,Marigomez, I., Soto,M. (2000). Biomarkers and trace metals in the digestive gland of indigenous and transplanted mussels, Mytilus galloprovincialis, in Venice Lagoon, Italy. Marine Environmental Research, 50(1–5), 417–423

Dixon D.R., Pruski A.M., Dixon L.R.J., Jha A.N., 2002. Marine invertebrate eco-genotoxicology: a methodological overview. Mutagenesis, Vol. 17 (6): 495-507.

Eisler R., 1984. Trace Metal Changes Associated with Age of Marine Vertebrates. Biological Trace Element Research, 6: 165-180.

Eisler R., 1988. Lead Hazards to Fish, Wildlife, and Invertebrates: A Synoptic Review. U.S. Fish Wildlife Service Biology Report, 85: 1-14.

Emelyanov E.M., 1972. Principal types of recent bottom sediments of the Mrditerranean Sea: their mineralogy and geochemistry. In: Stanley D.J. (Ed.), The Mediterranean Sea: A Natural Sedimentation Laboratory. Dowden, Hutchinson & Ross, Stroudsburg, Pennsylvania, pp. 355-386.

EPA Method 200.7 Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry.

EPA Method 3051a. Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, Soils and Oils.

EPA Method 3052. Microwave assisted acid digestion of siliceous and organically based matrices.

EPA Method 6020A. Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry.

EPA Method 7010. Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometry.

EPA Method 7473. Mercury in Solids and Solutions by Thermal Decomposition, Amalgamation, and Atomic Absorption Spectrophotometry.

EPA Method 7000B. Flame Atomic Absorption Spectrophotometry.

Evans G., Erten H., Alavi S.N., Von Gunten H.R., Ergin M., 1989. Superficial deep-water sediments of the eastern Marmara basin. Geo-Marine Letter, 9: 27–36.

Fabacher D.L., Litlle E.E., 2000. Diversity of Fish, Early Observations and Descriptions, Fish in Experimentation. (G. K. Ostrander, Edts.) The Handbook of Experimental Animals. The Laboratory Fish. Academic Pres, London, 678.

FAO/UNEP, 1993. Report of the FAO/UNEP/IAEATrainingWorkshop on the Design of Monitoring Programmes and Management of Data Concerning Chemical Contaminants in Marine Organisms, Athens, 247 pp.

FAO/WHO, 2010. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Report of the Seventy-Second Meeting of JECFA in the WHO Technical Report Series, Rome, Italy, pp. 3- 13.

FAO/WHO, 2011. Joint FAO/WHO, food standards programme codex committee on contaminants in foods Fifth Session. The Hague, The Netherlands, 21 - 25 March 2011. Working document for information and use in discussions related to contaminants and toxins in the GSCTFF, List of Maximum Levels for Contaminants and Toxins in Foods, Part 1.

Folk R.L., 1968. Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill's, Austin, Texas. 170 pp.

Folk R.L., 1974. The petrology of sedimentary rocks: Austin, Tex., Hemphill Publishing Co., 182 p.

Förstner U., Wittmann G.T.W., 1983. Metal pollution in the aquatic environment. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg et New York, 2nd revised edition, 486 pp

*Guidance Document No. 32. O*n biota monitoring under the Water Framework Directive. Common Implementation Strategy fort the Water Framework Directive (2000/60/EC). Technical Report-2014-083. 75p.

Guidance Document No. 25. On chemical monitoring of sediment and biota under the Water Framework Directive. Common Implementation Strategy fort the Water Framework Directive (2000/60/EC). Technical Report-2014-041. 74p

Hach, 1988. Procedure water and waste water analysis. Publication 3061.

Isaac R.A., Gil L., Cooperman A.N., Hulme K., Eddy B., Ruiz M., Jacobson K., Larson C., Pancorbo O.C., 1997. Corrosion of drinking water distribution systems: a major contribution of copper and lead to wastewater effluents, Environmental Science Technology, 31: 3198-3203.

Jolivet L., Brun J.-P., 2010. Cenozoic geodynamic evolution of the Aegean. International Journal of Earth Sciences. 99: 109–138.

Karr J.R., 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. Fisheries 6(6): 21-27.

Köprücü K., 2007. Türkiye Su Ürünleri üretiminin durumu ve değerlendirilmesi. Türk Tarım Dergisi 178: 22-28.

Krumbein W.C., Pettijohn F.J., 1938. Manual of Sedimentary Petrology, New York, Appleton, Century, and Crofts, 549 p.

Kucuksezgin F., Kayatekin B.M., Uluturhan E., Uysal N., Acikgoz O. and Gonenc S., 2008. Preliminary investigation of sensitive biomarkers of trace metal pollution in mussel (Mytilus galloprovincialis) from Izmir Bay (Turkey). Environmental Monitoring and Assessment, 141: 339-345.

Long E.R., MacDonald D.D., Smith S.L., Calder F.D., 1995. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. Environmental Management, 19: 81–97.

Loring D.H., Rantala R.T.T., 1992. Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter. Earth Science Reviews, 32 (4): 235-283.

Lykousis V., Anagnostou C., Pavlakis P., Rousakis G., Alexandri M., 1995. Quaternary sedimentary history and neotectonic evolution of the eastern part of Central Aegean Sea, Greece. Marine Geology, 128: 59-71.

Malik D.S., Sastry K.V., 1998. Effects of zinc toxicity on biochemical composition of muscle and liver of murrel (Channa punctatus). Environment International, 24: 433-438.

Mersch J., Beauvais M.N., 1997. The Micronucleus Assay in the zebra mussel, Dreissena polymorpha, to in situ monitor genotoxicity in freshwater environments. Mutation Research, 393: 141-149.

Milner H.B., 1962, Sedimentary Petrography: New York, Macmillan Company, 643 p.

Nasci, C., Da Ros, L., Campesan, G., & Fossato, V.U. (1998). Assessment of the impact of chemical pollutants on mussel, Mytilus galloprovincialis, from the Venice Lagoon, Italy. Marine Environmental Research, 46(1–5), 279–282.

Nussey G., Van Vuren J.H.J., Duppreez H.H., 1995. Effect of Copper on the Haematology and Osmoregulation of the Mozambique Tilapia, Oreochromis mossambicus (Cichlidae). Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology, 111 (3): 369-380.

Official Journal of the European Union. DIRECTIVE 2013/39/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 12 August 2013, amending Directives 2000/60/EC and 2008/105/EC as regards priority substances in the field of water policy. ENVIRONMENTAL QUALITY STANDARDS FOR PRIORITY SUBSTANCES AND CERTAIN OTHER POLLUTANTS. *http://faolex.fao.org/docs/pdf/eur127344.pdf*

Official Journal of the European Union. COMMISSION REGULATION (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006, setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1881&from=en*

OSPAR JAMP (Joint Assessment & Monitoring Programme), 2002. Guidelines for Monitoring Contaminants in Sediments. 108p.

OSPAR Commission, 2008. CEMP Assessment Manual: Coordinated Environmental Monitoring Programme Assessment Manual for Contaminants in Sediment and Biota. Publication 379/2008.

Phillips D.J.H., 1976. The common mussel Mytilus edulis as an indicator of pollution by zinc, cadmium, lead and copper. I. Effects of environmental variables on uptake of metals. Marine Biology, 38: 59-69.

Plafkin J.L., Barbour K.D., Gross S.K., Hughes R.M., 1989. Rapid Bioassesment Protocols for use in Streams and Rivers, Benthic Macroinvertebrates and Fish, EPA/444/4-89-001, Office of Water Regulations and Standards, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.

Rizzo S., Basile S., Caruso A., Cosentino C., Tranchina L., Brai M., 2009. Dating of a Sediment Core by 210Pbex Method and Pb Pollution Chronology in the Palermo Gulf (Italy). Water Air Soil Pollution 202: 109–120.

Robertson A.H.F., Mountrakis D., 2006. Tectonic development of the Eastern Mediterranean region. Geological Society London, Special Publication, 260, 728 pp.

Ross D.A., Degens E.T., 1974. Recent sediments of the Black Sea in Degens, E.T. ve Ross, D.A. eds. The Black Sea – Geology, Chemistry and Biology. American Association of Petroleum Geologists Memoir, 20, 183-189.

Sahin Y., 2011. AB ve İş Dünyası: Balıkçılık Sektörü. Iktisadi Kalkınma Vakfı. 38, 1-12.

Sancar Ü., 2010. Karadeniz ve Marmara Denizi'nde Son 20000 yılda meydana gelen Paleoşinografik ve Paleoiklimsel Değişimler. İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya yer bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.

Schlee J., 1966, A modified Woods Hole Rapid Sediment Analyzer. Journal Sedimentary Petrology, 30: 403-413.

Schollenberger C.J., 1927. A rapid approximate method for determining soil organic matter. Soil Science, 24: 65-68.

Scott G.R., Sloman K.A., 2004. The Effects of Environmental Pollutants on Complex Fish Behavior: Integrating Behavioral and Physiological Indicators of Toxicity. Aquatic Toxicology, 68(4): 369-392.

Smedes F. 1997. Grainsize Correction Procedures, Report of the ICES Working Group on Marine Sediments in Relation to Pollution. ICES CM 1997/Env:4, Annex 6.

Smedes F., Davies I. M., Wells D., Allan A., Besada V., 2000. Quality Assurance of Sampling and Sample Handling (QUASH) - Interlaboratory study on sieving and normalisation of geographically different sediments; QUASH round 5 (sponsored by the EU Standards, Measurements and Testing Programme).

Sutherland R.A. 2000. Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii. Environmental Geology, 39: 611-637.

Tanner P.A., Leong L.S., Pan S.M., 2000. Contamination of heavy metals in marine sediment cores Victoria Harbour, Hong Kong, Marine Pollution Bulletin, 40 (9): 769-779.

Tehlikeli Maddelerşn Su ve Çevresinde Neden Olduğu Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği (RG:26005, 26/11/2005)

UNEP. 1982. Reference Methods for Marine Pollution Studies. No:14.

UNEP. 1984. Reference Methods for Marine Pollution Studies. No:11. Rev.1. Determination of total Cd. Zn. Pb and Cu in selected marine organisms by flameless AAS.

UNEP, 1995. Guidelines for Integrated management of coastal and marine areas - with special reference to the Mediterranean Basin. Split, Croatia, PAP/RAC, MAP-UNEP, Regional Seas Reports and Studies No. 161.

UNEP, 2006. Methods for sediment sampling and analysis. UNEP(DEC)/MED WG.282/Inf.5/Rev.1.

Ünlü E., Gümgüm B., 1993. Concentration of Copper and Zinc in Fish and Sediment from The Tigris River. Chemosphere, 26(11): 2055-2061.

Viarengo A., Canesi L., Pertica M., Livingstone D.R., Orunesu M., 1991. Age-related lipid peroxidation in the digestive gland of mussels:the role of the antioxidant defence systems. Experientia, 47: 454-457.

Vidal L., Ménot G., Joly C., Bruneton H., Rostek F., Çağatay M.N., Major C., Bard E., 2010. Marmara Sea hydrology over the last 23000 years: implications for the connection with the Black Sea and the sapropel deposition. Paleoceanography, 25: 1-16.

Viljoen A., 1999. Effects of Zinc and Copper on the Post Ovulatory Reproductive Potential of the Sharptooth Catfish *Clarias gariepinus*. M.Sc-thesis, Rand Afrikaans University, South Africa.

Walkley A., Black A., 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science, 37: 29-38.

Watanabe T., Kiron V., Satoh S., 1997. Trace minerals in fish nutrition. Aquaculture, 151: 185-207.

Wepener V., Van Vuren J.H.J., Duppreez H.H., 2001. Uptake and Distribution of a Copper, Iron and Zinc mixture in Gill, Liver and Plasma of a Freshwater Teleost, *Tilapia sparmanii*. Water SA., 27(1): 99-108.

Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğinde (RG: 29797, 10/8/2016)

Zeigler J.M., Whitney G.G., Jr., Hayes C.R., 1960. Woods Hole Rapid Sediment Analyzer. Journal of Sedimentary Petrology, 30: 490-495.

Zhang, J., Liu, C.L., 2002. Riverine composition and estuarine geochemistry of particulate metals in China—weathering features, anthropogenic impact and chemical fluxes. Estuarine Coastal and Shelf Science, 54: 1051–1070.

Zhang, L., Ye, X., Feng, H., Jing, Y., Ouyang, T., Yu, X., et al., 2007. Heavy metal contamination in western Xiamen Bay sediments and its vicinity, China. Marine Pollution Bulletin,54: 974–982.

EKLER

EK1 Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde Yer Alan Belirli Kirleticiler ve Çevresel Kalite Standartları

No	Kimyasal Adı	CAS No	YO-ÇKS Nehirler/ Göller (µg/L)	MAK-ÇKS Nehirler/ Göller (µg/L)	YO-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)	MAK-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)
1	1,1-Dikloroetan	75-34-3	1000	10000	1000	10000
2	1,2,4,5-tetraklorobenzen	95-94-3	6	24	6	24
3	1,2,4-trimetilbenzen	95-63-6	7,4	516	0,3	516
4	1,3,5-trimetilbenzen; Mesitilen	108-67-8	9	150	0,8	150
5	1,3-diklorobenzen	541-73-1	58	599	58	599
6	1,4-diklorobenzen	106-46-7	38	284	38	284
7	17-alfa-etinilestradiyol	57-63-6	0,5	0,9	0,5	0,9
8	17-beta-estradiyol	50-28-2	0,5	0,5	0,5	0,5
9	1-kloro-2,4-dinitrobenzen	97-00-7	5	20	5	20
10	1-Kloronaftalin	90-13-1	0,7	7	0,7	7
11	1-metilnaftalin	90-12-0	1,5	29	1,5	29
12	2,3,4,5,6-Pentaklorotoluen; Pentaklorotoluen	877-11-2	1,3	1,3	0,004	0,07
13	2,4,6-tri-4ort-butilfenol	732-26-3	0,06	0,6	0,06	0,6
14	2,6-di-ter-butilfenol; 2,6-di-tersiyer-butilfenol	128-39-2	7,6	76	7,6	76
15	2,6-ksilenol	576-26-1	54	112	1,1	112
16	2-amino-4-klorofenol	95-85-2	10	100	10	100
17	2-kloronaftalin	91-58-7	1,6	40	1	40
18	3,6-dimetilfenantren	1576-67-6	2	2	0,05	0,13
19	4,4'-DDD	72-54-8	0,025	0,025	0,01	0,025
20	4,4'-Dibromodifenil eter	2050-47-7	1,5	1,5	0,004	0,07
21	4,5-dikloro-2-oktil-2H-izotiyazol-3-on	64359-81-5	0,17	0,34	0,17	0,34
22	4-Aminoazobenzen	60-09-3	0,7	46	0,7	7
23	4-Kloro-3-metilfenol; Pamklorometakresol	59-50-7	37	366	37	366
24	4-kloroanilin	106-47-8	0,005	85	0,26	85
25	Aldrin	309-00-2	0,01	-	0,01	-
26	Alüminyum*	7429-90-5	2,2	27	2,2	22
27	Antimon*	7440-36-0	7,8	103	4,5	45
28	Arsenik*	7440-38-2	53	53	10	20
29	Asenaften	83-32-9	6	66	6	66
30	Asetaklor; 2-kloro-N-(etoksimetil)-N-(2-etil-6-metilfenil)asetamid	34256-82-1	0,3	10,1	0,3	10,1
31	Azinfos-metil	86-50-0	0,05	0,4	0,05	0,4
32	Bakır*	7440-50-8	1,6	3,1	1,3	5,7
33	Baryum	7440-39-3	680	680	680	680
34	Benzil benzoat	120-51-4	1000	10000	1000	10000
35	Benzilbutilftalat (BBP)	85-68-7	2,7	44	2,7	27
36	Benzo(a)floren	238-84-6	0,1	1	0,1	1
37	Benzo(e)piren	192-97-2	0,6	0,6	0,05	0,05
38	Berilyum	7440-41-7	2,5	3,9	2,5	3,9
39	Bifenil	92-52-4	46	87	46	87
40	Bis(2-etilhekzil) terefitalat	6422-86-2	0,1	0,15	0,1	0,15
41	Bisfenol-A	80-05-7	6,5	252	6,5	65
42	Bor*	7440-42-8	707	1472	707	1472
43	Bromür	7726-95-6	31	46	31	46
44	Çinko*	7440-66-6	5,9	231	5,33	76
45	DDT (toplam)	50-29-3	0,01	0,65	0,01	0,1
46	Dekametilsiklopentasiloksan; Siloksan-D5	541-02-6	0,6	0,6	0,6	0,6
47	Demeton	8065-48-3	20	20	20	20
48	Demir*	7439-89-6	36	101	36	101
49	Diazinon	333-41-5	0,9	4	0,9	4
50	Dibutilftalat (DBP)	84-74-2	16	96	1,5	96
51	Dibutilkalay oksit	818-08-6	4	67	4	40
52	Dieldrin	60-57-1	0,02	0,93	0,02	0,93
53	Dietil Ftalat	84-66-2	72	1920	72	1920
54	Difenil eter; difenil oksit	101-84-8	6	60	1	60
55	Difenilamin	122-39-4	37	100	44	440
56	Diizobutil adipat	141-04-8	8,7	9	11	11
57	Diklofenak	15307-79-6	100	100	100	100
58	Dioktil ftalat (DnOP)	117-84-0	1680	16800	1680	16800
59	EDTA	60-00-4	39	39	39	39
60	Endrin	72-20-8	0,01	-	0,01	-
61	Etilentiyoüre (ETU); İmidazolidin-2-tiyon; Etilentiyoüre (ETU)	96-45-7	248	2000	248	2000

No	Kimyasal Adı	CAS No	YO-ÇKS Nehirler/ Göller (µg/L)	MAK-ÇKS Nehirler/ Göller (µg/L)	YO-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)	MAK-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)
62	Fenantren	85-01-8	1,4	11,2	1,4	11,2
63	Fenitrotiyon (ISO); O,O-dimetil O-4-nitro-m-tolil fosforotiyonat	122-14-5	3,5	103	3,5	103
64	Fentiyon	55-38-9	0,05	1,1	0,05	1,1
65	Floren	86-73-7	3,4	47	3,4	47
66	Gümüş*	7440-22-4	1,5	1,5	1,5	1,5
67	Izopropilbenzen	98-82-8	35	260	35	260
68	Isodrin	465-73-6	0,01	-	0,01	-
69	Kalay*	7440-31-5	13	13	13	13
70	Karbontetraklorür	56-23-5	7,2	130	7,2	130
71	Klofibrik asit	882-09-7	0,3	89	0,5	89
72	Kloroasetik asit	79-11-8	0,5	5	0,5	5
73	Klorotalonil	1897-45-6	0,3	4,2	0,3	2
74	Kobalt*	7440-48-4	0,3	2,6	0,3	2,6
75	Krisen	218-01-9	1,9	19	1,9	19
76	Krom*	7440-47-3	1,6	142	4,2	88
77	Ksilen (m)	108-38-3	24	273	1,4	273
78	Ksilen (o)	95-47-6	24	585	1,8	585
79	Ksilen misk	81-15-2	5,6	56	5,6	56
80	Linuron	330-55-2	3	7	3	7
81	Merkaptobenzotiyazol (MBT); Benzotiyazol-2-tiyol; 2-Merkaptobenzotiyazol (MBT)	149-30-4	50	50	50	50
82	N,N,N',N'-tetrametil-4,4'-metilendianilin (Michler's bazı)	101-61-1	20	20	0,26	3
83	n-bütilkalay triklorür	1118-46-3	1,2	12	1,2	12
84	Nitrobenzen	98-95-3	187	3516	187	3516
85	p-(1,1-dimetilpropil)fenol	80-46-6	9	14	0,07	14
86	Polikloribifeniller (PCB'ler)	1336-36-3	0,31	0,37	0,07	0,14
87	PCB 101	37680-73-2	0,25	0,25	0,01	0,02
88	PCB 138	35065-28-2	0,01	0,02	0,01	0,02
89	PCB 153	35065-27-1	0,01	0,02	0,01	0,02
90	PCB 180	35065-29-3	0,01	0,02	0,01	0,02
91	PCB 28	7012-37-5	0,01	0,02	0,01	0,02
92	PCB 31	16606-02-3	0,01	0,02	0,01	0,02
93	PCB 52	35693-99-3	0,01	0,02	0,01	0,02
94	Perilen	198-55-0	0,6	0,6	0,01	0,03
95	Permetrin	52645-53-1	0,12	0,12	0,12	0,12
96	Petrol Hidrokarbonları	-	96	100	96	100
97	Piren	129-00-0	0,1	0,4	0,02	0,4
98	Piriproksifen	95737-68-1	0,02	7,5	0,02	7,5
99	Prokloraz; N-propil-N-[2-(2,4,6-triklorofenoksi)etil]-1H-imidazol-1-karboksamid	67747-09-5	11	13	11	13
100	Propetamfos	31218-83-4	0,05	0,7	1,5	15
101	Propilbenzen	103-65-1	0,2	1,7	0,2	1,7
102	Serbest CN	57-12-5	1,2	6	1,2	6
103	Silisyum	7440-21-3	1830	1830	610	6891
104	Stiren; Vinilbenzen	100-42-5	6,3	575	5,1	575
105	Sülfametoksazol	723-46-6	5	50	5	50
106	Ter-bütil-4-metoksifenol	2501-3-16-5	0,9	9	0,9	9
107	Tetrabromobisfenol A (TBBP-A)	79-94-7	2	20	2	20
108	Titanyum*	7440-32-6	26	42	26	42
109	Triadimenol; α-ter-bütil-β-(4-klorofenoksi)-1H-1,2,4-triazol-1-etanol	55219-65-3	32	250	1,5	15
110	Tribromodifenil eter	49690-94-0	1,6	1,6	0,004	0,08
111	Tributil fosfat	126-73-8	53	326	53	326
112	Tridekan	629-50-5	0,05	0,05	0,05	0,05
113	Trifeniilkalay; Fentin	668-34-8	0,5	0,5	0,5	0,5
114	Trikloroetilen (TRI)	79-01-6	177	8163	177	8163
115	Triklosan	3380-34-5	0,12	1,1	0,12	1,1
116	Tris(nonilfenil) fosfit	26523-78-4	10	10	10	10
117	Vanadyum*	7440-62-2	1,6	97	1,6	16
118	2,4,5-triklorofenoksiasetik asit (2,4,5-t)	93-76-5	400	829	1	829
119	2,4-d isooktil ester	25168-26-7	0,2	26	2,8	26
120	2,4-d; (2,4-diklorofenoksi)asetik asit	94-75-7	5,3	583	5,3	583

No	Kimyasal Adı	CAS No	YO-ÇKS Nehirler/ Göller (µg/L)	MAK-ÇKS Nehirler/ Göller (µg/L)	YO-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)	MAK-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)
121	2-metil-4,6-dinitro-fenol DNOK	534-52-1	20	23	20	23
122	Asetamiprid	135410-20-7	42	42	42	42
123	Atrazin-desetil	6190-65-4	0,3	3	0,3	3
124	Azoksistrobin	131860-33-8	0,2	6	0,2	6
125	Bentazon	25057-89-0	4,5	832	4,5	832
126	Lindan (γ-hbc; 1α,2α,3β,4α,5α,6β-hekzaklorosiklohekzan)	58-89-9	1,4	4	1,4	1,4
127	Boskalid	188425-85-6	19	113	19	113
128	Bromofos-etil	4824-78-6	0,01	0,1	0,01	0,1
129	Bromofos-metil	2104-96-3	0,001	0,1	0,001	0,01
130	Bromopropilat	18181-80-1	0,12	23	0,12	1,2
131	Bromoksinil	1689-84-5	36	262	0,8	262
132	Buprofezin	69327-76-0	3,5	3,5	3,5	3,5
133	Butralin	33629-47-9	0,1	4,1	0,1	4,1
134	Kadusafos	95465-99-9	0,01	0,02	0,01	0,02
135	Kaptan	133-06-2	1,6	8,5	1,6	8,5
136	Karbaril	63-25-2	9	34	0,04	34
137	Karbendazim	10605-21-7	2,7	77	2,7	77
138	Karbofuran	1563-66-2	2,3	2,3	0,05	1,6
139	Karboksin; vitavaks	5234-68-4	11	11	5	5
140	Klorantraniliprol	500008-45-7	0,09	1,4	12	12
141	Klorobenzilat	510-15-6	6	60	0,8	8
142	Klordan	57-74-9	42	42	42	42
143	Klorfenapir	122453-73-0	0,007	0,4	0,007	0,4
144	Kloridazon; pirazon	1698-60-8	6	6	0,01	0,1
145	Klorsulfuron	64902-72-3	0,02	0,6	2000	2000
146	Klofentezin	74115-24-5	0,12	0,5	0,025	0,25
147	Klopiralid	1702-17-6	200	200	200	200
148	Klotianidin	210880-92-5	1,2	1,2	1,2	1,2
149	Siklanilid	113136-77-9	2,5	10	2,5	10
150	Siflutrin; beta siflutrin	68359-37-5	0,001	0,003	0,001	0,003
151	Siprodinil	121552-61-2	4,3	21	4,3	21
152	Sirpmazin	66215-27-8	0,2	16	0,3	3
153	4,4'-dde; 1,1-dikloro-2,2-bis(4-klorofenil) etin	72-55-9	0,02	0,2	0,02	0,2
154	Diklobenil	1194-65-6	0,6	187	74	187
155	Ditiofenkarb	87130-20-9	0,7	910	0,7	7
156	Difenokonazol	119446-68-3	0,2	5,5	0,2	5,5
157	Diflubenzuron	35367-38-5	0,13	0,13	0,02	0,02
158	Diflufenikan	83164-33-4	0,01	0,01	0,01	0,01
159	Dimetenamid	87674-68-8	0,4	1,5	0,4	1,5
160	Dimetoat	60-51-5	15	15	15	15
161	Dimetomorf	110488-70-5	3,5	61	3,5	61
162	Dimetilaminosulfanilid	4710-17-2	100	9560	100	1000
163	Dinobuton	973-21-7	0,05	0,5	0,05	0,5
164	Epoksikonazol	133855-98-8	0,8	0,8	0,03	0,3
165	Etalfluralin	55283-68-6	0,3	0,5	0,5	0,5
166	Etofumesat	26225-79-6	48	324	48	324
167	Etoprofos	13194-48-4	0,21	6,4	0,21	0,35
168	Fenamifos	22224-92-6	0,01	0,08	0,01	0,08
169	Fenarimol	60168-88-9	0,07	0,07	0,07	0,07
170	Fenbutatin ksit	13356-08-6	0,1	0,5	0,1	0,5
171	Fenoksamid	126833-17-8	28	28	28	28
172	Fenpropatrin	39515-41-8	0,01	0,01	0,01	0,01
173	Fenpropimorf	67564-91-4	0,1	30	0,1	1
174	Fluazifop-p-butil	79241-46-6	4,8	53	4,8	48
175	Fludioksonil	131341-86-1	1,2	3,1	1,2	3,1
176	Fluopiram	658066-35-4	50	275	22	43
177	Flukinkonazol	136426-54-5	3,1	3,1	3,1	3,1
178	Fluroksipir	69377-81-7	5600	5600	5600	5600
179	Flutolanil	66332-96-5	55	975	0,6	0,6
180	Flutriafol	76674-21-0	25	79	25	79
181	Fosetil al	39148-24-8	25	330	25	330
182	Fostiazat	98886-44-3	42	42	42	42
183	Hekzakonazol	79983-71-4	11	115	11	115
184	Hekzitiazoks	78587-05-0	0,4	0,4	0,4	0,4
185	Imazalil	35554-44-0	50	73	50	73
186	Imazapir	81334-34-1	1900	1900	1590	1840

No	Kimyasal Adı	CAS No	YO-ÇKS Nehirler/ Göller (µg/L)	MAK-ÇKS Nehirler/ Göller (µg/L)	YO-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)	MAK-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)
187	Imidakloprid	138261-41-3	0,14	1,4	0,14	1,4
188	Lenasil	2164-08-1	1	1	1	1
189	Malation	121-75-5	42	42	42	42
190	Mandipropamid	374726-62-2	46	250	46	250
191	Mepiquat klorit	24307-26-4	20	20	20	20
192	Mesotrion	104206-82-8	44	705	44	705
193	Metalaksil	57837-19-1	17	5320	1	10
194	Metam potasyum	137-41-7	24	240	24	240
195	Metamitron	41394-05-2	2	4,5	2	4,5
196	Metazaklor	67129-08-2	42	42	42	42
197	Metamidofos	10265-92-6	0,2	0,2	0,2	0,2
198	Metidation	950-37-8	42	42	42	42
199	Metomil	16752-77-5	42	42	42	42
200	Metoksifenozid	161050-58-4	11	110	11	110
201	Metolaklor	51218-45-2	3,3	88	3,3	88
202	Metrafenon	220899-03-6	12	13	1	13
203	Molinat	2212-67-1	136	460	136	460
204	Monokrotofos	6923-22-4	0,4	45	1	45
205	Miklobutanil	88671-89-0	9,6	9,6	9,6	9,6
206	Nikosulfuron	111991-09-4	0,05	0,2	0,05	0,2
207	Nitrofen	1836-75-5	0,2	90	0,2	2
208	Ometoat	1113-02-6	16	16	85	85
209	Oksadiazon	19666-30-9	0,3	9	0,3	9
210	Oksadiksil	77732-09-3	306	306	306	306
211	Paration-metil	298-00-0	1,4	2,5	0,01	2,5
212	Penkonazol	66246-88-6	1,2	1,9	1,2	1,9
213	Pendimetalin	40487-42-1	0,5	8	0,5	8
214	Fentoat	2597-03-7	0,05	0,5	0,05	0,5
215	Pikloram	1918-02-1	55	1401	12	120
216	Piperonil butoksit	51-03-6	3,3	350	0,8	350
217	Pirimikarb	23103-98-2	3,3	21	3,3	21
218	Prosimidon	32809-16-8	12	12	12	12
219	Prometrin	7287-19-6	0,3	2	0,3	2
220	Propamokarb HCL	25606-41-1	2240	3914	185	3914
221	Propazin	139-40-2	0,3	4,1	0,3	4,1
222	Profam	122-42-9	1	989	1	10
223	Propikonazol	60207-90-1	0,7	50	0,7	50
224	Propizamid	23950-58-5	23	112	23	112
225	Protiofos	34643-46-4	0,1	16	0,1	16
226	Piraklostrobin	175013-18-0	0,08	0,08	0,08	0,08
227	Pirydaben	96489-71-3	0,25	0,25	0,25	0,25
228	Pirimetanil	53112-28-0	12	139	12	139
229	Kuinalfos	13593-03-8	0,2	1,4	0,2	1,4
230	Kuizalofop-p-etil	100646-51-3	1	1	1	1
231	Spiroksamin	118134-30-8	42	42	42	42
232	Tebukonazol	107534-96-3	23	121	1,6	121
233	Tebutiuron	34014-18-1	0,18	7,4	0,18	7,4
234	Teknazen	117-18-0	1	10	1	10
235	Teflutrin	79538-32-2	0,002	0,002	0,002	0,002
236	Terbutilazin	5915-41-3	0,2	3,5	0,01	3,5
237	Tiabendazol	148-79-8	0,5	28	0,5	28
238	Tiakloprid	111988-49-9	0,13	2	0,13	2
239	Tiametokzam	153719-23-4	20	20	20	20
240	Tidiazuron	51707-55-2	10	61	10	61
241	Tiometon	640-15-3	0,01	47	0,01	0,1
242	Tiofanat-metil	23564-05-8	42	42	42	42
243	Tolklofos-metil	57018-04-9	1,2	7	1,2	7
244	Tolfenpirad	129558-76-5	0,2	0,2	0,2	0,2
245	Triasulfuron	82097-50-5	0,012	0,12	1,8	1,8
246	Tribenuron-metil	101200-48-0	0,04	0,08	0,04	0,08
247	Trifloksistrobin	141517-21-7	42	42	42	42
248	Trifluanuron	64628-44-0	0,23	0,23	0,23	0,23
249	Trinekzapak-etil	95266-40-3	13	86	13	86
250	Vinklozolin	50471-44-8	1,1	84	1,1	84

* Havza bazında arkaplan konsantrasyonunun belirlenmesinin ardından Ek-2'de belirtildiği şekilde değerlendirme yapılır. Ayrıca, metallerin biyoloji olarak birikimi veya metal ortama karşınası açısından sertlik, pH ve diğer su kalite parametreleri de göz önünde bulundurulur.

EK 2 Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde Yer Alan Öncelikli Maddeler ve Çevresel Kalite Standartları

No	Madde Adı	CAS No	YO-ÇKS Nehirler/Göller (µg/L)	MAK-ÇKS Nehirler/Göller (µg/L)	YO-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)	MAK-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)
1	Alaklor	15972-60-8	0,3	0,7	0,3	0,7
2	Antrasen	120-12-7	0,1	0,4	0,1	0,4
3	Atrazin	1912-24-9	0,6	2,0	0,6	2,0
4	Benzen	71-43-2	10	50	8	50
5	Bromlu difenileter[1]	32534-81-9	-	0,14	-	0,014
6	Kadmiyum ve bileşikleri[2]	7440-43-9	< 0,08 (Sınıf 1) 0,08 (Sınıf 2) 0,09 (Sınıf 3) 0,15 (Sınıf 4) 0,25 (Sınıf 5)	< 0,45 (Sınıf 1) 0,45 (Sınıf 2) 0,6 (Sınıf 3) 0,9 (Sınıf 4) 1,5 (Sınıf 5)	0,2	< 0,45 (Sınıf 1) 0,45 (Sınıf 2) 0,6 (Sınıf 3) 0,9 (Sınıf 4) 1,5 (Sınıf 5)
7	C10-13-Kloroalkanlar	85535-84-8	0,4	1,4	0,4	1,4
8	Klorfenvinfos	470-90-6	0,1	0,3	0,1	0,3
9	Klorpirifos (Klorpirifos-etil)	2921-88-2	0,03	0,1	0,03	0,1
10	1,2-dikloroetan	107-06-2	10	-	10	-
11	Diklorometan	75-09-2	20	-	20	-
12	Di(2-etilhekzil)ftalat (DEHP)	117-81-7	1,3	-	1,3	-
13	Diuron	330-54-1	0,2	1,8	0,2	1,8
14	Endosulfan	115-29-7	0,005	0,01	0,0005	0,004
15	Floranten	206-44-0	0,0063	0,12	0,0063	0,12
16	Heksakloro-benzen	118-74-1	-	0,05	-	0,05
17	Heksakloro-butadien	87-68-3	-	0,6	-	0,6
18	Heksakloro-sikloheksan	608-73-1	0,02	0,04	0,002	0,02
19	Isoproturon	34123-59-6	0,3	1,0	0,3	1,0
20	Kurşun ve bileşikleri[3]	7439-92-1	1,2	14	1,3	14
21	Cıva ve bileşikleri	7439-97-6	-	0,07	-	0,07
22	Naftalin	91-20-3	2	130	2	130
23	Nikel ve bileşikleri[3]	7440-02-0	4	34	8,6	34
24	Nonilfenoller (4-Nonilfenol)	84852-15-3	0,3	2,0	0,3	2,0
25	Oktilfenol ((4-(1,1',3,3'-tetrametilbutil)-fenol))	140-66-9	0,1	-	0,01	-
26	Pentakloro-benzen	608-93-5	0,007	-	0,0007	-
27	Pentakloro-fenol	87-86-5	0,4	1	0,4	1
28	Poliaromatik hidrokarbonlar (PAH)	-	-	-	-	-
	Benzo(a)piren	50-32-8	$1,7 \times 10^{-4}$	0,27	$1,7 \times 10^{-4}$	0,027
	Benzo(b)floranten	205-99-2	-	0,017	-	0,017
	Benzo(k)floranten	207-08-9	-	0,017	-	0,017
	Benzo(g,h,i)perilen	191-24-2	-	$8,2 \times 10^{-3}$	-	$8,2 \times 10^{-4}$
	Indeno(1,2,3-cd)piren	193-39-5	-	-	-	-
29	Simazin	122-34-9	1	4	1	4
30	Tributilkalay bileşikleri (Tributilkalay-katyonu)	36643-28-4	0,0002	0,0015	0,0002	0,0015
31	Trikloro-benzenler	12002-48-1	0,4	-	0,4	-
32	Trikloro-metan	67-66-3	2,5	-	2,5	-
33	Trifluralin	1582-09-8	0,03	-	0,03	-
34	Dikofol	115-32-2	$1,3 \times 10^{-3}$	-	$3,2 \times 10^{-5}$	-
35	Perfloroktan sülfonik asit ve türevleri (PFOS)	1763-23-1	$6,5 \times 10^{-4}$	36	$1,3 \times 10^{-4}$	7,2
36	Kinoksifen	124495-18-7	0,15	2,7	0,015	0,54
37	Dioksinler ve dioksin benzeri bileşikler[4]		-	-	-	-
38	Aklonifen	74070-46-5	0,12	0,12	0,012	0,012
39	Bifenoks	42576-02-3	0,012	0,04	0,0012	0,004

No	Madde Adı	CAS No	YO-ÇKS Nehirler/Göller (µg/L)	MAK-ÇKS Nehirler/Göller (µg/L)	YO-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)	MAK-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)
40	Sibutrin	28159-98-0	0,0025	0,016	0,0025	0,016
41	Sipermetrin[5]	52315-07-8	8×10^{-5}	6×10^{-4}	8×10^{-6}	6×10^{-5}
42	Diklorvos	62-73-7	6×10^{-4}	7×10^{-4}	6×10^{-5}	7×10^{-5}
43	Hekzabromo-siklododekanlar (HBCDD)[6]		0,0016	0,5	0,0008	0,05
44	Heptaklor ve heptaklor epoksit	76-448/1024-57-3	2×10^{-1}	3×10^{-4}	1×10^{-8}	3×10^{-5}
45	Terbutrin	886-50-0	0,065	0,34	0,0065	0,034

[a] 2013/39/AB sayılı Avrupa Birliği Direktifi'nde listelenen öncelikli maddeler ve çevresel kalite standartlarını ifade eder.
[b] Bromladifenileterler için verilen ÇKS değeri 28, 47, 99, 100, 153 ve 154 numaralı konjenerlerin toplamını konsantrasyonunu ifade eder.
[2] Sınıf 1: <40 mg $CaCO_3$/L; Sınıf 2: 40-50 mg $CaCO_3$/L; Sınıf 3: 50-100 mg $CaCO_3$/L; Sınıf 4: 100-200 mg $CaCO_3$/L; Sınıf 5: ≥200 mg $CaCO_3$/L
[3] ÇKS'ler bu maddelerin biyolojik olarak kullanılabilir konsantrasyonlarını ifade eder.
[4] 7 adet poliklorlu dibenzo-p-dioksin (PCDDs): 2,3,7,8-T4CDD (CAS 1746-01-6), 1,2,3,7,8-P5CDD (CAS 40321-76-4), 1,2,3,4,7,8- H6CDD (CAS 39227-28-6), 1,2,3,6,7,8-H6CDD (CAS 57653-85-7), 1,2,3,7,8,9-H6CDD (CAS 19408-74-3), 1,2,3,4,6,7,8-H7CDD (CAS 35822-46-9), 1,2,3,4,6,7,8,9-O8CDD (CAS 3268-87-9)
10 adet poliklorlu dibenzofuran (PCDFs): 2,3,7,8-T4CDF (CAS 51207-31-9), 1,2,3,7,8-P5CDF (CAS 57117-41-6), 2,3,4,7,8-P5CDF (CAS 57117-31-4), 1,2,3,4,7,8-H6CDF (CAS 70648-26-9), 1,2,3,6,7,8-H6CDF (CAS 57117-44-9), 1,2,3,7,8,9-H6CDF (CAS 72918- 21-9), 2,3,4,6,7,8-H6CDF (CAS 60851-34-5), 1,2,3,4,6,7,8-H7CDF (CAS 67562-39-4), 1,2,3,4,7,8,9-H7CDF (CAS 55673-89-7), 1,2,3,4,6,7,8,9-O8CDF (CAS 39001-02-0)
12 adet dioksin benzeri poliklorlu bifenil (PCB-DL): 3,3',4,4'-T4CB (PCB 77, CAS 32598-13-3), 3,3',4',5-T4CB (PCB 81, CAS 70362- 50-4), 2,3,3',4,4'-P5CB (PCB 105, CAS 32598-14-4), 2,3,4,4',5-P5CB (PCB 114, CAS 74472-37-0), 2,3',4,4',5-P5CB (PCB 118, CAS 31508-00-6), 2,3',4,4',5'-P5CB (PCB 123, CAS 65510-44-3), 3,3',4,4',5-P5CB (PCB 126, CAS 57465-28-8), 2,3,3',4,4',5-H6CB (PCB 156, CAS 38380-08-4), 2,3,3',4,4',5'-H6CB (PCB 157, CAS 69782-90-7), 2,3',4,4',5,5'-H6CB (PCB 167, CAS 52663-72-6), 3,3',4,4',5,5'-H6CB (PCB 169, CAS 32774-16-6), 2,3,3',4,4',5,5'-H7CB (PCB 189, CAS 39635-31-9).
[5] 52315-07-8 numaralı CAS Numarası sipermetrinin, alfa sipermetrin (CAS 67375-30-8), beta sipermetrin (CAS 65731-84-2), teta sipermetrin (CAS 71697-59-1) ve zeta sipermetrinden (CAS 52315-07-8) oluşan bir izomer karışımını ifade eder.
[6] 1,3,5,7,9,11-Hekzabromosiklododekan (CAS 25637-99-4), 1,2,5,6,9,10-Hekzabromosiklododekan (CAS 3194-55-6), α-Hekzabromosiklododekan (CAS 134237-50-6), β-Hekzabromosiklododekan (CAS 134237-51-7) ve γ-Hekzabromosiklododekan (CAS 134237-52-8) ifade eder

Bölüm 8
Makroalg Ve Deniz Çayırları İzleme Kılavuzu

Hazırlayanlar

Kılavuz Lideri
Prof. Dr. Ergün TAŞKIN Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Kılavuz Ekibi
Doç. Dr. Gamze YILDIZ Uludağ Üniversitesi

İÇİNDEKİLER

TABLO DİZİNİ 2
ŞEKİL DİZİNİ 2
KISALTMALAR 3
1 GİRİŞ 4
1.1 Denizel Makroalgler 4
1.2 Deniz Çayırları (Denizel Angiospermler) 4
2 AMAÇ 5
3 ÖRNEKLEME STRATEJİSİ (İZLEME ALAN VE SIKLIKLARI) 6
3.1 Örnekleme İstasyonları 6
3.2 Örnekleme Sıklığı 6
3.3 Örnekleme Ekipmanları 6
3.4 Örnekleme ayları (dönemi) 7
3.5 Örnekleme Yöntemi 7
3.5.1 Kuadrat Yöntemi 7
3.5.2 Rastgele Örnekleme 12
3.5.3 Görsel (Visual) Örnekleme 13
3.6 Makroflora Örneklerinin Saklanması ve Korunması 15
3.7 Referans Koşulların Belirlenmesi 15
4 TÜRKİYE'NİN KIYI VE GEÇİŞ SULARINDA UYGULANABİLECEK MAKROFİT BİYOTİK İNDEKSLER 16
4.1 Metrik kombinasyon kuralı 17
4.2 Fiziko-kimyasal veriler 18
4.3 Örnekleme bölgesinin kısa tanıtımı 18
5 DENIZ ÇAYIRI POSIDONIA OCEANICA İZLEME PARAMETRELERI 18
5.1 Biyolojik Kalite Elementi Denizel Angiosperm Cymodocea Nodosa 28
6 VERI KALITESİ 29
7 RAPORLAMA VE DEĞERLENDİRME 29
KAYNAKLAR 32

TABLO DİZİNİ

Tablo 1 Akdeniz ve Türkiye Bentik Makroalgleri..... 4
Tablo 2 AB Direktifleri ve Sözleşmelerde Sualtı Gürültüsünün Değerlendirilmesi..... 5
Tablo 3 Deniz tabanı habitat/topluluk/türleri alt bileşeni olarak DSÇD – İÇD "durum" ve "baskı" Tanımlayıcıları ile olan ilişkisi 6
Tablo 4 Ekolojik değerlendirme indeksi (EEI-c) ile geçiş ve kıyı sularının sınıflandırılması..... 8
Tablo 5 Kıyı sularında makrofitlerin Ekolojik Sınıf Grupları (ESG) 9
Tablo 6 Geçiş sularında makrofitlerin Ekolojik Sınıf Grupları (ESG) 10
Tablo 7 Yabancı Biyotik İndeks (ALEX) ile Ekolojik Durum Sınıfı sınır değerleri..... 12
Tablo 8 Denizel Floristik Ekolojik İndeks (DENFEİ) ile geçiş ve kıyı sularının sınıf sınır değerleri.. 13
Tablo 9 Littoral Cartography (CARLIT) yöntemi için ana komünite kategorileri 14
Tablo 10 Kıyı ve Geçiş Sularında Uygulanabilecek Makrofit Biyotik İndeksler 16
Tablo 11 Türkiye kıyı ve geçiş sularında makrofit biyotik indekslere göre örnekleme..... 17
Tablo 12 Deniz çayırı Posidonia oceanica'nın sınır tipine göre yorumlanması 25
Tablo 13 Deniz çayırı Posidonia oceanica'nın görsel izleme çalışmasında dikkat edilecek durumlar. 25
Tablo 14 MedPosidonia Sentezi 26
Tablo 15 CymoSkew İndeks ile geçiş ve kıyı sularının sınıf sınır değerleri 29

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1 Serbest dalış ile 0-3 m arası derinlikten örnekleme. 8
Şekil 2 Kuadrat örneklemesi (20x20 cm) 8
Şekil 3 Makrofit Kalite İndeksi 11
Şekil 4 Makroflora tür çeşitliliği için rastgele örnekleme (100mx100m alandan) 12
Şekil 5 Sulatı dijital fotoğraflama ile görsel örnekleme. 13
Şekil 6 Deniz çayırı Posidonia oceanica, görsel izleme çalışması..... 18
Şekil 7 Sualtı işaretleyici 20
Şekil 8 İşaretlenecek alt sınırı belirlemesi 21
Şekil 9 İşaretleyicilerin konumlandırılması..... 21
Şekil 10 İşaretleyicileri sabitleme ve fotoğraf kazıklarını yerleştirme 22
Şekil 11 Deniz çayırı sınırlarının fotoğraf çekimi 23
Şekil 12 Dip örtüsü ve yoğunluk çalışmaları..... 23
Şekil 13 İlerleyen sınır ve Keskin Sınır..... 24
Şekil 14 Seyrek sınır ve Gerileyen Sınır..... 24

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ALEX	: Yabancı Tür Biyotik İndeksi-Alien Biotic Index
BSC	: Karadeniz Komisyonu-Blacksea Commission
BSIMAP	: Karadeniz Bütünleşik İzleme ve Değerlendirme Programı
CARLIT	: Littoral Kartografi-Cartography of Littoral
DENFEI	: Denizel Floristik Ekolojik İndeks-Marine Floristic Ecological Index
DSÇD	: Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi
EC	: Avrupa Komisyonu-European Commission
EDS	: Ekolojik Durum Sınıfı
EEI	: Ekolojik Değerlendirme İndeksi-Ecological Evalutaion Index
EKO	: Ekolojik Kalite Oranı
GPS	: Coğrafi Konumlama Sistemi
IMAP	: Bütünleşik İzleme ve Değerlendirme Kılavuzu
MA-LUSI	: MA- the Land Uses Simplified Index (LUSI)
MaQI	: Makrofit Kalite İndeksi-Macrophyte Quality Index
MAP	: Akdeniz Eylem Planı-Mediterranean Action Plan
MEDGIG	: Akdeniz Coğrafik İnterkalibrayon Grubu-Mediterrenean Geographical Intercalibration Group
MedPAN	: Akdeniz Korunan Alanlar Ağı
SÇD	: Su Çerçeve Direktifi
SYB	: Su Yönetim Birimi
TP	: Toplam Fosfor
TN	: Toplam Azot
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
WFD	: Su Çerçeve Direktifi (Water Framework Directive)

1 GİRİŞ

Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi (WFD, 2000/60/EC) ile üye ülkelerinin sucul ortamların ekolojik durumlarının belirlemesi ve beş kategori altında (kötü, zayıf, orta, iyi, yüksek) sınıflandırılması istenmiştir. Bu sınıflandırmada bentik omurgasızlar, fitoplankton, balık, makroalgler ve angiospermler kıyı ve geçiş sularının ekolojik durumunun belirlenmesinde biyolojik elementler olarak önerilmiştir.

AB Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (2008/56/EC) ile de ekolojik kalite belli İÇD Tanımlayıcıları ile belirlenen hedef değerlere göre "iyi" ve "kötü" olarak iki sınıfa ayrılır. Makrofitler DSÇD'nin biyolojik çeşitlilikle ilgili İÇD tanımlayıcıları (T1, T4, T6) ve baskılar ile ilgili tanımlayıcıları (T2, T5, T7, T8, T10) içinde değerlendirilir. Bu değerlendirmelerde; etkilenmemiş ortam türleri, fırsatçı türler, koruma altındaki habitat ve türler dikkate alınır. Bunların yayılım alanları, bu alanların baskılara karşı değişimleri, tür çeşitliliği ve kalite göstergeleri kullanılan değerlendirme unsurlarıdır (Zampoukas vd. 2014).

Sınıflandırma çalışmalarına yönelik olarak kıyı ve geçiş suları için bazı makrofit indeksler geliştirilmiştir: Ekolojik Değerlendirme İndeksi (Ecological Evalutaion Index, EEI, Orfanidis vd. 2011), Makrofit Kalite İndeksi (Macrophyte Quality Index, MaQI, Sfriso vd. 2009), Littoral Kartografi İndeksi (Cartography of Littoral, CARLIT, Ballesteros vd. 2007), Yabacı Biyotik İndeks (Alien Biotic Index, ALEX, Çınar ve Bakır 2014; Piazzi vd. 2015), Denizel Floristik Ekolojik İndeks (DENFEİ, Marine Floristic Ecological Index, Taşkın ve Orfanidis, 2016) gibi makrofit biyotik indeksler kullanılabilir.

1.1 Denizel Makroalgler

Makroalgler gerçek kök, gövde ve yaprak yapısına sahip olmayan bitki benzeri talluslu canlılardır. Dünya denizlerinde bentik makroalglere ait tür ve türaltı seviyede toplam 10300 takson [1600 Phaeophyceae (kahverengi algler), 6200 Rhodophyta (kırmızı algler) ve 2500 Chlorophyta (yeşil algler)] bulunmaktadır. Akdeniz genelinde makroalglare ait 1117 takson belirtilmiştir (Tablo 1). Türkiye kıyılarında ise 150 kahverengi alg (Phaeophyceae), 330 kırmızı alg (Rhodophyta) ve 120 yeşil alg (Chlorophyta) olmak üzere toplam 600 bentik makroalg türü rapor edilmiş ve bunların 32 tanesi yabancı ve yayılımcı türdür (Taşkın ve Öztürk, 2013).

Tablo 1 Akdeniz ve Türkiye Bentik Makroalgleri

	AKDENİZ		TÜRKİYE	
Makroalgal	Takson	Yabancı Takson	Takson	Yabancı Takson
Phaeophyceae	270	22	150	14
Rhodophyta	657	71	330	12
Chlorophyta	190	16	120	6
Toplam Takson	**1117**	**109**	**600**	**32**

1.2 Deniz Çayırları (Denizel Angiospermler)

Deniz çayırları denizel ortama uyum sağlamış sucul angiospermler olup karasal bitkiler gibi kök, gövde, yaprak, çiçek ve tohuma sahiptirler. Dünya genelinde 50 denizel

angiosperm türü bulunmaktadır. Türkiye ve Akdeniz genelinde kıyı ve geçiş sularında *Cymodocea, Halophila, Posidonia, Ruppia, Zostera* cinslerine ait 7 angiosperm türü yayılış göstermektedir: *Cymodocea nodosa, Halophila stipulacea, Posidonia oceanica, Ruppia cirrhosa, Ruppia maritima, Zostera marina* ve *Zostera noltii.*

2 AMAÇ

Ulusal izleme çalışmalarında, AB SÇD'ye (WFD, 2000/60/EC) yönelik olarak kıyı ve geçiş sularının ekolojik durum sınıflandırılmasının yapılması "Sürdürülebilir" ya da "Restorasyon" gerektiren ortamların belirlenmesi için yöntem, istasyon seçimi, örnekleme metodu, analiz ve veri değerlendirme birliğini sağlamak.

AB Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (2008/56/EC) kapsamında makroalgler ve angiospermler, Tanımlayıcı 6 (Deniz tabanı bütünlüğü, ekosistem fonksiyonlarının güvencede olduğu, özellikle de bentik ekosistemlerin olumsuz etkilere maruz kalmayacağı, seviyede tutulur), Esaslar 6.2 (Bentik komünitenin durumu) ve Göstergeler 6.2.1 (özellikle hassas ve/veya toleranslı türlerin varlığı) ile 6.2.2'de (Tür çeşitliliği, zenginliği, fırsatçı türlerin hassas türlere oranı gibi bentik komünitenin durumu ve işlevini belirleyen multi-metrik indeksler) yer almaktadır. Bunun yanı sıra Tanımlayıcı 2'deki insan aktiviteleri ile taşınmış yerel olmayan türler, ekosistemleri olumsuz yönde değişikliğe uğratmayacak seviyede kapsamında, 2.1. Yerel olmayan türlerin ve özellikle istilacı türlerin bolluğu ve durum özellikleri ile 2.2. İstilacı yerel olmayan türlerin çevresel etkileri Esasları içerisinde değerlendirilebilmektedir. Ayrıca DSÇD-EK III, Tablo1 ve 2'ye ve bunların ilgili İyi Çevresel Durum (İÇD) göstergelerine göre makroalg ve angiospermleri içerecek şekilde önerilen izleme parametreleri; Çiçekli bitki biyokütlesi ve yıllık/mevsimsel çeşitliliği; Çiçekli bitki türlerinin kompozisyonu ve yıllık/mevsimsel çeşitliliği; Yabancı türlerin katılımı; Makroalg biyokütlesi; Makroalg tür kompozisyonu; Yerli olmayan veya egzotik türlerin bolluğu; Yerli olmayan veya egzotik türlerin varlığı; Yerli olmayan veya egzotik türlerin mekansal dağılımıdır.

Tablo 2'de AB ve Bölge Denizlerinde bu çalışmaların yoğunlaştığı konular ve yaklaşımlar özetlenmiştir. Tablo 3 ise "Giriş" bölümünde belirtilen DSÇD İÇD "durum-etki" ve "baskı" göstergeleri ile ilişkileri özetlemektedir.

Tablo 2 AB Direktifleri ve Sözleşmelerde Sualtı Gürültüsünün Değerlendirilmesi

AB – DSÇD (1., 2., 4. ve 6. İÇD Tanımlayıcılarının bentik habitatlar izleme bileşeni ile ilgili olarak) Tanımlı özellikler/göstergeler	**AB-SÇD** Ekolojik kalite sınıflandırması	**AB – HD** Korunması gereken doğal habitatlar içinde	**RAMSAR** Bu statüye sahip alanların belirlenmesi	**IMAP UNEP/MAP (2015 & 2016)** Ortak göstergeler: Ekolojik Objektif 1 kapsamında	**BSC (2016)**
-Tür kompozisyonu (hassas ve/veya fırsatçı türlerin varlığı), bolluk, biyokütle. -Fırsatçı türlerin hassas türlere oranı. -Çok metrikli indekslerle bentik komünitelerin durumunun tespiti, -Çok yıllık bitkilerin bolluğu ve yayılımı, yönelimleri, -Düşük berraklıktan etkilenen deniz çayırlarının bolluğu ve zamana karşı değişimleri	SÇD'de dört biyolojik kalite bileşenin-den birisi olarak	Akdeniz özelinde Posidonya yatakları (HD-Ek1)	Deniz çayırı yataklarının olduğu alanların takibi: toplam 249 alan	Habitat dağılım aralığı: habitatın boyutunu göz önünde bulundurarak değerlendiriliyor. Habitata özgü tür ve komunitelerinin durumu takip ediliyor	Ötrofikas-yon ve biyolojik çeşitlilik ile ilgili olarak izlenmesi

Tablo 3 Deniz tabanı habitat/topluluk/türleri alt bileşeni olarak DSÇD – İÇD "durum" ve "baskı" Tanımlayıcıları ile olan ilişkisi

Ekosistem bileşenleri ve fonksiyonları	**"Baskı" Tanımlayıcıları**	T2. Yabancı türler	T5. Ötrofikasyon	T7. Hidrografik değişimler	T8. Kirleticiler	T9. Deniz ürünlerindeki kirleticiler	T10. Deniz çöpü	D11. Gürültü ve enerji
	"Durum" ve "Etki" Tanımlayıcıları							
Deniz tabanı habitat, topluluk ve türleri	T1.Biyoçeşitlilik T4. Besin ağı T6. Deniz tabanı bütünlüğü							-
Ekosistem fonksiyonları (kıyısal savunma, besin maddelerinin döngüleri)						-	-	-

3 ÖRNEKLEME STRATEJİSİ (İZLEME ALAN VE SIKLIKLARI)

3.1 Örnekleme İstasyonları

Kıyı suyu çalışmalarında makroalgal örneklemeler için seçilecek istasyon Su Yönetim Birimlerini (SYB) ve bölgenin hidrodinamik yapısının genelini temsil edecek ve sert substratum özellikte olmalıdır. Geçiş suyu çalışmalarında ise makroalgal ve denizel angiospermler için örneklemeler yumuşak substratumdan 0-3 m arası derinlikten yapılmalıdır. Her Su Yönetim Birimi'nden (SYB) etkilenmiş ve etkilenmemiş ortamları temsil açısından birer olmak üzere 2 istasyon seçilmelidir.

3.2 Örnekleme Sıklığı

Makroflora (makroalg ve angiospermler) her yıl belirlenen istasyonlardan yılda bir kere örnekleme yapılması gerekmektedir. Akdeniz-Ege Denizi, Marmara Denizi ve Karadeniz kıyılarında her su kütlesi (Su Yönetim Birimi) için en az bir örnekleme noktası olmalıdır. Örneklemeler her noktadan en az üç replikatlı yapılmalıdır (Orfanidis vd., 2011)

3.3 Örnekleme Ekipmanları

- Serbest Dalış: maske, şnorkel, palet
- Kuadrat: 20x20 cm (400 cm^2)
- Örnek Koruma ve Saklama: Yeterli sayıda 1,2,3 L'lik cam veya plastik pet kavanoz
- Örnek Tanımlama: Mikroskop (ışık ve sterio mikroskop)
- Spatula
- Etiket (örnek kavanozlarına yapıştırmak için)
- Lam ve lamel
- Pens ve penset takımı
- Sualtı dijital fotoğraf makinesi ve kamerası
- Deniz suyu kalite ölçüm cihazı (Sıcaklık, pH, Tuzluluk, Oksijen vs. için)

3.4 Örnekleme Ayları (dönemi)

Makroflora (makroalg ve angiospermler) ulusal izleme çalışmaları test edilecek biyotik indeks metoduna göre uygun ay ve dönemlerde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bunun yanı sıra Türkiye kıyı ve geçiş suları için uygun örnekleme dönemleri İlkbahar, Yaz ve Sonbahar mevsimleridir. İzleme amaçlı yılda bir kez örnekleme yapılacaksa ilkbahar/ilkyaz döneminde (Nisan-Haziran), iki örnekleme yapılacaksa ilkbahar/ilkyaz döneminde (Nisan-Haziran) ve Sonbahar başlangıcında (Ağustos sonu-Eylül başı) yapılması uygundur. Türkiye kıyı ve geçiş sularında uygulanacak makrofit biyotik indekslerin örnekleme ayları ve dönemleri ayrıca Tablo 10'da verilmiştir.

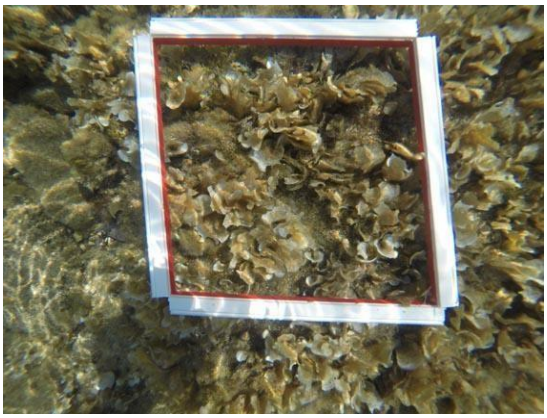
3.5 Örnekleme Yöntemi

Örnekleme yapılacak Su Yönetim Birimi istasyonlarından izleme amacına uygun olarak bölgeyi temsil edecek şekilde kuadrat yöntemi (20x20 cm), rastgele örnekleme veya görsel (visual) örnekleme yapılmalıdır. Tür çeşitliliği çalışmaları için rastgele örnekleme, türlerin bolluğu, örtü durumu gibi çalışmalar için kuadrat, örnek toplamadan yapılacak çalışmalar için ise dijital sualtı kamerası ile görsel örnekleme yapılmalıdır. Denizlerde Bütünleşik kirlilik izleme çalışmalarında Yaz döneminde karadan ayrı bir ekiple her büyük körfezde/kıyı su yönetim birimlerini temsil edecek şekilde, aynı tipolojiye sahip 1 kirli ve 1 de referans (temiz) bölgeden kıyı gözlem ve dalış çalışması ile 20x20 cm kuadrat tekniği kullanarak (3 replikatlı olacak şekilde) örnekleme yapılmalıdır.

3.5.1 Kuadrat Yöntemi

Kıyı suyu noktalarından makroflora örneklemesi serbest dalış ile kayalık alanlardan 0-3 m arası derinlikten alanı temsil edecek şekilde en az üç ayrı noktadan (15x15 m alandan) yapılmalıdır. Bu yöntemde kuadrat 20x20 cm (400 cm^2) olmalı ve örnekler spatula ile alınmadan önce sualtı dijital fotoğraf makinesi ile görüntü alınmalıdır (Orfanidis vd., 2011)(Şekil 1-2). Örnekler toplandıktan sonra plastik pet kavanozlara konulmalıdır. Sahada tayin edilemeyen örnekler için %2-5 formaldehit + deniz suyu ile fikse edilmelidir. Toplanan örnekler laboratuvarda gerektiğinde mikroskop yardımıyla tayin edilmeli ve % örtü değerleri tespit edilerek ekolojik gruplarına (Hassas türler, Toleranslı türler) ayrılmalıdır (Orfanidis vd., 2011) (Tablo 2-3). Bu tip bir örnekleme yöntemi Ekolojik Değerlendirme İndeksi (EEI), Makrofit Kalite İndeksi (MaQI) ile Yabancı Biyotik İndeks (ALEX) için uygundur (Sfriso vd. 2009, Orfanidis vd. 2011, Çınar ve Bakır 2014, Piazzi vd, 2015). Yabancı Biyotik İndeks Akdeniz-Ege kıyı sularında, Ekolojik Değerlendirme İndeksi tüm denizlerde (Akdeniz-Ege, Marmara ve Karadeniz) kıyı ve geçiş sularında, Makrofit Kalite İndeksi ise tüm denizlerde (Akdeniz-Ege, Marmara ve Karadeniz) sadece geçiş sularında çalışılabilir.

Şekil 1 Serbest dalış ile 0-3 m arası derinlikten örnekleme.



Şekil 2 Kuadrat örneklemesi (20x20 cm).

Ekolojik Değerlendirme İndeksi (EEI) ile Bolluk- örtü Hesaplaması (Orfanidis et al., 2011):

% Örtü ESG I= [(IA*1)+(IB*0.8)+(IC*0.6)] ve
ESG II = [(IIA*0.8)+(IIB*1)]

ESG I (x): Kalın çok yıllık (IA), kalın plastik (IB) ve gölgeye adapte plastik türler (IC).

ESG II (y): Etli fırsatçı (IIA) ve ipliksi fırsatçı türler (IIB).

Hiperbolik modeli indeks değerleri hesaplanması:

p(x,y) = a + b*(x/100) + c*(x/100)2 + d*(y/100) + e*(y/100)2+ f*(x/100)*(y/100)
a = 0.4680 b = 1.2088 c = - 0.3583
d = - 1.1289 e = 0.5129 f = - 0.1869

EEI, WFD değerlerine dönüştürülmesi: EEI_{EQR}=1.25x(EEIvalue/RCvalue)-0.25

Tablo 4 Ekolojik değerlendirme indeksi (EEI-c) ile geçiş ve kıyı sularının sınıflandırılması.

Ekolojik Durum Sınıfı	EEI-c oranı	*EEIeqr*	Yönetim Hedefi
ÇOK İYİ	10 ≥ EEI > 8	1 ≥ EQR > 0.75	Sürdürülebilir
İYİ	8 ≥ EEI > 6	0.75 ≥ EQR > 0.5	Sürdürülebilir
ORTA	6 ≥ EEI > 4	0.5 ≥ EQR > 0.25	Restorasyon
ZAYIF	4 ≥ EEI > 2	0.25 ≥ EQR > 0	Restorasyon
KÖTÜ	2	0	Restorasyon

Tablo 5 Kıyı sularında makrofitlerin Ekolojik Sınıf Grupları (ESG)

No.	Takson	ESG	No.	Takson	ESG	No.	Takson	ESG
1	*Acetabularia*	IC	64	*Dipterosiphonia*	IIB	127	*Osmundaria*	IIA
2	*Acinetospora*	IIB	65	*Drachiella*	IIA	128	*Osmundea*	IIA
3	*Acrochaetium*	IIB	66	*Dudresnaya*	IIB	129	*Padina*	IB
4	*Acrodiscus*	IIA	67	*Ectocarpus*	IIB	130	*Pedobesia*	IIB
5	*Acrosorium*	IIA	68	*Entocladia*	IIB	131	*Penicillus*	IIB
6	*Acrothamnion*	IIB	69	*Erythrocladia*	IIB	132	*Petalonia*	IIB
7	*Aglaothamnion*	IIB	70	*Erythroglossum*	IB	133	*Peyssonnelia*	IC
8	*Aglaozonia*	IB	71	*Erythropeltis*	IIB	134	*Phaeophila*	IIB
9	*Ahnfeltiopsis*	IIA	72	*Erythrotrichia*	IIB	135	*Phyllophora*	IIA
10	*Alsidium*	IIA	73	*Falkenbergia*	IIB	136	*Pleonosporium*	IIB
11	*Amphiroa*	IC	74	*Feldmannia*	IIB	137	*Plocamium*	IB
12	*Anadyomene*	IC	75	*Flabellia*	IC	138	*Pneophyllum*	IC
13	*Anotrichium*	IIB	76	*Fosliela*	IC	139	*Polysiphonia*	IIB
14	*Antithamnion*	IIB	77	*Ganonema*	IC	140	*Porphyra*	IIB
15	*Antithamnionella*	IIB	78	*Gastroclonium*	IIA	141	*Porphyrostromium*	IIB
16	*Asparagopsis*	IIA	79	*Gelidiella*	IIA	142	*Posidonia*	IA
17	*Asperococcus*	IB	80	*Gelidium*	IIA	143	*Pringsheimiella*	IIB
18	*Auduniella*	IIB	81	*Giffordia*	IIB	144	*Pseudobryopsis*	IIB
19	*Bangia*	IIB	82	*Gigartina*	IIA	145	*Pseudochlorodesmis*	IIB
20	*Blastophysa*	IIB	83	*Goniotrichum*	IIB	146	*Pseudocrouania*	IIB
21	*Blidingia*	IIB	84	*Gracilaria*	IIA	147	*Pterocladia*	IIA
22	*Boergeseniella*	IIA	85	*Gracilariopsis*	IIA	148	*Pterocladiella*	IIA
23	*Botryocladia*	IIA	86	*Grateloupia*	IIA	149	*Pterosiphonia*	IIB
24	*Bryopsis*	IIB	87	*Griffithsia*	IIB	150	*Pterothamnion*	IIB
25	*Callithamnion*	IIB	88	*Gulsonia*	IIB	151	*Radicilingua*	IIA
26	*Caulacanthus*	IIA	89	*Halimeda*	IC	152	*Ralfsia*	IC
27	*Caulerpa*	IIA	90	*Haliptilon*	IC	153	*Rhizoclonium*	IIB
28	*Centroceras*	IIB	91	*Halodictyon*	IIB	154	*Rhodophyllis*	IB
29	*Ceramimum*	IIB	92	*Halopitys*	IB	155	*Rhodothamnionella*	IIB
30	*Chaetomorpha*	IIB	93	*Halopteris*	IIA	156	*Rhodymenia*	IIA
31	*Champia*	IIA	94	*Halurus*	IIB	157	*Ruppia*	IB
32	*Chondracanthus*	IIA	95	*Halymenia*	IIA	158	*Rytiphlaea*	IB
33	*Chondria*	IIA	96	*Herposiphonia*	IIB	159	*Sahlingia*	IIB
34	*Chondrophycus*	IIA	97	*Heterosiphonia*	IIB	160	*Sarconema*	IIA
35	*Chondrophycus*	IIA	98	*Hincksia*	IIB	161	*Sargassum*	IB
36	*Chondrus*	IA	99	*Hydroclathrus*	IIA	162	*Schizymenia*	IIA
37	*Choreonema*	IC	100	*Hydrolithon*	IC	163	*Schottera*	IIA
38	*Chroodactylon*	IIB	101	*Hypnea*	IIA	164	*Scinaia*	IIA
39	*Chrysymenia*	IIA	102	*Hypoglossum*	IIA	165	*Scytosiphon*	IIB
40	*Chylocladia*	IIA	103	*Jania*	IC	166	*Spermothanmion*	IIB
41	*Cladophora*	IIB	104	*Kallymenia*	IIA	167	*Sphacelaria*	IIA
42	*Cladostephus*	IIA	105	*Kuckuckia*	IIB	168	*Sphaerotrichia*	IIB
43	*Codium*	IIB	106	*Kuetzingiella*	IIB	169	*Sphondylothamnion*	IIB
44	*Colpomenia*	IIA	107	*Laurencia*	IIA	170	*Spongites*	IC
45	*Corallina*	IC	108	*Lejolisia*	IIB	171	*Spyridia*	IIB
46	*Corallophila*	IIB	109	*Liagora*	IC	172	*Stictyosiphon*	IIB
47	*Corynophlaea*	IIB	110	*Liebmannia*	IIB	173	*Stilophora*	IIB
48	*Cottoniella*	IIB	111	*Lithophyllum*	IC	174	*Stylonema*	IIB
49	*Crouania*	IIB	112	*Lobophora*	IIA	175	*Stypocaulon*	IIA
50	*Cutleria*	IB	113	*Lomentaria*	IIA	176	*Taenioma*	IIB
51	*Cyanobacteria*	IIB	114	*Lophosiphonia*	IIB	177	*Taonia*	IB
52	*Cymodocea*	IB	115	*Melobesia*	IC	178	*Titanoderma*	IC
53	*Cystoseira*	IA	116	*Mesogloia*	IIA	179	*Tricleocarpa*	IC
54	*Cystoseira barbata*	IB	117	*Mesophyllum*	IC	180	*Ulohtrix*	IIB
55	*Cystoseira compressa*	IB	118	*Monosporus*	IIB	181	*Ulva*	IIB
56	*Dasya*	IIB	119	*Monostroma*	IIB	182	*Ulvella*	IIB
57	*Dasycladus*	IIA	120	*Myriactula*	IIB	183	*Valonia*	IIB
58	*Derbesia*	IIB	121	*Myrionema*	IIB	184	*Vaucheria*	IIB
59	*Dermatolithon*	IC	122	*Nanozostera*	IB	185	*Womersleyella*	IIB
60	*Dictyopteris*	IIA	123	*Nemastoma*	IIA	186	*Wrangelia*	IIB
61	*Dictyota*	IIA	124	*Neosiphonia*	IIB	187	*Zanardinia*	IIA
62	*Digenea*	IB	125	*Neurocaulon*	IIA	188	*Zonaria*	IIA
63	*Dilophus*	IIA	126	*Nitophyllum*	IIA	189	*Zostera*	IB

(Orfanidis et al., 2011).

Tablo 6 Geçiş sularında makrofitlerin Ekolojik Sınıf Grupları (ESG)

No.	Takson	ESG	No.	Takson	ESG
1	*Acanthophora*	IIA	32	*Hincksia*	IIB
2	*Acetabularia*	IIC	33	*Hydrolithon*	IIC
3	*Acrothamnion*	IIB	34	*Hypnea*	IIA
4	*Agardhiella*	IIA	35	*Lamprothamnion*	IB
5	*Alsidium*	IIA	36	*Laurencia*	IIA
6	*Anotrichium*	IIB	37	*Lithophyllum*	IC
7	*Antithamnion*	IIB	38	*Lophosiphonia*	IIB
8	*Bangia*	IIB	39	*Monostroma*	IIB
9	*Blidingia*	IIB	40	*Nanozostera*	IA
10	*Boergeseniella*	IIA	41	*Nitophyllum*	IIA
11	*Callithamnion*	IIB	42	*Phaeophyla*	IIB
12	*Ceramium*	IIB	43	*Pneophyllum*	IC
13	*Chaetomorpha*	IIB	44	*Polysiphonia*	IIB
14	*Chondria*	IIA	45	*Porphyra*	IIB
15	*Chondrophycus*	IIA	46	*Pterothamnion*	IIB
16	*Cladophora*	IIB	47	*Rhizoclonium*	IIB
17	*Cyanobacteria*	IIB	48	*Ruppia*	IA
18	*Cymodocea*	IA	49	*Rytiphleae*	IB
19	*Cystoseira*	IB	50	*Rhodophylis*	IIA
20	*Dasya*	IIB	51	*Sargassum*	IB
21	*Dictyota*	IIA	52	*Solieria*	IIA
22	*Entocladia*	IIB	53	*Sphacelaria*	IIA
23	*Erythropeltis*	IIB	54	*Spyridia*	IIA
24	*Erythrotrichia*	IIB	55	*Stylonema*	IIB
25	*Fucus*	IB	56	*Ulohtrix*	IIB
26	*Gastroclonium*	IIA	57	*Ulva*	IIB
27	*Gracilaria*	IIA	58	*Ulvella*	IIB
28	*Gracilariopsis*	IIA	59	*Undaria*	IB
29	*Griffitsia*	IIB	60	*Valonia*	IIB
30	*Halopitys*	IIA	61	*Vaucheria*	IIB
31	*Herposiphonia*	IIB	62	*Zostera*	IA

Orfanidis et al., 2011

Kuadrat yöntemi örnekleme ile Makrofit Kalite İndeksi (Macrophyte Quality Index-Rapid versiyon, MaQI, Sfriso vd. 2009) geçiş sularının değerlendirilmesinde kullanılabilmektedir. Bu indeksin ekolojik durum sınıfı belirleme prensibi Şekil 3'de verilmiştir.

Hızlı Makrofit Kalite İndeksi (Rapid-Macrophyte Quality Index=R-MaQI) Şeması									
Makroalgler	Tür Skoru			Kalkerli Epifitler	Kalite Sınıfları (Skor/EKO)				
	Fırsatçı (0)	Ayrımsız (1)	Hassas (2)						
	<%751		≥%25	Bol	0.9				1
	%75-85		%15-25	Var	0.7			0.8	0.9
	>%85		≤15%	Nadir/Yok	0.6	0.6	0.7		
	Toplam örtü <%5		2 tür		0.5				
	Toplam örtü ≤%5	Mevsimsel **Rhodophyta** aşırı çoğalması	≤2 tür	≤1 tür	0.4				
		Mevsimsel **Chlorophyta** aşırı çoğalması	≤2 tür		0.3				
	Toplam örtü <%5		1	0					
			0		0.2				
	Yok				0.1				
Angiospermler	*Ruppia cirrhosa, Ruppia maritima, Zostera noltii*				Yok	<%502	%50-100		
	Zostera marina					<%25	%25-75	>%75	
	Cymodocea nodosa				Yok		<%25	≥%25	
	Posidonia oceanica				Yok			Var	

Şekil 3 Makrofit Kalite İndeksi
(Macrophyte Quality Index-Rapid versiyon, MaQI, Sfriso vd. 2009) ekolojik durum sınıfı belirleme prensibi)

Yabancı Biyotik İndeks (Alien Biotic Index, ALEX), Çınar ve Bakır (2014) tarafından Akdeniz'deki hayvansal organizmaların SÇD'ye göre ekolojik durum sınıfı belirleme çalışmaları için önerilmiştir. Piazzi vd. (2015), ALEX indeksini yabancı makroalglerin % örtü (400 cm^2) durumuna göre geliştirmişlerdir. Makroalgler dört kategoriye ayrılmıştır:
(1) Grup I (Yerli türler), (2) Grup II (Nadir gözlenen yabancı türler), (3) Grup III (Yerleşmiş yabancı türler) ve (4) Grup IV (Yayılımcı yabancı türler).

Yerli olmayan işgalci türlerin (Grup IV) bolluğuna bağlı olarak istilanın dört seviyesi (istila yok, bulunma, kısmi istila, istila) vardır. Buna göre yabancı tür işgalinin seviyesi aşağıdaki gibidir:

(1) İstila yok: Yerli olmayan türler (Non Indigenous Species, NIS) yok ya da örtü % <5.
(2) Bulunma: Yerli olmayan türlerin örtü durumu % 6 – 20 arasında.
(3) Kısmi istila: Yerli olmayan türlerin örtü durumu % 21-80 arasında.
(4) İstila: Yerli olmayan türlerin örtü durumu % >80.

ALEX formülü (Çınar ve Bakır, 2014):
ALien Biotik İndeks (ALEX) = [(0GI) + (3GII + GIII) + (5GIV)] / 100

Bununla birlikte, ALEX değerleri 0-5 arasında değişmekte ve Su Çerçeve Direktifine (AB, 2000) göre bir 0-1 arasında değişen bir ekolojik kalite oranı (EQR) olarak tanımlanmalıdır. Böylece Ekolojik Kalite Oranı hesaplamaları $ALEX_{EQR}$ = (5-ALEX) / 5 olarak hesaplanmaktadır.

Batı Akdeniz verilerinden yabancı ve yayılımcı makroalgler için geliştirilen ALEX indeksinin sınıf sınır değerleri Tablo 7'de verilmiştir. Türkiye kıyılarında yabancı ve

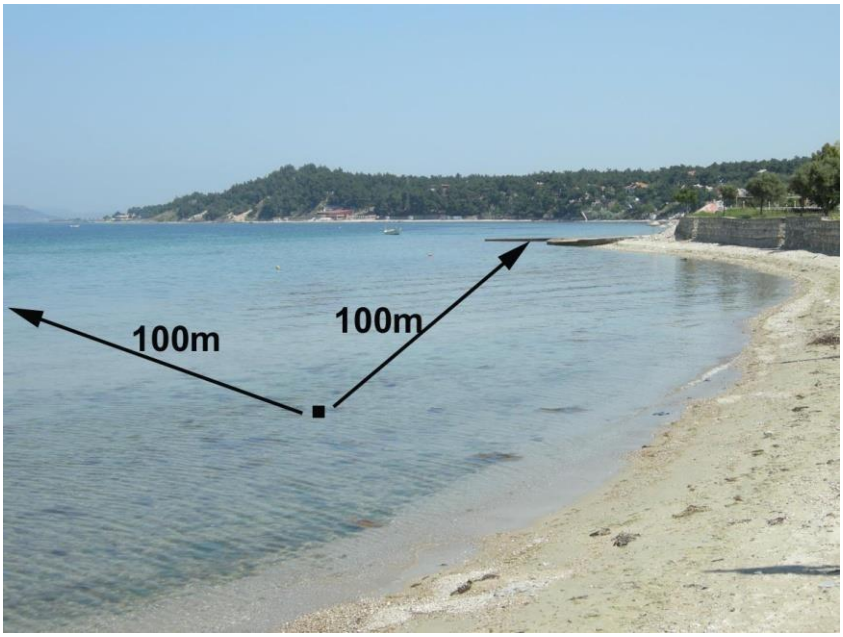
yayılımcı makroalgler için geliştirilen ALEX indeksinin sınıf sınır değerleri varsa veri setlerinden ve yapılacak yeni çalışmalarla belirlenebilir.

Tablo 7 Yabancı Biyotik İndeks (ALEX) ile Ekolojik Durum Sınıfı sınır değerleri.

Ekolojik Durum Sınıfı	$ALEX_{EQR}$
ÇOK İYİ	1 ≥ EQR > 0.86
İYİ	0.85 ≥ EQR > 0.71
ORTA	0.70 ≥ EQR > 0.51
ZAYIF	0.50 ≥ EQR > 0.31
KÖTÜ	0.30 ≥ EQR > 0

3.5.2 Rastgele Örnekleme

Rastgele örnekleme üst-infralittoral bölgedeki makroflora tür çeşitliliği temsil edecek şekilde yapılmaktadır. Orneklemeler ust-infralittralden bölgeden 5 m derinliğe kadar belirlenen noktanın sağ-sol bölümlerinin 100 m uzaklığına kadar doğrudan elle ya da serbest dalışla maske- şnorkel ile yapılmaktadır (Taşkın ve Orfanidis, 2016) (Şekil 4). Toplanan örnekler plastik pet kavanozlara konulmalı ve %2-5 formaldehit ekleyerek korunmalıdır. Örnekler laboratuvarda mikroskop yardımıyla tayin edilmeli ve ekolojik gruplarına (Hassas türler, Toleranslı türler) ayrılmalıdır (Tablo 3-4). Bu tip bir örnekleme yöntemi Marmara Denizi'nde Denizel Floristik Ekolojik İndeks için uygundur. Sınıf sınır değerleri Tablo 8'de verilmiştir.



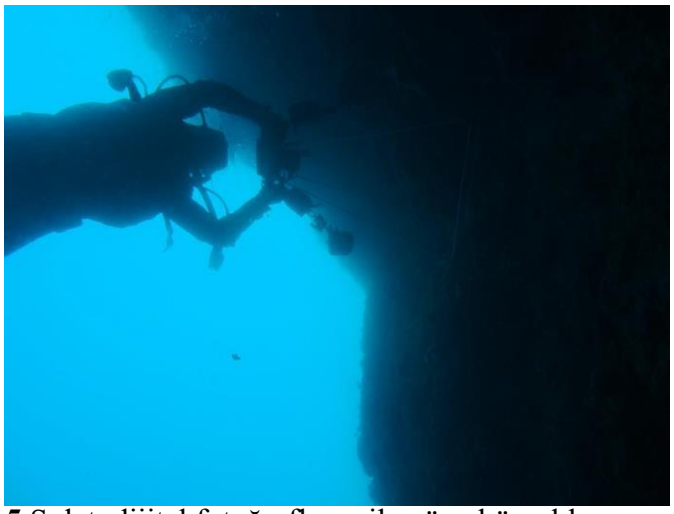
Şekil 4 Makroflora tür çeşitliliği için rastgele örnekleme (100mx100m alandan)

Tablo 8 Denizel Floristik Ekolojik İndeks (DENFEİ) ile geçiş ve kıyı sularının sınıf sınır değerleri.

Ekolojik Durum Sınıfı	*DENFEIeqr*
ÇOK İYİ	1 ≥ EQR > 0.80
İYİ	0.80 ≥ EQR > 0.60
ORTA	0.60 ≥ EQR > 0.40
ZAYIF	0.40 ≥ EQR > 0.20
KÖTÜ	0.20 ≥ EQR > 0

3.5.3 Görsel (Visual) Örnekleme

Görsel örnekleme çalışmaları makroflora toplanmadan uzmanın serbest ya da aletli dalış (Scuba) ile gözlem ve sualtı fotoğraf/kamera görüntüleri üzerinden komünite yapısı, tür bolluğu (% örtü), tür çeşitliliğini belirlemeyi amaçlamaktadır. Görsel örnekleme çalışmaları CARLIT ve deniz çayırlarını izlenmesinde kullanılabilir. EEI için ise sualtı dijital fotokuadrat yöntemi ile türlerin % örtü değerleri tespit edilebilmekte ve Bölüm 3.5.1'de verilen hesaplama yöntemi ile Ekolojik Durum Sınıfları belirlenebilmektedir (Şekil 5).



Şekil 5 Sulatı dijital fotoğraflama ile görsel örnekleme.

Cartography of Littoral (CARLIT), 0-3 m arası derinliklerde hassas komünitelerin varlığı ve oranı ile değerlendirilmektedir. Bu yöntem özellikle Batı Akdeniz'de kayalık kıyılar için geliştirilmiş ve çalışma prensibi kıyıdan 3-4 m mesafeden tüm sahilin gözlenmesi temeline dayanmaktadır. Littoral Cartography (CARLIT) yöntemi Ballesteros vd. (2007) tarafından önerilmiş ve daha sonra Mangialajo vd. (2008) tarafından ise modifiye edilmiştir (Tablo 9). Bu yöntemin hiç etkilenmemiş ya da çok az etkilenmiş yerlerde kullanılmasında dikkat edilmesi gereken noktalar aşağıdaki gibidir:

Örnekleme zamanı: Mayıs-Haziran arası,
Örnekleme yeri: Littoral bölgenin 0-3 m arası derinlikleri arasında,
Popülasyon yoğunluğu: Çalışma bölgesinde 1000 kişi/km^2'den çok olmamalıdır,
Kıyı tipi: %10'dan daha fazlası yapay kıyı olmamalıdır,

Liman varlığı: 3 km içerisinde liman olmamalıdır (100 tekneden fazla),
Plaj durumu: 1 km içerisinde plaj yenilenmesi olmamalıdır,
Endüstriyel Faaliyet: 3 km içerisinde endüstriyel faaliyet olmamalıdır,
Kültür Balıkçılığı: 1km içerisinde balık yetiştirme alanı olmamalıdır,
Tuzdan arındırma: 1km içerisinde tuzdan arındırma bitkileri olmamalıdır,

CARLIT Hesaplama Yöntemi

$$EQR = \frac{\sum \frac{EQ_{ssi} * l_i}{EQ_{rsi}}}{\sum l_i}$$

i =situation (geomorphologically relevant situation) [durum (jeomorfolojik durum)]
EQ_{ssi} = EQ in the study site for situation i [i durumu için çalışma yerinde EQ]
EQ_{rsi} = EQ in the reference sites for the situation i [i durumu için referans noktalarında EQ]
l_i = coastal length in the study coast for the situation i [i durumu için çalışma kıyısındaki kıyı uzunluğu]

Tablo 9 Littoral Cartography (CARLIT) yöntemi için ana komünite kategorileri

	Kategori	Tanımlama	Hassasiyet seviyesi
Deniz çayırları	*Posidonia* reef	*Posidonia oceanica*	20
	Cymodocea nodosa	*Cymodocea nodosa* yatakları	20
	Zostera noltii	*Zostera noltii* yatakları	20
Popülasyonlar *Cystoseira* ile birlikte	Trottoir	*Lithophyllum byssoides* oluşumu	20
	Cystoseira brachycarpa/crinita/elegans	*Cystoseira brachycarpa/crinita/elegans* popülasyonları	20
	Cystoseira balearica	*C. balearica* popülasyonları	20
	Cystoseira korunaklı	*Cystoseira foeniculacea/barbata/spinosa* popülasyonları	20
	Cystoseira amentacea/mediterranea 5	*Cystoseira amentacea/mediterranea* sürekli kuşağı	20
	Cystoseira amentacea/mediterranea 4	*Cystoseira amentacea/mediterranea* hemen hemen sürekli kuşağı	19
	Cystoseira amentacea/mediterranea 3	*C. mediterranea/stricta* bol yamalı bulunurluluğu	15
	Cystoseira amentacea/mediterranea 2	*Cystoseira amentacea/mediterranea* bol yamalı bulunurluluğu	12
	Cystoseira compressa	*C. compressa* popülasyonları	12
	Cystoseira amentacea/mediterranea 1	*Cystoseira amentacea/mediterranea* nadir yayılış durumu	10
Popülasyonlar *Cystoseira* olmadan	Dictyotales/Stypocaulaceae	*Padina/Dictyota/ Dictyopteris/Taonia/Halopteris* popülasyonları	10
	Corallina	*Corallina elongata* kuşağı (*Cystoseira* olmadan)	8
	Encrusting corallines	*Lithophyllum incrustans, Neogoniolithon brassica-florida* ve diğer kabuksu korallin türler kuşağı	6
	Mytilus	Midye (*Mytilus galloprovincialis*) yatakları (*Cystoseira* olmadan)	6
	Pterocladiella/Ulva/Schizymenia	*Pterocladiella/Ulva/Schizymenia* karışık popülasyonları	6
	Ulva /Cladophora	*Ulva* and *Cladophora* popülasyonları	3
	Cyanobacteria /*Derbesia*	Cyanobacteria ve *Derbesia tenuissima* baskın popülasyonları	1

(Mangialajo vd., 2008).

3.6 Makroflora Örneklerinin Saklanması ve Korunması

Denizel makroflora örnek büyüklüğüne göre 1-3 L' lik tercihen plastik pet kavanozlarda %2-5 formaldehit+deniz suyu içerisinde koruma altına alınmalıdır. Örnekler laboratuvar incelemesinden sonra tekrar aynı kavanozuna konmalıdır. Nadir veya yeni kayıt türlerin herbaryumları yapılmalıdır. Herbaryum yapımı; herbaryum teknesine bir miktar su konur ve en az 100 gr'lık herbaryum kağıdı bir cam ya da tel levha üzerine yerleştirilir, sonrasında örnekler kağıda konarak tüm özellikleri görünecek şekilde olduğu zaman yavaş yavaş sudan çıkarılır. Makroflora örneği üzerine tülbent bezi konarak kurutma kağıtları arasında saklanır ve kuruma olduktan sonra tür ile ilgili bilgiler ile türün sistematiği kağıdın alt sağ köşesine yazılır (Taşkın, 2004). Hazırlanan herbaryum örnekleri gerektiğinde bir Herbaryum Merkezi'nde saklanacaktır.

3.7 Referans Koşulların Belirlenmesi

Referans koşulların belirlenmesinde Akdeniz Coğrafik İnterkalibrasyon Grubu [Mediterranean Geographical Intercalibration Group (MEDGIG)] tarafından AB SÇD, Annex V'e göre bazı Akdeniz ülkelerinde referans koşullar için aşağıdaki kriterler dikkate alınabilir:

(1) 15 km boyunca yerleşen kişi sayısı 1000/km^2'den ve/veya 3 km boyunca yerleşen kişi sayısı 100/km^2'den fazla olamaz,

(2) yapay kıyı %10'dan fazla olamaz,

(3) 3 km içerisinde Liman olmayacak (100'den fazla tekne/bot olmayacak),

(4) 1 km içerisinde plaj olmayacak,

(5) 3 km içerisinde endüstri faaliyeti olmayacak,

(6) 1 km içerisinde balıkçılık faaliyeti olmayacak,

(7) 1 km içerisinde tuzdan arındırma faaliyeti olmayacak,

(8) Diğer etkilerden dolayı çok yıllık türlerdeki kanıtı olmayan gerileme (kıyı için *Cystoseira* ve geçiş suları için angiospermler).

Türkiye kıyılarında referans koşullara göre referans noktaların belirlenmesi MEDGIG tarafından verilen kriterler dikkate alınarak tespit edilebilir. Karadeniz kıyılarında Yüksek-İyi kalite kıyı sularında özellikle *Cystoseira bosphorica* ve diğer *Cystoseira* türleri yaygın olup *Zostera* spp. ile kalkerli kırmızı algler bulunmakta, etkilenmiş ortamlarda ise fırsatçı yeşil alg *Ulva* spp., *Cladophora* spp., mavi yeşil algler (Cyanobacteria) türleri ve ipliksi kırmızı algler yaygındır. Marmara Denizi kıyılarında Yüksek-İyi kalite kıyı sularında kahverengi alg *Cystoseira* türleri (özellikle *C. barbata*) yaygın olup denizel angiospermler (*Cymodocea, Zostera*) ile kalkerli kırmızı algler bulunmaktadır. Etkilenmiş ortamlarda ise fırsatçı yeşil algler *Ulva* ve *Cladophora* türleri baskın olup ipliksi kırmızı algler ile *Gracilaria gracilis* yaygındır. Akdeniz-Ege Denizi kıyılarında Yüksek-İyi kalite kıyı sularında kahverengi alglerden *Cystoseira, Padina* türleri yaygın olup denizel angiospermlerden özellikle *Posidonia oceanica* ile *Cymodocea nodosa* ve *Zostera marina* ve *Zostera noltii* türleri ile kalkerli kırmızı algler baskındır. Etkilenmiş ortamlarda ise fırsatçı yeşil algler *Ulva* ve *Cladophora* türleri baskın olup ipliksi kırmızı algler ile *Gracilaria gracilis* yaygındır.

4 TÜRKİYE'NİN KIYI VE GEÇİŞ SULARINDA UYGULANABİLECEK MAKROFİT BİYOTİK İNDEKSLER

Makrofit biyotik indekslerden EEI kıyı ve geçiş suyunda ve MaQI (Rapid versiyon) ise sadece geçiş suyunda tür bolluğu (% örtü), CARLIT kıyı suyunda makrofit örtü, ALEX yabancı türlerin % örtü ve DENFEI kıyı ve geçiş sularında makroflora tür çeşitliliği temelinde uygulanmaktadır. Türkiye'nin kıyı ve geçiş sularında Ekolojik Değerlendirme İndeksi (Ecological Evalutaion Index, EEI, Orfanidis vd. 2011), Makrofit Kalite İndeksi (Macrophyte Quality Index-Rapid versiyon, MaQI, Sfriso vd. 2009), Littoral Kartografi İndeksi (Cartography of Littoral, CARLIT, Ballesteros vd. 2007), Yabancı Biyotik İndeks (Alien Biotic Index, ALEX, Çınar ve Bakır 2014; Piazzi vd. 2015), Denizel Floristik Ekolojik İndeks (DENFEİ, Marine Floristic Ecological Index, Taşkın ve Orfanidis, 2016) gibi makrofit biyotik indeksleri uygulanabilir (Tablo 10). Bu indekslerin örnekleme ve veri işleme durumları Tablo 11'deki gibidir.

Tablo 10 Kıyı ve Geçiş Sularında Uygulanabilecek Makrofit Biyotik İndeksler.

DENİZ/ BÖLGE		INDEKS				
		EEI	MaQI (Rapid)	CARLIT	ALEX	DENFEİ
Akdeniz	Kıyı	x		x	x	
	Geçiş	x	x			
Ege Denizi	Kıyı	x		x	x	
	Geçiş	x	x			
Marmara Denizi	Kıyı	x				x
	Geçiş	x	x			x
Karadeniz	Kıyı	x				
	Geçiş	x	x			

Tablo 11 Türkiye kıyı ve geçiş sularında makrofit biyotik indekslere göre örnekleme.

	INDEKS				
	EEI	MaQI (Rapid)	CARLIT	ALEX	DENFEİ
Örnekleme/örnekleme aracı	Kuadrat	Kuadrat	Görsel	Kuadrat	Rastgele
Örnekleme sayısı/sıklığı	Yılda 1-2	Yılda 1-2	Yılda 1	Yılda 1-2	Yılda 1-2
Örnekleme Ayları	Nisan-Eylül	Nisan-Eylül	Nisan-Haziran	Nisan-Eylül	Tüm Yıl
Ekolojik kalite değerlendirmesi için gerekli replikat sayısı	3-5 (en az 3)	3	1 (tüm kayalık kıyı alan)	3	1
Ekolojik Gruplar	5	3 Makroalg, 4 Angiosperm grubu	9	4	5

4.1 Metrik kombinasyon kuralı

İzleme çalışmalarında test edilecek biyotik indeksler metrik olmalı ve biyolojik kalite elementi olan makroflora (makroalgler ve angiospermler) değerlendirmesi sonucunda SÇD'ye uygun olarak Ekolojik Kalite Oranı (EKO) değeri 0-1 arasında olmalıdır. Bu sonuçlara göre Ekolojik Durum Sınıfı (EDS) beş grup altında sınıflandırılmalıdır (Yüksek, İyi, Orta, Zayıf, Kötü).

Tablo 12 SÇD'ye göre Ekolojik Durum Sınıfı (EDS) ve Ekolojik Kalite Oranı (EKO)

Ekolojik Durum Sınıfı (EDS)	**Ekolojik Kalite Oranı (EKO)**
ÇOK İYİ	0.80-1
İYİ	0.60-0.80
ORTA	0.40-0.60
ZAYIF	0.20-0.40
KÖTÜ	0-0.20

4.2 Fiziko-kimyasal veriler

İzleme çalışması yapılan istasyonlarda makroflora (makroalgler ve angiospermler) örneklemesi ile birlikte suyun fiziko-kimyasal değişkenleri de (sıcaklık, pH, tuzluluk, çözünmüş oksijen, bulanıklık, iletkenlik, TP, TN, vb.) ölçülmeli ve raporlamalarda tablo ve grafiklerle verilmelidir.

4.3 Örnekleme bölgesinin kısa tanıtımı

İzleme çalışması yapılan noktaların kıyı yapısı, dip yapısı, sahadaki görsel genel makroflora tür çeşitliliği gibi özelliklerinin not alınması ve raporlamada yer alması gerekmektedir.

5 DENIZ ÇAYIRI *POSIDONIA OCEANICA* İZLEME PARAMETRELERI

Deniz çayırı *Posidonia oceanica* rizomlu, suya batık, çok yıllık bir bitkidir. Akdeniz'de endemik bir tür olup Türkiye'nin Akdeniz, Ege Denizi kıyılarında 35-40 m derinliğe kadar bulunmakta olup Marmara Denizi'nde ise Çanakkale Boğazı ve Kapıdağ Yarımadası ile Marmara Adası civarında küçük bir alanda yayılış göstermektedir. *P. oceanica*, Barselona Sözleşmesi ile koruma altında bir tür olup ekolojik rolü nedeniyle Akdeniz'de en önemli denizel habitatlarındandır. Türkiye kıyılarında belirlenen istasyonlardan izleme çalışmaları sadece görsel (yılda bir) veya fenoloji, lepidokronoloji ile balisage (2 yılda bir) yöntemlerle yapılmalıdır. Yılda bir yapılacak görsel değerlendirme yöntemi çalışması Buia et al. (2003)'e göre yapılmalıdır. Bunun yanı sıra *Posidonia oceanica*'nın görsel izleme çalışmasında dikkat edilecek hususlar Tablo 11'de verilmiştir.

Posidonia oceanica'nın iki yılda bir olmak üzere fenoloji, lepidokronoloji ile balisage yöntemlerle izleme çalışmaları yapılmalı ve bu izleme çalışmalarında ise MedPAN Protokolü uygulanmalıdır (Şekil 6-14; Tablo 10) (Pergent, 2007). MedPAN Protokolü iki yılda bir yapıldığı durumlarda deniz çayırı *Posidonia oceanica*'nın fasiyes durumunu ortaya koyarken Tablo 12'de verilen Med*Posidonia* Sentezi önerilen tanımlayıcılar ve bu dikkate alınan tanımlayıcılar için kullanılan değerlendirme ölçekleri dikkate alınmalıdır (Pergent, 2007). Ayrıca yeşil alg *Caulerpa cylindracea* ile denizel angiosperm *Cymodocea nodosa*'da kayıt altına alınmalıdır

Şekil 6 Deniz çayırı *Posidonia oceanica*, görsel izleme çalışması.

Deniz çayırı *Posidonia oceanica*'nın izleme sistemlerinin kurulumunda izlenecek MEDPAN protokolü için gerekli materyal (Pergent, 2007)**;**

İşaretleme için materyal

Deniz araçları: dalış ekipmanları, oksijen, tekne

1 GPS (tercihen deniz haritaları ile entegre)

11 marker, 15-25 kilo arasında ağırlıkta; bu markerların tanımlaması ve nasıl yapıldığı rapora eklenmiştir (levha A ve video)

33 demir kazık (beton tip demir) 12-16mm çapında, 1m uzunluğundaki bu kazıklar substratumda sürebilmek için, bir ucu eğik olmalı

11 şamandıra; 0,8-1 m halat (1-2mm) ile sabitlenmiş (markerları daha kolay bulabilmek için, markerlara sabitlenmiş)

11 PVC (ya da eşdeğeri) numaralandırılmış plaka, plastik kelepçeyle her markerı sabitlemek için (11 plastik kelepçe)

11 demir kazık (beton tip demir) 12-16mm çapında ve 1.5m uzunluğunda, eğik olmayan ucundan 50cm işaretli bir ucu eğik

1 50m uzunluğunda sicim (0, 4, 8mm halat), her 5 m'de düğümlü (2-3cm çapında) (11 düğüm; Ariadne'nin ipi) ve 11 kazık ('sardine' tip, çadır kurmak için)

2 yada 3 balyoz, kazıkları sürebilmek için minimum 2 kilo ağırlığında

Markerları taşımak için 2 paraşüt, bir yüzey marker (45m halat ile yüzer) ve 2 'grenade' şamandıra

Bilimsel ölçüm için materyal

Turuncu filtreli ve su geçirmez odacıklı 1 kameya veya dijital video

Yönleri kaydetmek için 1 sualtı pusulası

1 elektronik derinlik ölçer veya derinliği kaydetmek için dalış bilgisayarı

60 veya 100cm kenarlı 1 metal kuadrat (tercihen alüminyum), 20cm'lik küçük karelere bölünmüş

1 PVC sualtı yazı tahtası

Posidonia örnekleri için küçük 1 çanta (20-25 çekim) ve sediman örnekleri (300-500g) için su geçirmez plastik teneke

Fenolojik ve lepidokronolojik ölçümler için1 cetvel, makas

1 inkübatör, fırın (minimum 550°C), porselen kaplar, bir set elek (0, 0.063, 0.125, 0.250, 0.500, 1 ve 2mm) ve sediment tartımı için terazi

İşaretleyici Tanımlama

Tanımlama

kesik huni

20-25cm çap

14-16cm yükseklik

(tercihen) denizel beton

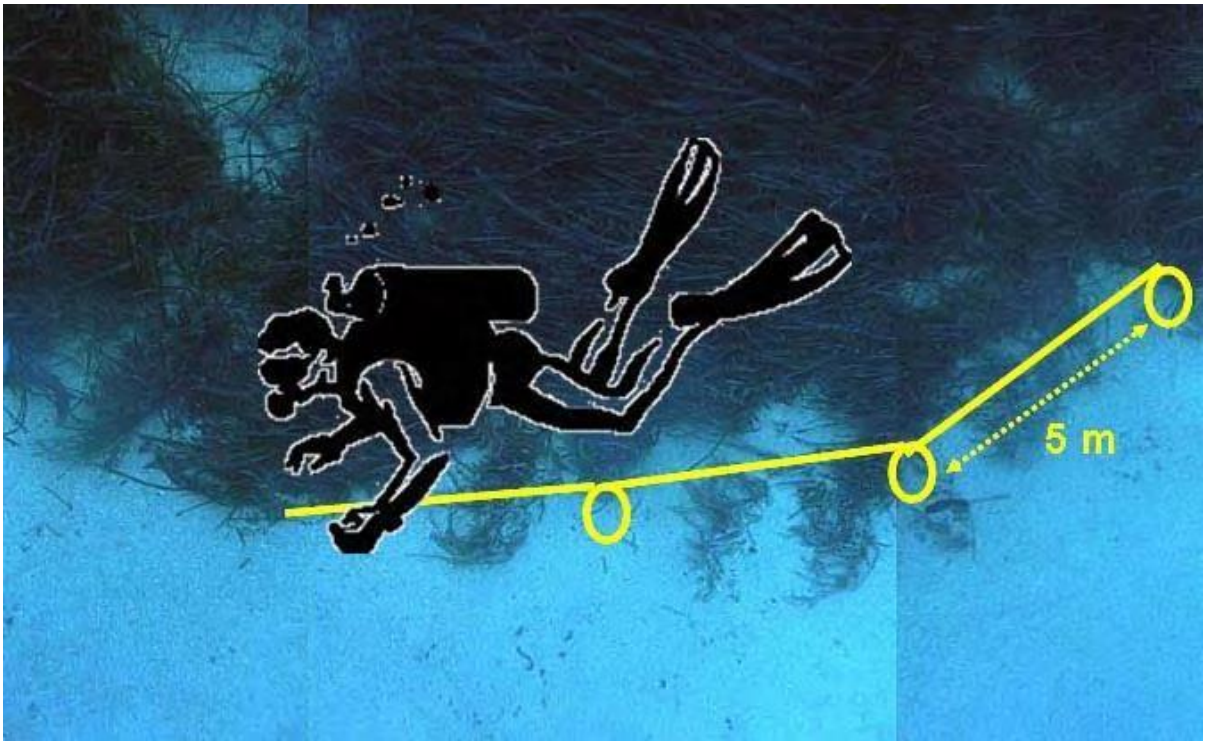
15-25 kg ağırlık

Sabitleme
her marker sabitlenmesi için 3 eğimli delikle delinmiştir
Bu eğimli boşluklarda 20mm çaplı 3 plastik iç boru vardır
Her marker (tercihen paslanmaz çelik) bir tutacağa sahiptir
Diğer
3 demir kazık (12-16mm çap, 1m uzunluk), bir ucu eğik
1 demir kazık (12-16mm çap, 1.5m uzunluk), bir ucu eğik
1 PVC plaka (15x20 cm), yerinde plastik kelepçelerle numaralandırılmış olan
1 şamandıra, 60-80cm yüksekliğinde bir halatla

Şekil 7 Sualtı işaretleyici
(Pergent, 2007).

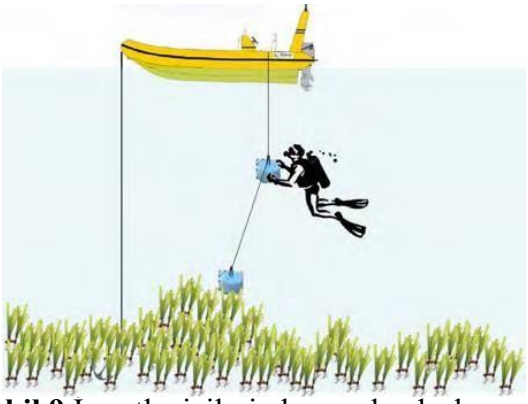
***Posidonia oceanica*'nın alt sınırına işaretleyicilerin yerleştirilmesi:**
Güvenlik kuralları çerçevesinde, her takım 30 m'nin altında en az 2 dalgıç ile dalmalıdır, dalgıçlar günde sadece 1 dalış yapmalıdır. Bir işaretleyici ardışık birkaç kademede yerleştirilir. Derinliğe bağlı olarak birkaç kademe aynı takım tarafından gerçekleştirilebilir veya başka bir kademe alt bölümlere ayrılabilir ve birkaç takım tarafından yapılabilir.

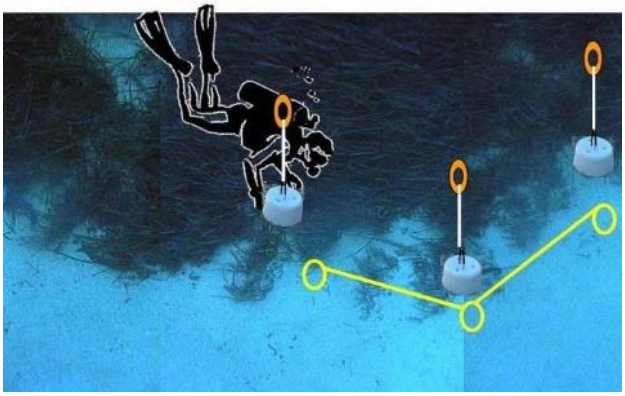
Kademe 1: İşaretlenecek alt sınırı belirlemek: Bir takım araştırmacı (2 dalıcı) bölgeyi temsil eden bir sınır bulmak için dalış yapar ve sınır belirlendiğinde, 50 m uzunluğunda ip kullanılarak deniz çayırı ile temas halinde sabitlenir. Alanın konumu GPS'de bulunur ve not alınır (derece, dakika, saniye).



Şekil 8 İşaretlenecek alt sınırı belirlemesi
(Pergent, 2007).

Kademe 2: Aşağı iniş ve işaretleyicilerin konumlandırılması: İşaretleyiciler tekneden dikey olarak bir halat ile bırakılır veya yüzeyden salınır. Bir veya birkaç takım (2-3 dalıcı) her düğüm seviyesinde deniz çayırlarının sınırında işaretleyicileri konumlandırır.

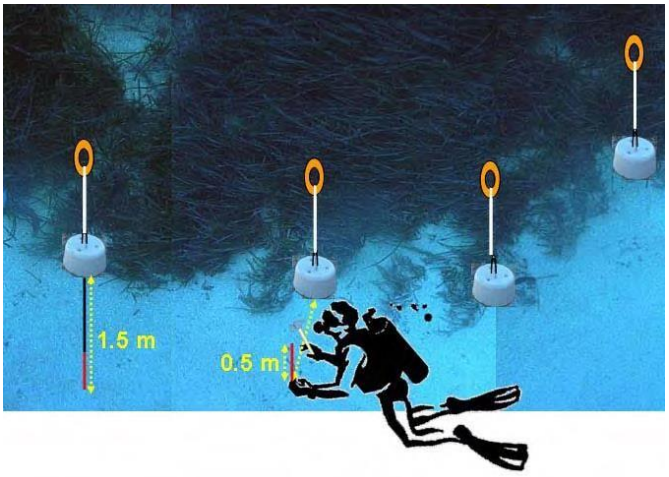




Şekil 9 Işaretleyicilerin konumlandırılması
(Pergent, 2007).

Kademe 3: İşaretleyicileri sabitleme ve fotoğraf kazıkları: Bir veya birkaç takım (2-3 dalıcı) işaretleyicileri ve fotoğraf kazıklarını sabitlemek için kazıkları indirir. Her işaretleyici

3 kazıkla substratumda sürüklenir. Fotoğraf kazıkları 1.5 m mesafedeki deniz çayırlarına dik açı ile yerleştirilir ve sürülür, sedimanın 50 cm üzerinde bırakılır.

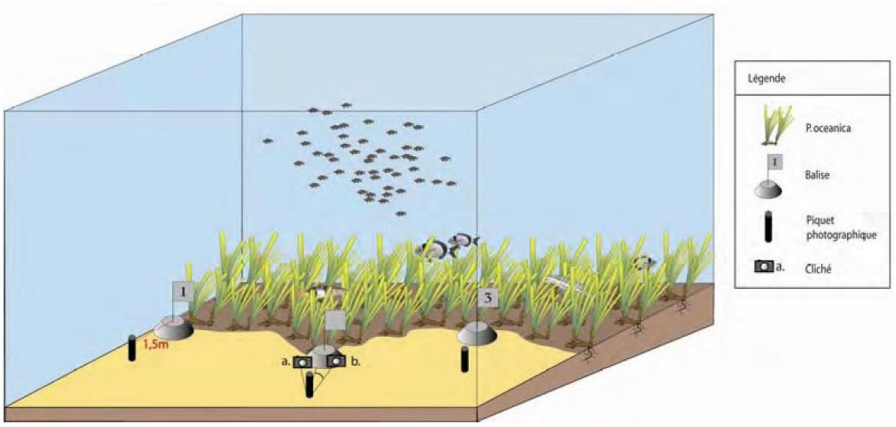


Şekil 10 İşaretleyicileri sabitleme ve fotoğraf kazıklarını yerleştirme (Pergent, 2007).

Kademe 4: Örnekleme ve bilimsel ölçümler: Bir takım araştırmacı (2-3 dalıcı) daha sonra bilimsel kayıtlar yapar. Her işaretleyici için birkaç parametre (işaretleyici derinliği; işaretleyiciden işaretleyiciye ve işaretleyiciden fotoğraf kazıklarına yönlendirme; deniz çayırı örtüsü; deniz çayırı yoğunluğu; plagiotrofik rizomların yüzdesi; rizomların durumu; substratumun doğası ve sınırın tipi) dikkate alınır.

Her işaretleyicinin 2 metre gerisinde olan 2 ortotrofik rizom, ve işaretleyici 6'nın önünden 5-7 cm kalınlığında sediman örneklenir. Dalıştan sonra sürgünler alkolde (ön görülen bir kimyasal analiz yok ise) veya serin bir kutuda saklanır ve sonra dondurulur.

Kademe 5: Çekim; Sediman tekrar dibe çökünceye kadar bekledikten sonra bir takım fotoğraf kazıklarının üzerine kamerayı yerleştirerek deniz çayırı sınırlarının çekimi yapılır (her işaretleyiciden 2 fotoğraf; bir fotoğraf sağdan, bir fotoğraf soldan) ve sonra her bir deniz çayırının üzerinden dikey çekim (substratumdan yaklaşık 2 metre yukarıda) yapılır.



Şekil 11 Deniz çayırı sınırlarının fotoğraf çekimi (Pergent, 2007).

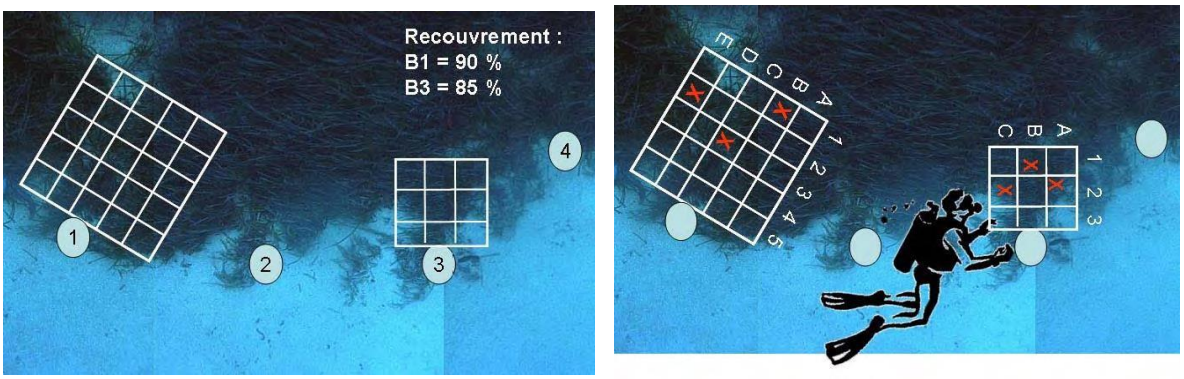
Bilimsel Ölçümler

İşaretleyicinin derinliği: Derinlik her işaretleyicinin dibinde elektronik derinlik ölçer kullanılarak metre olarak ölçülür. Değer 10 cm içinde verilir.

Yön: İşaretleyiciden işaretleyiciye ve işaretleyiciden fotoğraf kazıklarına yönler yan taramalı pusula ile ölçülür ve derece olarak 5 derece için ifade edilir.

Dip örtüsü: Dip örtüsü belirli bir yüzey alanının deniz çayırlarıyla kaplı olan yüzdesine karşılık gelir. Ölçümler 1 m^2 kuadrat veya bir 0.36 m^2 kullanılarak *in situ* yapılabilir. Ölçüm, substratumdan belirli bir yükseklikte çekilen dikey fotoğraflar kullanılarak daha sonra laboratuvarda da yapılabilir.

Yoğunluk: Yoğunluk her yüzey birimindeki (genellikle her m^2) sürgün sayısını temsil eder. Yoğunluk belirli bir boyuttaki kuadratların içinde *in situ* sayılarak belirlenir. Kuadrat orta sağ karedeki markerla (C5 veya B3) temas halindeki deniz çayırlarının üzerine yerleştirilir. Ölçümler rastgele seçilen 3 karede yapılır.



Şekil 12 Dip örtüsü ve yoğunluk çalışmaları (Pergent, 2007).

Plagiotrofik rizomların yüzdesi: Plagiotrofik rizomların yüzdesi işaretleyicinin her iki yanında bir metre genişliğin üzerindeki deniz çayırı sınırında değerlendirilir ya da karedeki plagiotrofik rizomlar sayılarak yoğunluk ölçüldüğünde ölçülebilir.

Açıktaki veya gömülü rizomlar: Plagiotrofik rizomlar için, açıkta olma rizomun alt kısımlarından sedimanı ayıran mesafedir. Ortotrofik rizomlar için (dikey büyümeyle) açıkta olma yaprak fasikülünün tabanından sedimanı ayıran mesafedir. Açıkta olma 2 cm içinde ölçülür.

Substratumun yapısı: Substratumun yapısı (iri taneli, ince taneli, silt, ölü madde, yıkıntı üzerindeki algler) ve dalga izlerinin varlığı alanın hidrodinamikleri hakkında bilgi vermektedir.

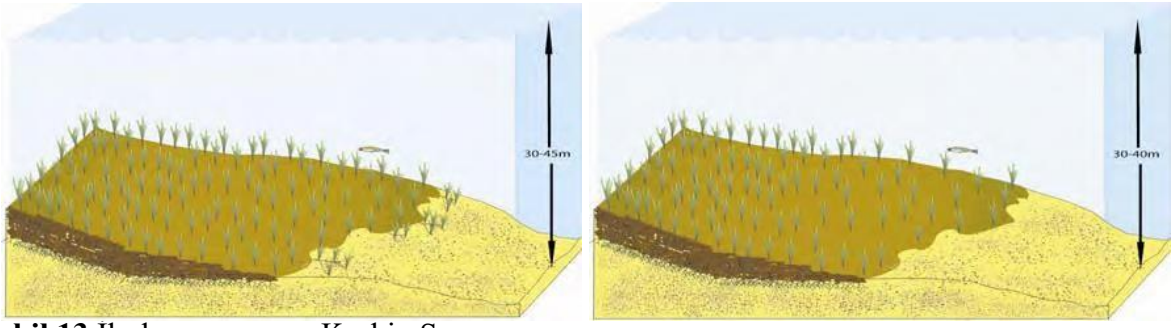
Sınır türü: Sınırın türü deniz çayırlarının sağlığı gibi önemli bilgiler verebilir.

İlerleyen sınır: Sınırların ilerisinde plagiotrofik rizomların varlığıyla karakterize edilir.

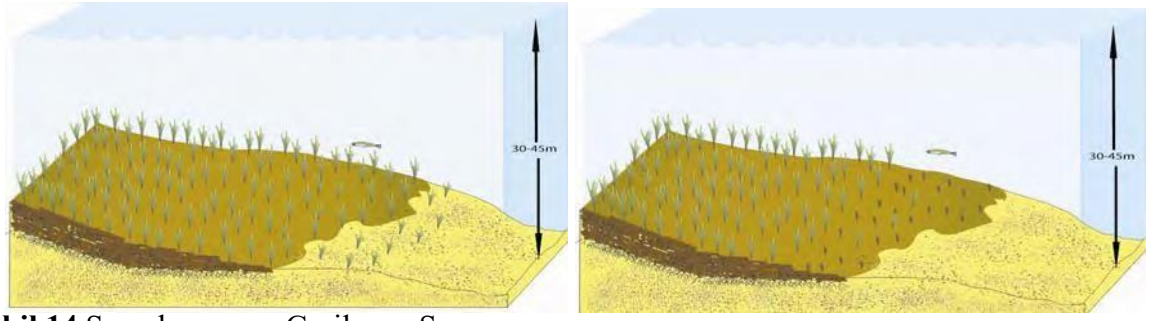
Keskin sınır: Yoğun veya seyrek kaplı olabilir. Bu sınırlar ya %25'inden daha fazla ya da %25'den daha seyrek kaplı olan keskin sınırlardır. Bu sınırlar genellikle denge durumunu göstermektedir.

Seyrek sınır: Her m^2'de 100 sürgünün altında yoğunluğa sahip yarı-deniz çayırından oluşmaktadır ve dip %15'in altında kaplıdır.

Gerileyen sınır: Sınırın ilerisinde ölü maddenin varlığıyla karakterize edilir.



Şekil 13 İlerleyen sınır ve Keskin Sınır (Pergent, 2007).



Şekil 14 Seyrek sınır ve Gerileyen Sınır (Pergent, 2007).

Tablo 13 Deniz çayırı *Posidonia oceanica*'nın sınır tipine göre yorumlanması

Sınırın Tipi	**Yorumlama**
İlerleyen Sınır	Çok İyi
Keskin sınır- Yüksek örtü seviyesi	İyi
Keskin sınır- Zayıf örtü seviyesi	Orta
Seyrek Sınır	Zayıf
Gerileyen Sınır	Kötü

Tablo 14 Deniz çayırı *Posidonia oceanica*'nın görsel izleme çalışmasında dikkat edilecek durumlar

Parametre	**Birim/Değer**
Çayır sürekliliği	1 = sürekli; 2 = süreksiz
% ölü materyal	%
% canlı *Posidonia oceanica*	%
% *Caluerpa cylindracea*	%
% *Cymodocea nodosa*	%
Deniz tabanı tipi	1 = sert kaya; 2 = kum; 3 = ölü materyal
Stresörler / rahatsız edici unsurlar	1 = var; 2 = yok
Deniz çayırı bileşimi	1 = saf; 2 = karışık
Allokton alg varlığı	*1=Caluerpa cylindracea* *2=Caulerpa taxifolia var. distichophylla* *3= her ikisi*

(Pergent, 2007)

Tablo 15 Med*Posidonia* Sentezi

1- Med*Posidonia* projesi için önerilen tanımlayıcılar

Kategoriler	Yer (Derinlik)	Tanımlayıcılar
Çayır Yapısı	Alt Sınır	Derinlik ve limit tipi
	Alt Sınır	Yaprak örtüsü
	-15 m	Yoğunluk
	Alt Sınır	% plagiotropik rizomlar
Bitki Yapısı	-15 m	Yaprak üstü yüzey
	-15 m	Katsayısı A
	-15 m	Yaprak üretimi
	-15 m	Rizomların uzaması
Çevre Ötrofikasyonu	-15 m	Epifit biyokütlesi
	-15 m	Klorofil konsantrasyonu-yapraklar
	-15 m	Azot konsantrasyonu-yapraklar
	-15 m	Organik madde-sediman
Çevre Kirliliği	-15 m	Gümüş
	-15 m	Kadmiyum
	-15 m	Civa
	-15 m	Kurşun

(Pergent, 2007)

2- Dikkate alınan tanımlayıcılar için kullanılan değerlendirme ölçekleri

Çayır Yapısı:

Alt sınır tipi

	Yüksek	İyi	Orta	Zayıf	Kötü
Alt sınır	İlerleyen	Keskin C+	Keskin C-	Seyrek	Gerileyen

Limit tipi	Temel Özellikleri
İlerleyen	Plagiotropik rizom sınırın ötesinde
Keskin-Yüksek örtü (C+)	Örtünün keskin limiti %25'ten fazla
Keskin-Zayıf örtü (C-)	Örtünün keskin limiti %25'ten daha düşük
Seyrek	Sürgün yoğunluğu 100 shoots/m^{-2}'den daha düşük, örtü %15'ten daha düşük
Gerileyen	Ölü materyal sınırın ötesinde

Alt sınır derinliği (m olarak)

	Yüksek	İyi	Orta	Zayıf	Kötü
Alt sınır	> 34.2	34.2-30.4	30.4-26.6	26.6-22.8	< 22.8

Yaprak örtüsü (yüzde olarak)

	Yükse	İyi	Orta	Zayıf	Kötü
Alt sınır	> %35	%35-25	%25-15	%15-5	< %5

Sürgün yoğunluğu (m^2 başına sürgünlerin sayısı)

	Yükse	İyi	Orta	Zayıf	Kötü
-14 m	> 522	522 – 397	397 – 272	272 – 147	< 147
-15 m	> 492	492 – 372	372 – 253	253 – 134	< 134
-16 m	> 463	463 – 349	349 - 236	236 - 122	< 122

Plagiotropik rizomlar (yüzde olarak)

	Yükse	İyi	Orta	Zayıf	Kötü
Alt sınır	> %70	%70-30	< %30		

Bitki yapısı:

Yaprak üstü yüzey (sürgün başına cm^2 cinsinden), Haziran ve Temmuz ayları arasında

	Yüksek	İyi	Orta	Zayıf	Kötü
-15 m	> 362	362-292	292-221	221-150	< 150

Yılda üretilen yaprakların sayısı

	Yükse	İyi	Orta	Zayıf	Kötü
-15 m	> 8.0	8.0-7.5	7.5-7.0	7.0-6.5	< 6.5

Rizom uzaması (yılda mm olarak)

	Yükse	İyi	Orta	Zayıf	Kötü
-15 m	> 11	11-8	8-5	5- 2	< 2

Cevre Ötrofikasyonu:

Yetişkin yapraklarda azot konsantrasyonu (yüzde olarak)

	Yüksek	İyi	Orta	Zayıf	Kötü
-15 m	< %1.9	%1.9-2.4	%2.4-3.0	%3.0-3.5	> %3.5

Sedimante organik madde (yüzde olarak, kesir 0.063 mm)

	Yüksek	İyi	Orta	Zayıf	Kötü
-15 m	< %2.5	%2.5- 3.5	%3.5- 4.6	%4.6- 5.6	> %5.6

Çevre Kirliliği:

Gümüş konsantrasyonu (mg/g DW), yetişkin yaprakların uzun yaprakları, Haziran ve Temmuz ayları arasında

	Yüksek	İyi	Orta	Zayıf	Kötü
-15 m	< 0.29	0.29 - 0.45	0.45 - 0.61	0.61 - 0.77	> 0.77

Kadmiyum konsantrasyonu (mg/g DW), yetişkin yaprakların uzun yaprakları, Haziran ve Temmuz ayları arasında

	Yüksek	İyi	Orta	Zayıf	Kötü
-15 m	< 1.92	1.92 - 2.52	2.52 - 3.16	3.16 - 3.98	> 3.98

Cıva konsantrasyonu (mg/g DW), yetişkin yaprakların uzun yaprakları, Haziran ve Temmuz ayları arasında

	Yüksek	İyi	Orta	Zayıf	Kötü
-15 m	< 0.035	0.035-0.053	0.053-0.067	0.067-0.092	> 0.092

Kurşun konsantrasyonu (mg/g DW), yetişkin yaprakların uzun yaprakları, Haziran ve Temmuz ayları arasında

	Yüksek	İyi	Orta	Zayıf	Kötü
-15 m	< 1.31	1.31-1.83	1.83-2.42	2.42-3.54	> 3.54

5.1 Biyolojik Kalite Elementi Denizel Angiosperm *Cymodocea Nodosa*

Biyolojik kalite elementi denizel angiosperm *Cymodocea nodosa* hem kıyı hemde geçiş suyunda kullanılmaktadır. Orfanidis vd. (2010) tarafından geliştirilen CymoSkew İndeks Türkiye'nin kıyı ve geçiş sularının ekolojik durum sınıfını belirlemek için denizel angiosperm *Cymodocea nodosa* yaprakları kullanılarak test edilebilir. Örneklemeler 2-5 m arası derinlikte ve 20x20 cm (400 cm^2) kuadrat yöntemiyle yapılmalıdır. Herbir kuadrat içerisindeki yaprak ve kök kısımları bıçak yardımıyla tamamen alınıp kavanoz ya da plastik poşetler içerisinde laboratuara analizler için götürülmelidir. Her kuadrattan 20 sürgünün yaprakları rastgele seçilerek boyları ölçülmeli ve her kuadrat için 60 yetişkin ve orta seviyede yaprak ölçülmesi ideal olanıdır.

CymoSkew index formülü:

$$Skewness\ index = n*M_3 /[(n-1)*(n-2)*\sigma^3$$

$$M_3 = \Sigma(xi-Mean_x)^3$$

x = ln- yetişkin ve ara fotosentetik yaprak uzunluklarının dönüşümlü bağıl frekansları tablolarında üretilen değerler.

σ = standart sapma deviation.

n = ln-60 erişkin ve ara fotosentetik yaprak uzunluğunda göreli frekans dönüşüm değerleri

Skewness index ile elde edilen değerler AB SÇD'ye göre 0-1 arası Ekolojik Kalite Oranına dönüştürülmesi aşağıdaki formül ile yapılmaktadır:

*CymoSkewEQR=1.25-(0.25*CymoSkew)*

CymoSkew İndeks ile geçiş ve kıyı sularının sınıf sınır değerleri Tablo 15'de verilmektedir.

Tablo 16 CymoSkew İndeks ile geçiş ve kıyı sularının sınıf sınır değerleri.

Ekolojik Durum Sınıfı	CymoSkew*eqr*
ÇOK İYİ	1 ≥ EQR > 0.75
İYİ	0.75 ≥ EQR > 0.50
ORTA	0.50 ≥ EQR > 0.25
ZAYIF	0.25 ≥ EQR >0
KÖTÜ	= 0

6 VERI KALITESİ

Yapılacak izleme çalışmalarında makroflora verilerinin kalitesi ekolojik değerlendirme yapılacak makrofit biyotik indekse göre elde edilmiş olmalı ve indeksin gerektirdiği metodolojiler takip edilmelidir [Ekolojik Değerlendirme İndeksi (Ecological Evalutaion Index, EEI, Orfanidis vd. 2011), Makrofit Kalite İndeksi (Macrophyte Quality Index, MaQI, Sfriso vd. 2009), Littoral Kartografi İndeksi (Cartography of Littoral, CARLIT, Ballesteros vd. 2007), Yabancı Biyotik İndeks (Alien Biotic Index, ALEX, Çınar ve Bakır 2014; Piazzi vd. 2015), Denizel Floristik Ekolojik İndeks (DENFEİ, Marine Floristic Ecological Index, Taşkın ve Orfanidis, 2016)]. Örnekleme çalışmalarının yapıldığı bölge/istasyon/nokta, tarih, derinlik verilmelidir. Makroflora (makroalgler ve angiospermler) izleme çalışmalarında tür teşhisleri yapılacağından en az bir makroalg ve angiosperm uzmanı olmalıdır.

7 RAPORLAMA VE DEĞERLENDİRME

Türkiye'nin kıyı ve geçiş sularında makroflora (makroalgler ve angiospermler) izleme çalışması yapılan noktaların raporlanmasında aşağıdaki içeriklerin olması gerekmektedir:

(1) İzleme çalışması ile ilgili genel bir giriş bölümü,

(2) Materyal ve metod bölümü, bu bölümde izlemede kullanılan örnekleme ve değerlendirme yöntemleri (biyotik indeksler vs.) açık bir şekilde verilmeli,

(3) İzleme çalışması yapılan noktaların genel tanıtımı (kıyı yapısı, dip yapısı, genel makroflora çeşitliliği vs.) verilmeli,

(4) İzleme çalışması yapılan noktaların fiziko-kimyasal değişkenleri verilmeli,

(5) Noktaların tür listeleri, kullanılan makrofit biyotik indekse bağlı olarak türlerin % örtü değerleri, izleme yapılan dönemin genel tür listesi verilmeli,

(6) MA-LUSI indeksi ile baskı-etki değerlendirmesi verilmeli (Flo et al., 2011), bu indeks ile baskıların (marikültür, kanalizasyon, limanlar, düzensiz tatlısu girişi,

sedimandan nütrient salınımı, kentleşme, tarımsal, ticari ve endüstriyel faaliyetleri gibi) örnekleme istasyonlarındaki etkileri belirlenmeli,

(7) İzleme noktalarının (kıyı suyu ve geçiş suyu) fiziko-kimyasal değişkenleri ile türler (%örtü değeri, tür çeşitliği vs) arasındaki ilişki için korelasyon katsayıları (Spearman ya da Pearson korelasyon katsayıları) verilmelidir.

(8) İzleme noktalarının karşılaştırılmasında Bray-Curtis benzerlik indeksi verilmelidir.

(9) İzleme yapılan yıl/dönem ile ilgili genel bir uzman değerlendirmesi yapılmalı ve daha önceki izleme çalışmalarıyla karşılaştırmalıdır.

(10) Raporlamalar ulusal ve uluslarrası ihtiyaçlara göre yapılır. Bunun için öncelikle uluslararası / bölgesel ölçekte UNEP MAP –IMAP ve MEDPOL, BSC – BSIMAP ve EEA gibi kuruluşlarla ve onların raporlama formatları ile çalışılmalıdır. Bunların yanı sıra DSÇD ‘yi uygulamak ile yükümlü olan ülkeler için bir raporlama paketi geliştirilmiş olup şu an için ülkemiz için zorunluluk oluşturmamaktadır. Ancak özellikle “biyolojik çeşitlilik” ile ilgili izleme programları için gerekli olan entegre değerlendirme çalışmaları için örnek oluşturabilecek bir raporlama olarak düşünüp dikkate alınabilir. IMAP /MEDPOL ile BSIMAP raporlamalarının bu yönde yenileneceği varsayılabilir. Bununla ilgili daha detaylı bilgiye “Strateji Belgesi” içinde yer verilmiştir.

KAYNAKLAR

Ballesteros, E., Torras X., Pinedo S., García M., Mangialajo L. & de Torres M., 2007. A new methodology based on littoral community cartography dominated by macroalgae for the implementation of the European Water Framework Directive. Marine Pollution Bulletin 55: 172-180.

Buia M.C., Gambi M.C., Dappiano M. 2003. I sistemi a fanerogame marine. In: Gambi M.C., Dappiano M. (Editors). Manuale di Metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo. Biol. Mar. Med, 19 (Suppl.): 145-198.

Çınar, M.E., Bakır, K., 2014. ALien Biotic IndEX (ALEX) – a new index for assessing impacts of alien species on benthic communities Mar. Pollut. Bull. 87, 171–179.

Flo, E., Camp, J., Garcés E., 2011. Assessment Pressure methodology, Land Uses Simplified Index (LUSI). (Personal communication WFD-CIS- phase II, Technical paper).

Mangialajo, L., Sartoni, G., Giovanardi, F., 2008. Methodological notebook on the biological element "macroalgae" and the calculation of the environmental status according to the CARLIT methodology (in Italian). Roma, ISPRA. 105 pp.

Orfanidis, S., Papathanasiou, V., Gounaris, S., Theodosiou, Th., 2010. Size distribution approaches for monitoring and conservation of coastal Cymodocea habitats. Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst. 20: 177–188.

Orfanidis, S., Panayotidis, P., Ugland K., 2011. Ecological Evaluation Index continuous formula (EEI-c) application: a step forward for functional groups, the formula and reference condition values. *Mediterranean Marine Science*, 12 (1): 199-231.

Pergent G., 2007. Protocol for the setting up of *Posidonia* meadows monitoring systems. "Med*Posidonia"* Programme / RAC/SPA - TOTAL Corporate Foundation for Biodiversity and the Sea; Memorandum of Understanding N°21/2007/RAC/SPA_MedPosidonia Nautilus-Okianos: 24p + Annexes.

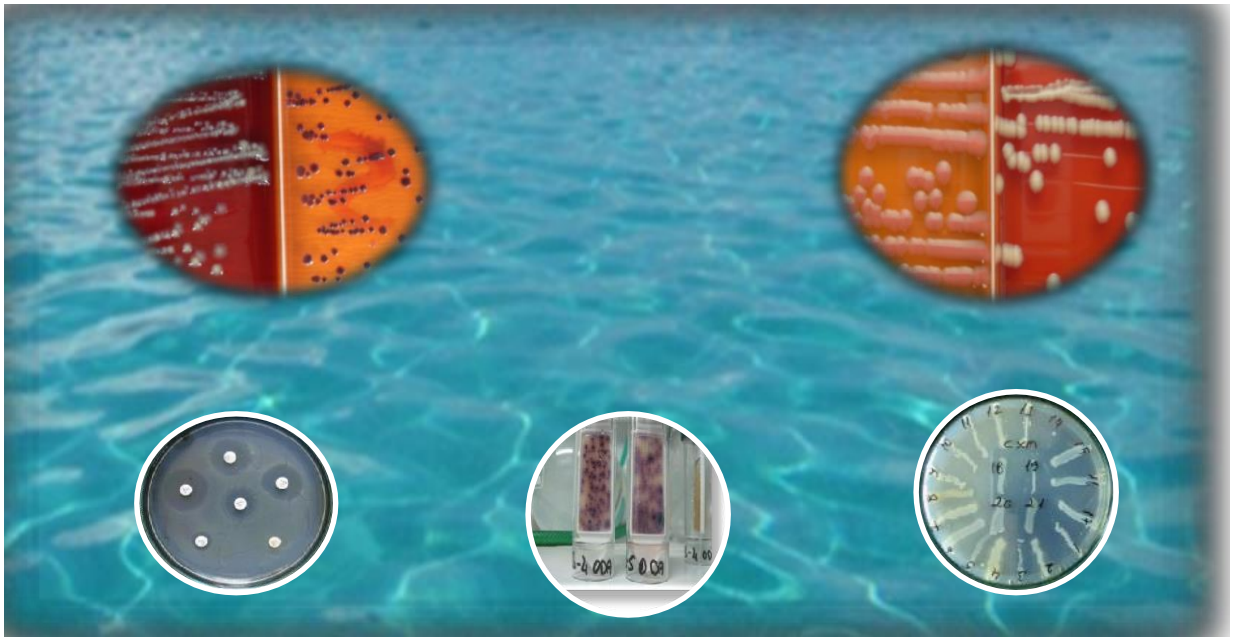
Piazzi, L., Gennaro, P., Ceccherelli, G. 2015. Suitability of the ALien Biotic IndEX (ALEX) for assessing invasion of macroalgae across different Mediterranean habitats. Mar. Pollut. Bull. 97(1-2):234-240.

Sfriso, A., Facca C., Ghetti, P. F., 2009. Validation of the Macrophyte Quality Index (MaQI) set up to assess the ecological status of Italian marine transitional environments. *Hydrobiologia*, 617, 117–141.

Taşkın, E., ve Öztürk, M. 2013. Türkiye Deniz Algleri. I. Phaeophyceae. CBÜ Matbaası, p. 1-229, Manisa, Türkiye.

Taşkın E, Orfanidis S. 2016. Yeni Metot "Denizel Floristik Ekolojik İndeks (DENFEI)" [Marine Floristic Ecological Index (MARFEI)] ile Marmara Denizi'nin Ekolojik Durumu. 2. Alg Teknolojisi Sempozyumu, Seferihisar, İzmir, p.34.

Bölüm 9
Mikrobiyal Kirletici İzleme Kılavuzu



Hazırlayanlar

Kılavuz Lideri

Prof. Dr. Gülşen ALTUĞ	İstanbul Üniversitesi

Kılavuz Ekibi

Prof. Dr. Zahit UYSAL	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Aslı KAÇAR	Dokuz Eylül Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Nebil YÜCEL	İskenderun Teknik Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Sibel ZEKİ	İstanbul Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Mine ÇARDAK	Çanakkale Onsekiz Mart Üniv.
Dr. Pelin S. ÇİFTÇİ TÜRETKEN	İstanbul Üniversitesi
Araş. Gör. Dr. Tamer Akkan	Giresun Üniversitesi

İÇİNDEKİLER

TABLO DİZİNİ 2
ŞEKİL DİZİNİ 2
KISALTMALAR 3
1 GİRİŞ 4
2 AMAÇ 11
3 ÖRNEKLEME STRATEJİSİ (İZLEME ALAN VE SIKLIKLARI) 12
3.1 İzleme Alanları Önerileri 13
3.1.1 İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi 13
3.1.2 Ege Denizi 14
3.1.3 Karadeniz 15
3.1.4 Akdeniz 16
4 PARAMETRELERİN ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ 16
4.1 Örnekleme Ekipmanları 17
4.1.1 Örnekleme ve Ön İşlemler 17
5 BAKTERİYOLOJİK PARAMETRELER 18
5.1 İndikatör Bakteriler 18
5.1.1 Toplam Koliform 18
5.1.2 Fekal Koliform 18
5.1.3 Bağırsak Enterokok / Fekal Streptotok 19
5.2 Patojen Bakteriler 22
5.3 Antibiyotiklere Dirençli Bakteriler 23
6 VERİ KALİTESİ 23
7 RAPORLAMA VE DEĞERLENDİRME 24
KAYNAKLAR 27

TABLO DİZİNİ

Tablo 1 Türkiye Denizlerinde Rastlanma Sıklığı Yüksek Patojen Bakteriler 7
Tablo 2 Mikrobiyolojik İzleme Klavuzunun İlişkili Olduğu Diğer Alanlar 11
Tablo 3 AB Yüzme Suyu Direktifi ve Ülkemizdeki Yönetmeliklerde Kullanılması Tavsiye Edilen İndikatör Bakteriler 12
Tablo 4 Yüzme ve rekreasyon amacıyla kullanılan suların sağlaması gereken kalite kriterleri tablosu24
Tablo 5 Rekreasyon Maksadıyla Kullanılan Kıyı ve Geçiş Sularının Sağlaması Gereken Standart Değerler 25

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1 Türkiye Denizlerinde Tespit Edilen Kültür Edilebilir Bakteri Türlerinin Ait Olduğu Familyaların Dağılım Oranları 8
Şekil 2 Çalışma Alanları 8
Şekil 3 Marmara Denizi İstanbul İli Kıyısal Alanı bakteriyolojik çalışma istasyonları 9
Şekil 4 Güllük Körfezi (Ege Deniz Suyu ve Sediman Bakteriyolojik örnekleme İstasyonları) 9
Şekil 5 Kuzey Ege ve Güney Marmara Bakteriyolojik Örnekleme İstasyonları 10
Şekil 6 Grab ile sediman örnekleme 18
Şekil 7 m-FC besiyerinde fekal koliform koloniler 20
Şekil 8 Azide besiyerinde Enterokok kolonileri 21
Şekil 9 Membran Filtrasyon yöntemin aşamaları 21
Şekil 10 Laboratuvarda membran filtrasyon 22
Şekil 11 Disk Difüzyon Yöntemi 23

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
AB YSD	: Avrupa Birliği Yüzme Suyu Direktifi
APHA	: American Public Health Association
DSÇD	: Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi
EMS	: En Muhtemel Sayı (Most Probable Number Method/MPN)
İÇD	: İyi Çevresel Durum
MAR	: Multiple Antibiotic Resistance
SKKY	: Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
YSKY	: Yerüstü Su Kirliliği Yönetmeliği

1 GİRİŞ

Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (DSDÇ) 2008/56/EC Avrupa deniz sularının 2020'ye kadar "İyi Çevresel Durum" (İÇD) konumuna getirilmesi veya bu durumun korunup sürdürülmesi için gerekli koşulları tanımlarken, denizler üzerindeki tüm baskıların dikkate alınmasından söz etmektedir. Denizel çevrelerde tüm mikroorganizmaların küresel biyolojik çeşitliliğin ve ekosistem fonksiyonlarının önemli parçaları olmaları onları "çevresel durum" tanımlanmasında dikkate alınmaları bakımından önemli kılmaktadır.

Deniz ekosistemlerinin maruz kaldığı koşullara göre belirlenecek çevre durumunun coğrafik yapı, nüfus, yerleşim, biyolojik unsurlar, deşarj edilen atıkların karakteri doğrultusunda farklılıklar gösteren bakteri kompozisyonu verileri ortamın mikro düzeydeki röntgeni olarak kabul edilmektedir. Bu röntgen verileri başta patojen bakteri varlığı olmak üzere ortamın "İyi Çevre Durumu" özelliklerini taşıyıp taşımadığının gizli ve mikro göstergesi olarak coğrafik değişiklikler gösterecektir.

Patojen bakteri düzeylerinde olan her değişikliğin o ortamın maruz kaldığı kirlilik girdilerinin bir yansıması olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Ortama özgü bakteriyolojik verilerin üretilmediği durumlarda iyi çevre statüsü için tanımlanan tüm koşullar sağlanmış olsa da patojen bakteri varlığı bilinmediği için eksik ve yanlış değerlendirme yapılması mümkündür. Ülkemizin kıyısal alanlarında karasal kaynaklı kirlilik girdileri ile ortama girecek patojen bakterilerin tamamı kontrol altına alınmış olsa bile, ülkemiz uluslararası suyollarına sahip olduğundan gemi balast suları yoluyla farklı deniz alanlarından sularımıza karışacak potansiyel patojen bakterilere bulaşısına açıktır. Bu durum Marmara Denizine giriş çıkış yapan gemi balast sularında 27 patojen bakteri türünün tespiti ile gösterilmiş, ülkemizin ulusal kriterler oluşturması gerekliliğine dikkat çekilmiştir (Altuğ ve ark. 2012) Bu durum aynı zamanda aşağıda detaylandırılan "Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifinde (2008-56-EC) sözü edilen "*her ülkenin kendi koşullarına göre belirleyeceği strateji* "ifadesine örnek oluşturmaktadır.

Denizlerdeki bakteriyel bileşenler özellikle prokaryotlar, antropojenik baskının denizel çevrelerde etkisinin anlaşılmasında ve çevre sağlığı durumundaki değişikliklerin değerlendirilmesinde önemlidir. Bilimsel ve ekonomik kriterlere göre maliyet/fayda analizini takiben, denizel mikrobiyal bileşenlerin ve özellikle prokaryotların, denizel ortamlarda insan kaynaklı baskıların etkisini tespit etmek için ve çevre sağlığı durumundaki değişiklikleri değerlendirmek için son derece etkili olduğu bildirilmiştir.

Deniz mikroorganizmaları virüslerden bakteri ve arkelere, fitoplanktondan heterotrofik ve miksotrofik kamçılılara, siliyatlar gibi büyük protistlere ve rotifera gibi mikro-metozoaya kadar geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır (Legendre ve Rivkin, 2008). Heterotrof bakteriler fotosentezle fikse edilen organik maddenin % 90'dan fazlasını kullanma yeteneğine sahiptir (Robinson ve Williams, 2005). Ayrıca, mikrobiyal besin ağı yoluyla (Azam ve ark., 1983), heterotrofik prokaryotlar okyanuslardaki çözünmüş organik karbonu silleri ve kamçıları yardımıyla grazing (otlama) yaparak ve kopepodlar gibi daha büyük organizmalar tarafından tüketilerek daha yüksek trofik seviyelere kanalize ederler. Virüsler ve prokaryotlar (bakteri ve arkeler dâhil) sayıca bütün denizel sistemlerde dominanttırlar ve küresel bolluk olarak geniş bir filogenetik ve metabolik çeşitlilik gösterirler.

Denizlerdeki heterotrofik piko-boyutlu organizmaların (0.2-2 µm boyutlu) küresel biyo-kütleleri zooplankton ve balıkların biyo-kütlelerinden fazladır (Le Que´re´ ve ark., 2005)

Mikrobiyal bileşenler, tüm deniz ekosistemlerinin işleyişinde önemli bir rol oynamaktadır (Azam ve Malfatti, 2007; Gasol ve ark., 2008) ve bütün deniz besin ağlarının çalışma sisteminde ve fonksiyonlarında gereklidir (Cotner ve Biddanda, 2001).

Tüm sucul ekosistemlerde, bakteriler organik maddelerin bozunma süreçlerinde ve besin ağında önemli bir role sahiptir. Polimerleri düşük moleküler ağırlıktaki substratlara (amino asitler, basit şekerler, yağ asitleri gibi) indirgeyen heterotrofik bakteriler, siyanobakteriler mantarlar, mayalar ve hücre dışı enzim üreten mikro algler farklı sınıf organik bileşenlerin dönüşümlerine katkı sağlarlar (Arnosti ve ark., 2005; Caruso, 2010; La Ferla ve ark., 2010). Bu nedenle, mikroorganizmalar biyokimyasal döngülerde, karbon bağlama ve kirleticilerinde azaltılmasında asıl ve önemli bir rol oynarlar (Azam ve Malfatti 2007; Carlson ve ark., 2007; Gasol ve ark., 2008). Tüm bu süreçler bütün denizel ekosistemlerin sürdürülebilir işleyişini sağlamakta ve insan için gerekli temel besin ve ürünleri sunmaktadır.

Denizel mikroorganizmalar ve metabolizmaları küresel değişimlere oldukça hassas olup, sıcaklık, pH ve oksijendeki değişimlerden doğrudan etkilenirler (Burns ve ark., 2013; Hoppe ve ark., 2002). Yükselen küresel sıcaklık değerlerinin antropojenik CO_2 üretimi ile olan ilişkisi bu durumun sucul ekosistemlerin bir fonksiyonu sonucu olduğunu veya atmosfere geçen CO_2 kaynağının yıllık ototrofik ve heterotrofik dengeden kaynaklandığını göstermektedir (Bates ve Mathis, 2009; Cole ve ark., 2007; Del Giorgio ve Williams, 2005; Duarte ve Prairie, 2005; Smith ve Hollibaugh, 1993).

Biyotik ve abiyotik faktörleri belirleyen zaman ve ortama bağlı bu süreçler ve düzenlemeler ılıman, tropikal ve kutup bölgelerinin kıyı bölgeleri için farklı şekilde tanımlanmıştır (Cunha ve ark., 2010; Hoppe ve ark., 2008). Bazı bölgelerde ve derin denizlerde bilgi hala sınırlı olmasına rağmen prokaryotik bolluk ve metabolizma hakkındaki bilgilerin büyük kısmı son on yılda elde edilmiştir (Arístegui ve ark., 2009; Azzaro ve ark., 2012; Baltar ve ark., 2009 a,b, 2010; Umani ve ark., 2010; La Ferla ve ark., 2010).

Hastane atık sularının, evsel atıksuların denizlere karıştığı alanlarda antibiyotiklere dirençli bakteriler ortama girmekte ve bakteriler bu dirençliliği farklı mekanizmalarla birbirlerine aktarabilmektedir (Akkan ve ark., 2011). Türkiye OECD 2015 verilerine göre antibiyotik kullanımı en yüksek ülkeler arasında birinci sıradadır. Denizler gibi doğal alanlarda antibiyotiklere dirençli bakterilerin varlığı ve rastlanma sıklığı İÇD göstergesi olarak kullanılabilir. Bu nedenle Türkiye kendi ülkesi için bunu ihtiyaç görerek İÇD belirleyici olarak antibiyotiklere dirençli bakteri varlığının parametre olarak kabul edilmesinde öncülük yapabilir. Coğrafik bölgelere göre antibiyotik dirençlilik frekansları farklı bulunmakta bu durum evsel atık karakteri ile ilişkilendirilmektedir. Ülkemiz denizlerinde antibiyotiklere dirençli bakteri envanterinin çıkarılması ve izlenmesi bu yayılımın kontrol altına alınması bakımından önemli olacaktır. Türkiye denizlerinde yüksek oranlarda antibiyotiklere dirençli bakterilerin tespit edilmesi (Altuğ ve Icoz Onaç, 2005; Altuğ ve ark., 2006; Matyar ve ark., 2008 a,b; Altuğ ve Balkıs, 2009; Altuğ ve ark., 2010a; Matyar ve ark., 2012; Altuğ ve ark., 2013b, 2013c; Çardak ve ark., 2016; Altuğ ve ark., 2016b) insan kaynaklı kirlilik girdilerinin deniz ortamı ile ilişkisini göstermektedir. Bu durum Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifinde (2008/56/EC) bahsedilen "her ülkenin kendi koşullarına göre belirleyeceği strateji" ifadesine örnek oluşturmaktadır. Bu nedenle bu dokümanda antibiyotiklere dirençli bakteri dağılımının izleme değerlendirme birimleri arasına alınması ülke ihtiyacı olarak tanımlanmıştır.

Deniz ekosistemlerinin sahip olduğu coğrafik yapı, nüfus, deşarj edilen atıkların karakteri gibi koşullar çevre durumundaki değişiklikleri bakteri kompozisyonu verileri ile bize sunmaktadır. Örneğin, Marmara Denizi'nden izole edilen bakterilerin % 60'ı Gram negatif patojenleri içeren Enterobacteriaceae familyasına ait bulunmuştur. Bu durum bölgenin insan kaynaklı kirlilik girdilerinin etkisinde olduğunu göstermektedir (Altuğ, 2016, 2016a). Buna rağmen, Gökçeada çevresinde Bacillaceae familyasına ait segresyon kapasitesi yüksek doğal ortam bakterilerinin çoğunlukta olduğu tespit edilmiştir (Çiftçi Türetken ve Altuğ, 2016). Ayrıca Ege Denizi Güllük Körfezi'nde deniz suyu ve sedimandanizole edilen bakterilerin biyokimyasal özelliklerine bağlı olarak lipolitik ve proteolitik enzim aktivitesine sahip ve karbonhidrat metabolizması ile ilgili enzimleri üretme yeteneğinde olan bakterilerin çoğunlukta olduğu tespit edilmiştir. Bu durum ortama giren kirletici maddelerin dönüşümünü anlama konusunda katkı sağlarken, bölgenin kirleticilere maruz kaldığını da ifade etmektedir. Ayrıca izole edilen tüm heterotrofik bakterilerin sedimanda daha yüksek olmak üzere (% 50-100 aralığında) Arylamidase ürettikleri yani azot atomuna bağlı karbonil grup bulunduran organik fonksiyonel grupları (amitler) parçalayabilecek özellikte oldukları anlaşılmaktadır (Altuğ ve ark., 2013b).

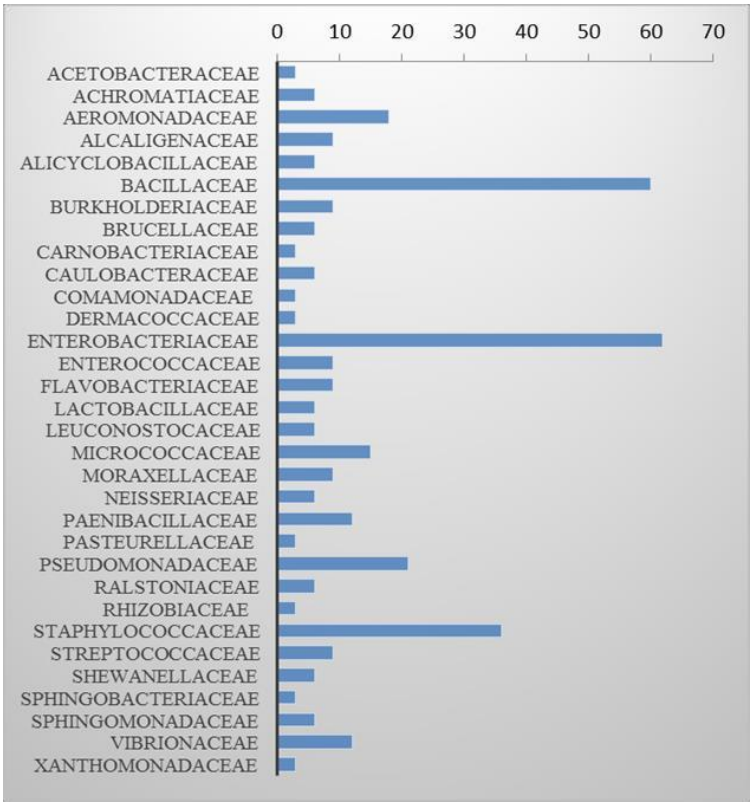
Özellikle kirlilik yükü fazla olan alanlarda elde edilen bakteri çeşitliliği verileri ve bu bakterilerin hidrolitik enzimleri, β-galactosidase gibi hidroliz enzimlerini üretiyor olmaları ve metabolik özelliklerinin zenginliği aynı zamanda bakteri gelişmesini arttıracak bileşik zenginliğini göstermektedir (Altuğ ve ark., 2013; Altuğ ve ark., 2016a). Sinop kıyılarında Karadeniz'in oksik, suboksik ve anoksik zonlarının metagenomik örneklerinin mikrobiyal çeşitliliğinin araştırıldığı çalışmada bakteri çeşitliliği patojen türlerin varlığını, suboksik zonda mikrobiyal aktivitenin arttığını ve anoksik zonda bakteriyel yapının farklılaştığı bulunmuştur. Suboksik tabakada tanımlanan arkenin % 69'u amonyak oksidasyonunda ve anaerobik metan oluşumunda rol oynayan Nitrosopumiales, % 16'sı ise metan üreten arke olarak tespit edilmiştir Suboksik zonda enzim aktivasyonu daha yüksek bulunmuştur (Altuğ ve ark., 2016c). Dolayısı ile Türkiye denizlerinde bugüne kadar tespit edilen bakteri kompozisyonları bölgeler arasında çevre durumu etkisine yönelik veriler sağlamıştır (Altuğ ve Onac-Icoz, 2006; Altuğ ve ark., 2008; Matyar ve ark., 2008a, 2008b; Altuğ ve ark., 2010; Altuğ ve ark., 2011; Altuğ ve ark., 2012; Matyar ve ark., 2012; Altuğ ve ark., 2013a, 2013b, 2013c, 2013d; Çardak ve Altuğ, 2014; Onuk ve ark., 2015; Çardak ve ark., 2015; Çiftçi Türetken ve Altuğ, 2016; Altuğ ve ark., 2016a)

Türkiye denizlerinde tespit edilen kültür edilebilir bakteri türlerinin ait olduğu familyaların dağılım oranları incelendiğinde Gram negatif patojenleri içeren Gamma Proteobacteria grubuna ait Enterobacteriaceae familyası üyesi bakterilerin çoğunlukta olduğu görülmektedir (Şekil 1). Bu durum insan kaynaklı kirlilik girdilerinin denizlerdeki etkisini göstermektedir. *Salmonella enterica ssp. arizonae, S. enteritidis ve S. typhimurium* izole edilen alanlarda, *S. typhimurium* tüm Salmonella türleri içinde % 64,3 ile en yüksek rastlanma oranı gösteren tür olmuştur (Altuğ, 2012).Türkiye denizlerinde tespit edilen patojen bakteri türlerinin rastlanma sıklığı yüksek olanlar ve izlenmesi başlangıç olarak tavsiye edilen türlerin denizlerimizde tespit edildiği çalışmalar Tablo 1'de gösterilmiştir.

Mevcut verilere göre Türkiye denizlerinde patojen bakterilerin izlenmesi tavsiye edilmektedir.

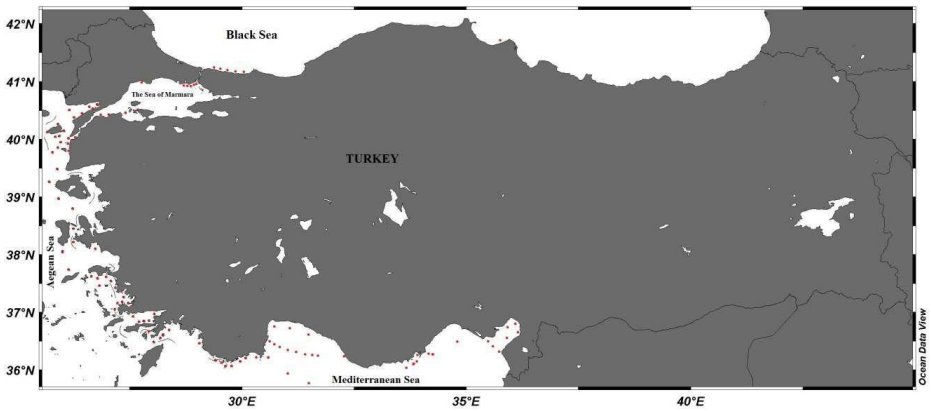
Tablo 1 Türkiye Denizlerinde Rastlanma Sıklığı Yüksek Patojen Bakteriler

	Alan	**Su**	**Sediman**	**Organizma**
Salmonella	Marmara	Altuğ, 2012; Altuğ ve diğ., 2012a, 2012b		Altuğ ve Güler, 2002; Altuğ, 2012
	Ege	Altuğ, 2012		Altuğ, 2012
	Akdeniz	Altuğ, 2012		Altuğ, 2012
Aeromonas hydrophila	Marmara	Altuğ ve diğ., 2008; Altuğ ve diğ., 2012; Altuğ ve diğ., 2013; Cardak ve Altuğ, 2014	Altuğ ve diğ., 2011	Altuğ ve diğ., 2008
	Ege	Altuğ ve diğ., 2013 b; Onuk ve diğ., 2015	Altuğ ve diğ., 2013b	Onuk ve diğ., 2015
	Akdeniz	Onuk ve diğ., 2015; Cardak ve diğ., 2015	Matyar ve diğ., 2008a, Cardak ve diğ., 2015	Onuk ve diğ., 2015
	Karadeniz	Altuğ ve diğ., 2013 a; Cardak ve Altuğ, 2014; Onuk ve diğ., 2015		Onuk ve diğ., 2015
Streptococcus pneumoniae	Marmara	Altuğ ve diğ. 2012, Altuğ ve diğ.2013a, Cardak ve Altuğ 2014		
	Ege	Altuğ ve diğ. 2011; Altuğ ve diğ,. 2013b	Altuğ ve diğ., 2013b	
	Akdeniz	Altuğ ve diğ., 2010; Cardak ve diğ., 2015	Cardak ve diğ. 2015	
	Karadeniz	Altuğ ve diğ., 2013a, Cardak ve Altuğ, 2014		
Micrococcus luteus	Marmara	Altuğ ve diğ., 2012; Altuğ ve diğ., 2013,		
	Ege	Altuğ ve diğ., 2011; Altuğ ve diğ., 2013b	Altuğ ve diğ.2013b	
	Akdeniz	Altuğ ve diğ., 2010; Cardak ve diğ., 2015	Cardak ve diğ. 2015	
	Karadeniz	Altuğ ve diğ., 2013a; Cardak ve Altuğ, 2014		
Klebsiella pneumoniae ssp pneumoniae	Marmara	Altuğ ve diğ., 2008; Altuğ ve diğ., 2012; Altuğ ve diğ., 2013; Cardak ve Altuğ, 2014		
	Ege	Altuğ ve diğ., 2010; Altuğ ve diğ., 2011; Altuğ ve diğ., 2013b	Altuğ ve diğ., 2010; Altuğ ve diğ., 2013b	
	Akdeniz	Altuğ ve diğ.,.2010; Matyar ve diğ., 2012; Cardak ve diğ., 2015	Matyar ve diğ., 2008a; Cardak ve diğ., 2015	Matyar ve diğ., 2008b
	Karadeniz	Altuğ ve Onac-Icoz, 2006;Altuğ ve diğ., 2013a,;Cardak ve Altuğ, 2014		
Brucella melitensis	Marmara	Altuğ ve diğ., 2012; Altuğ ve diğ., 2013		
	Ege	Altuğ ve diğ., 2013	Altuğ ve diğ., 2013	
	Akdeniz			
	Karadeniz			



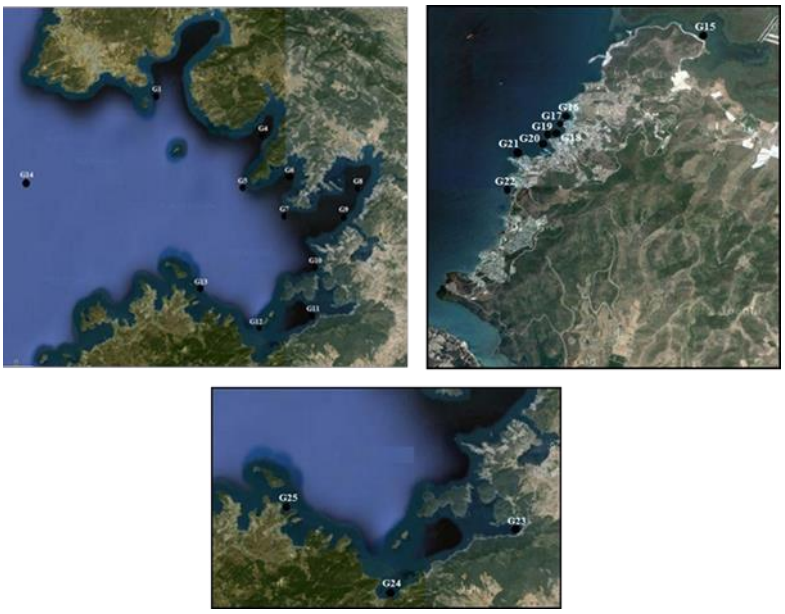
Şekil 1 Türkiye Denizlerinde Tespit Edilen Kültür Edilebilir Bakteri Türlerinin Ait Olduğu Familyaların Dağılım Oranları
(Altuğ ve ark., 2016a)

Bu dokümanda kaynak gösterilen Türkiye denizlerinde bakteriyolojik çalışmaların yapıldığı farklı alanlara yönelik bazı çalışma alanları aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.

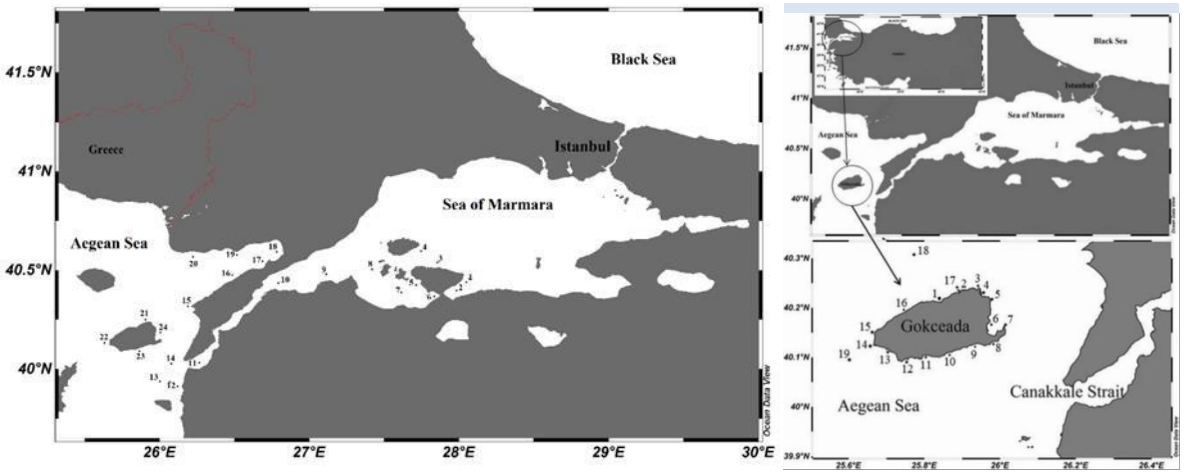


Şekil 2 Çalışma Alanları
(Altuğ ve diğ., 2010, 2011, 2012a, b, c; 2013, 2016; Kalkan ve Altuğ, 2015; Çiftçi ve Altuğ, 2016)

Şekil 3 Marmara Denizi İstanbul İli Kıyısal Alanı bakteriyolojik çalışma istasyonları (Altuğ ve diğ., 2010, 2013d, 2016b)



Şekil 4 Güllük Körfezi (Ege Deniz Suyu ve Sediman Bakteriyolojik örnekleme İstasyonları) (Altuğ ve diğ., 2013b, 2013c)



Şekil 5 Kuzey Ege ve Güney Marmara Bakteriyolojik Örnekleme İstasyonları (Altuğ ve diğ., 2011; Çiftçi Türetken ve Altuğ, 2016)

Prokaryotlar sadece mikrobiyal patojenler olarak değil, İÇD indikatörleri olarak bolluk ve çeşitlilik bakımından değerlendirildiğinde, örneğin biyoçeşitlilik, besin zinciri, ötrofikasyon, kontaminantlar (D1 biodiversity, D4 food webs, D5 eutrophication, D8 Contaminants, D9 Contaminants in seafood) gibi İÇD tanımlayıcılarını etkilediği için bu tanımlayıcılarla birlikte değerlendirilmelidir.

Bu nedenle bu dokumanda çevresel kalite değerlendirmeleri için mikrobiyal toplulukların kullanımı, Avrupa deniz stratejisi çerçeve direktifinde yer alan bilgiler, farklar ve kullanışlılık dikkate alınarak İÇD tanımlayıcıları arasında bakteri verilerinin değerlendirilmesinin yolları tanımlanmıştır. Mikroorganizmalar biyolojik olarak bakteriler, protozoalar, virüsler, küf ve mayalar, mikro algler olarak beş sınıfta değerlendirildikleri için "mikrobiyoloji" ifadesi bunların tamamını kapsamaktadır. Ancak bu dokümanda başlangıç olarak sadece bakterilere yönelik öneriler geliştirilmiş, ülkede ihtiyaç temelinin gelişmesi doğrultusunda mikrobiyolojik izleme standardına yönelik kılavuzun virüsler başta olmak üzere diğer mikroorganizmaları da dâhil ederek geliştirilebileceği ve güncellenebileceği öngörülmüştür.

Enterik virüsler, rekreasyon amacıyla kullanılan sularda hastalıklardan sorumlu en muhtemel patojendir. Ancak virüslerin tespit yöntemleri rutin izleme için karmaşık ve masraflıdır. Bu nedenle direktiflerle uyumlu olarak analiz edilen ana parametreler indikatör organizmalardır (toplam ve fekal koliformlar) (*www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/bathing-water-quality*). AB Yüzme Suyu Direktifi (76/160/ EEC) direktiflerine uygun olarak ülkemizde "Yüzme ve Rekreasyon Amacıyla Kullanılan Suların Sağlaması Gereken Kalite Kriterleri" tablosunun mikrobiyolojik parametreler kısmında enterovirüslerden bahsedilmektedir. UNEP (2016) virüslere yönelik çalışmaların geliştirilmesini tavsiye ederken, bu konuda virüsler ve diğer mikroorganizmalar ile ilgili AB Direktifleri ile Bölgesel Deniz Anlaşmalarında herhangi bir sınırlama veya tanımlı ifade yoktur. AB Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifinde (2008/56/EC) Annex III Tablo 2 de baskı ve etkiler listesinde "mikrobiyal patojenler" ifadesi yer almaktadır. Bu da genel bir ifade olup, pratikte bakteriler ile karşılık bulmaktadır. Dolayısı ile bu dokümanda ele alınan bakterilere

yönelik değerlendirmelerin virüsler başta olmak üzere diğer mikroorganizma grupları için geliştirilmesi süreci ülkenin ihtiyaçları doğrultusunda gelecekte ele alınabilir. Mikrobiyoloji izleme kılavuzunda yer alan parametrelerin AB Direktifleri ile Bölgesel Deniz Anlaşmalarının gerekliliklerine ve süreçlerine göre eksik olan bir tarafı bulunmamaktadır. Bu doküman AB Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifinde (2008-56-EC) sözü edilen (*Each Member State should therefore develop a marine strategy for its marine waters which, while being specific to its own waters reflects the overall perspective of the marine region or subregion concerned*) "her ülkenin kendi koşullarına göre belirleyeceği strateji" ifadesi temel alınarak Türkiye denizlerinin ihtiyaçları doğrultusunda geliştirilmiştir.

Tablo 2 Mikrobiyolojik İzleme Kılavuzunun İlişkili Olduğu Diğer Alanlar

Mikrobiyoloji izleme kılavuzu	Biyoçeşitlilik (D1. Biodiversity)
	Besin zinciri (D4. food webs)
	Ötrifikasyon (D5. Eutrophication)
	Kontaminantlar (D8. Contaminants)
	Deniz ürünlerinde kontaminantlar (D9. Contaminants in seafood)

2 AMAÇ

Bu dokümanda Avrupa deniz sularının 2020'ye kadar "İyi Çevresel Duruma" (İÇD) getirilmesi veya bu durumun korunup sürdürülmesi hedefi ile uyumlu olarak Türkiye Denizleri üzerindeki tüm baskıları dikkate alarak, bölgeler arasında koordinasyon ve işbirliği ile Türkiye Denizlerinde mikrobiyal unsurların İÇD bileşenleri D1 (Biyoçeşitlilik), D4 (Besin zincirleri), D5 (Ötrifikasyon), D8 (Kontaminantlar), D9 (Deniz ürünlerindeki kontaminantlar) ile ilişkilendirerek ″iyi çevre durumunun tanımlanması″ ve ″iyi çevre durumuna ulaşmasını sağlayacak hedeflerin belirlenmesi″ için uygulanacak yolu tanımlamak amaçlanmıştır. Ayrıca Annex 6 Part A'da belirtildiği üzere bu doküman İÇD için ölçümlerde kullanılması gereken diğer direktifler listesinde "Yüzme Suyu Direktifi", "Atık Su Direktifi" gibi başlıklar altında yer alan mikrobiyolojik unsurları bu tavsiyeler kapsamında değerlendirmektedir.

AB Deniz Stratejisi Direktifi (Madde 1.8.b)'ne göre mikrobiyal patojenlerin deniz/kıyı sularına girişi Annex III Tablo 2'de belirtilen baskı ve etkiler listesinde yer almaktadır. Direktifte her bölge veya alt bölge için hâkim baskı ve etkilerin değerlendirilmesi gerektiği belirtilmektedir.

AB Su Çerçeve Direktifi'ne (SÇD) göre (Madde 11.3) izleme programlarında gerçekleştirilecek temel ölçümlerin Annex VI Part A'da verilen direktifleri kapsaması gereklidir. Bu listede yer alan direktiflerden AB Yüzme Suyu Direktifi (76/160/EEC), mikrobiyolojik su kalitesi değerlendirilmesinin gerekli/zorunlu olduğu bir direktiftir. Bunlara ek olarak ülkemizin taraf olduğu Bükreş (Karadeniz Deniz Çevresinin Kara Kökenli Kaynaklardan Kirlenmeye Karşı Korunmasına Dair Protokol) ve Barselona (Akdeniz'in Kara

Kökenli Kirletici Kaynaklara ve Faaliyetlere Karşı Korunması Protokolü) Sözleşmeleri protokollerinde eylem planlarının, programların ve önlemlerinin hazırlanmasında rehberlik edecek maddeler listesinde patojen mikroorganizmalar yer almaktadır. Buna göre taraf ülkeler deniz ekosistemine deşarj edilen patojen mikroorganizmaların kontrolünden sorumludur.

Ülkemizde kıyı sularında mikrobiyal su kalitesinin izlenmesi Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (Resmî Gazete, Sayı:29327, 2015) ve Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği (76/160/AB) (Resmi Gazete, Sayı: 26048, 2006) ile düzenlenmektedir. Bunlara ek olarak derin deniz deşarjlarının sağlaması gereken mikrobiyolojik kalite kriterleri Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (Resmi Gazete, Sayısı: 25687, 2004) ile belirlenmektedir.

Çevresel baskıların tanımlanmasına kılavuzluk eden AB Yüzme Suyu Direktifi ve ülkemizdeki yönetmeliklerde kullanılması tavsiye edilen indikatör bakteriler Tablo 3 de özetlenmiştir.

Tablo 3 AB Yüzme Suyu Direktifi ve Ülkemizdeki Yönetmeliklerde Kullanılması Tavsiye Edilen İndikatör Bakteriler

	AB YSD (2006/7/EC)	YSKY (76/160/AB, 2006)	Yerüstü SKY (2015)	SKKY (2004)
Toplam koliform (KOB/100ml)		+		+
Fekal koliform (KOB/100 ml)		+		+
İntestinal Enterokok/Fekal streptokok (KOB/100 ml)	+	+	+	
E. coli (KOB/100 ml)	+		+	
Salmonella (KOB/litre)		+		
Entero virüsler (PFU/10 litre)		+		

3 ÖRNEKLEME STRATEJİSİ (İZLEME ALAN VE SIKLIKLARI)

Genel Amaçlı İzleme;

- Türkiye denizlerindeki mikrobiyolojik parametrelerin izlenmesinde standardın sağlanması,
- Gelecekteki izleme programlarının verimli ve etkili bir şekilde sürdürülmesi,
- Denizel ortamdaki kısa-orta vadeli değişikliklerin değerlendirilmesi,
- Yaygın antropojenik faaliyetten kaynaklanan uzun vadeli değişikliklerin bölgesel değerlendirilmesi gerekçeleri ile yapılmalıdır.

Genel amaçlı izleme Marmara, Ege-Akdeniz, Karadeniz yüzey suyu durumunun belirlenebilmesi için yeterli sayıdaki izleme noktasını kapsamalıdır.

Genel amaçlı izleme kapsamında;

- Türkiye denizlerinde bölgesel alanlara (Körfez, Liman, Gemi Söküm, Yetiştiricilik Alanı) yönelik yeterli sayıda izleme noktası,
- Risk altında olmayan alanları da temsil edecek özellikte izleme noktaları,
- Ege-Akdeniz, Marmara, Karadeniz bölgelerinin genel durumu ile ilgili yeterli veri sağlayacak sayıda ve özellikte izleme noktaları belirlenmelidir.
- Kirlilik kapsamında tanımlanarak hali hazırda izlenen istasyonlar bakteriyolojik izleme istasyonları olarak değerlendirilebilir. Ayrıca, aşağıda Türkiye Denizlerinde, Boğazlar, Marmara Denizi, Akdeniz-Ege ve Karadeniz'de noktasal kirlilik kaynaklarına göre karasal baskı potansiyelleri göz önüne alınarak bakteriyolojik olarak izlenmesi önerilen alanlar verilmiştir.
- Kış aylarında mevsimlik yaz aylarında sıcak noktalarda 15 günlük örnekleme yapılması önerilmektedir.

3.1 İzleme Alanları Önerileri

Yukarıda bahsedilen maddeler ve Yüzme Suyu Direktifi (76/160/EEC), Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği Kıyı ve Geçiş Suları tanımları dikkate alındığında hali hazırda sürdürülen proje kapsamında "kirlilik izleme istasyonları" ve eklenen bazı "kıyısal yüzme suyu alanları" mikrobiyolojik örnekleme için seçilebilir.

İzleme alanları olarak seçilen bölgeler taraf olduğumuz sözleşmeler ve direktiflere göre "üye ülkelerin kıyı ve karasal yüzme suyu alanları tahsisi etmeleri ve buralardaki suyun kalitesini yüzme sezonu boyunca izlemeleri gerekliliği" ifadesi ve izleme çalışmaları ve bilimsel projeler sonucunda yerleşimin, turizmin, kıyı sanayinin, taşımacılığın ve liman aktivitelerinin ve su ürünleri yetiştiriciliğinin yapıldığı alanlar olarak riskli görülen alanlar olduğunun geçmiş bilimsel çalışmalar göz önünde bulundurularak seçilmiştir. Bu bölgeler aşağıda sıralanırken bölgede yapılan çalışmalardan örnekler sunularak bu alanların izlenmesinin neden tavsiye edildiği açıklanmıştır. Bunlara ekleme ve çıkarmalar yapılması mümkündür. Ancak, bu dokümanda yukarıda belirtilen çalışmalar dikkate alınarak aşağıda belirtilen alanlar bakteriyolojik değerlendirmeler için önerilmektedir.

3.1.1 İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi

İstanbul Boğazı Karadeniz Çıkışı ve Marmara Girişi ile İstanbul ili kıyısal alanında aşağıda isimleri verilen noktalarda 2000 yılından bu yana yapılan çalışmalarda (Altuğ ve ark., 2010; Çiftçi ve ark., 2011; Altuğ ve ark., 2012, 2013d, 2016b) bakteriyolojik kirlilik ve patojen bakteri varlığı tespit edilmiş olup, bu istasyonlar derelerin Marmara Denizine döküldüğü alanları, karasal kirlilik etkenlerini ve rekreasyonel kullanım alanlarını içerdiği için önerilmiştir. Yapılan çalışmalarda patojen, fırsatçı patojen, yumuşak doku enfeksiyonlar ve hastane enfeksiyonları etkeni bakterilerin ve antibiyotiklere dirençli türlerin tespit edilmiş olması bu alanların izlenmesine gerekçe oluşturmaktadır. Ayrıca körfezler karasal kaynaklı girdilerin baskısını taşıdığından izleme alanları olarak önemle tavsiye edilmektedir.

- İstanbul Boğazı Karadeniz Çıkışı
- İstanbul Boğazı Marmara Girişi
- İstanbul İli Kıyısal Alanı (Küçükçekmece – Menekşe-Florya Sahili, Yeşilköy Sahili, Ayamama Deresi kıyısı, Çırpıcı Deresi döküldüğü yer civarı, Zeytinburnu Sahili, Kazlıçeşme Sahili, Suriçi Sahili Yenikapı Limanı, Sarayburnu Sahili; Galata Köprüsü Altı Kabataş Sahili, Ortaköy Sahili, Arnavutköy Sahili, Bebek Sahili, Baltalimanı Sahili, İstinye Sahili Tarabya Sahili Sarıyer, Rumeli Kavağı Caddebostan Bostancı Sahili - Çamaşırcı Deresi Anadolu Hisarı- Göksu Deresi, Kanlıca Körfez, Küçüksu Sahil, Kadıköy Sahili- Kurbağalı Dere, Kuleli)
- Kınalıada Sahili
- Burgazada
- Heybeliada
- Büyükada)
- Silivri Sahil
- İzmit Körfezi
- Gemlik Körfezi
- Bandırma Körfezi
- Erdek Körfezi
- Tekirdağ sahil

3.1.2 Ege Denizi

Ege Denizi İzleme Alanları olarak önerilen bölgeler genel olarak yerleşimin yoğun bulunduğu körfezleri kapsamaktadır. Özellikle bahar ve yaz aylarında turizm amaçlı bu körfezlerde nüfus yoğunluğu belirgin şekilde artmaktadır. Örneğin Güllük Körfezi'nde yapılan bir çalışmada körfezin kıyısal alanında bakteriyolojik kirlilik girdilerinin olduğunu tespit edilmiştir (Kalkan ve Altuğ, 2015). Yaz aylarında yüksek bulunan fekal bakteri düzeyi arıtımların yetersizliği ve mevsimsel nüfus artışı ile ilişkilendirilmiştir. Güllük Körfezi'nde tespit edilen bakteriyolojik kirlilik düzeyi ″bölge için kritik kontrol noktalarının belirlenmesi anlamında değerlendirilmiştir. Bu durumda, Sarıçay Deresi ağzı, Güllük Limanı ve kıyısal alanlar bölgenin bakteriyolojik tehdit taşımaması için kontrol edilmesinin kaçınılmaz olduğu kritik risk noktaları olarak kabul edilmelidir. Bu noktalarda yapılan bir çalışmada yıl boyunca kesintisiz bakteriyolojik kirlilik tespit edilmiştir. Bu nedenle tehlike oluşturma potansiyeline sahip olan bu noktaların taşıdığı maksimum bakteriyolojik değerler kritik limit (tehlike için kabul edilebilirlik ve edilemezlik arasındaki eşik değer) olarak kabul edilebilir. Düzeltici önlemler alındıktan sonra (atıkların ve deşarj şekillerinin kontrolü vb) seçilen eşik değer kılavuz değere (örneğin <500 KOB/100 ml gibi) dönüştürülerek kontroller sürdürülebilir şeklinde rapor edilmiştir (Altuğ ve ark., 2013).

Yoğun yerleşimin ve sanayileşmenin bulunduğu körfezler evsel deşarjların, gemi taşıt trafiğinin yoğun olduğu, turizm ve su sporlarının yapıldığı ve rekreasyonal amaçlı kullanımın bulunması nedeni ile önerilmektedir. Kıyı boyunca gün geçtikçe artan yerleşim yerlerinden bölgedeki tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerden oluşan karasal kökenli kirleticiler doğrudan ve dolaylı olarak körfezlere ulaşmaktadır. Yaz aylarında turizm faaliyetinde olan tur teknelerinin kış bakımlarının da körfez kıyılarında yapılması ve bunların oluşturduğu

olumsuzlukların körfeze ulaşması sonunda su kalitesi olumsuz olarak etkilenmektedir. Bilhassa turistik tesisler, ikinci konutlar evsel kaynaklı kirlilik oluşturabilecek potansiyele sahip, yoğun yerleşimlerdir. Ayrıca, evsel ve tarımsal kirlilik girdilerinin yaşandığı yani insan ve hayvan kaynaklı dışkı karışımının bulunduğu nehir dökü alanlarını, yine yetiştiricilik yapılan ve burada ki faaliyetler kaynaklı mikrobiyal kontaminasyonun olabileceği alanlar, izlemeler için önerilmektedir. İzlemesi önerilen körfezler, limanlar, nehir dökü alanları ve yetiştiricilik yapılan bölgelerdeki bugüne kadar yapılan çalışmalar ile mevcut mikrobiyal yükü gösteren literatür bilgileri mevcuttur (Altuğ ve Bayrak, 2002; Altuğ ve ark., 2007a, 2007b; Çardak ve Altuğ, 2010; Altuğ, 2013a, Çardak ve Altuğ, 2014; Cardak ve ark., 2015, 2016; Kacar ve Gungor, 2010; Kacar, 2011a, 2011b; Kacar ve Kocyigit, 2013,; Kalkan ve Altuğ, 2015)

Önerilen izleme alanları:

- Çanakkale Boğazı,
- Saroz Körfezi,
- Edremit Körfezi
- Çandarlı Körfezi
- Aliağa-Gemi söküm-PETKİM
- İzmir Körfezi
- Kuşadası Körfezi
- Güllük Körfezi
- Gökova Körfezi
- Nehirlerin döküm alanı
- Limanlar
- Yetiştiricilik alanları
- Kentsel Deşarj alanları

3.1.3 Karadeniz

Genel olarak Rize sahil, Trabzon sahil, Ordu sahil, Samsun sahil, Sinop sahil, İnebolu, Amasra sahil, Zonguldak sahil, Karasu ve Şile noktaları önerilmektedir. Detaylandırılmış ilave istasyon önerileri aşağıda sıralanmıştır.

Artvin

Arhavi-Hopa Mevkii: Karadeniz'in ülkemiz sınırlarında en doğu kısmına karşılık gelen ve genellikle evsel atıkların noktasal deşarjlar ile bulaş gösterdiği bölgedir.

Rize

Merkez*:* İl merkezine karşılık gelen alandır ve evsel atıkların Karadeniz'e noktasal deşarjları mevcuttur.

Fırtına Deresi Deşarj Mevkii: İlin doğu kısmında Karadeniz'e dökülen ve üzerinde yoğun su ürünleri yetiştiriciliği ile rekreasyonel faaliyetlerin gerçekleştiği Fırtına Deresi'nin deşarj noktasına karşılık gelmektedir.

Trabzon

Yomra Mevkii: Trabzon'un doğu kısmının en önemli yerleşkelerinden biri olup, yoğun olarak evsel ve sanayi atıklara maruz kalan bölgedir.

Değirmendere Mevkii: İl merkezinde Trabzon'un en önemli havzalarından biri niteliğindedir.

Merkez: İl merkezine karşılık gelen alandır ve evsel atıkların Karadeniz'e noktasal deşarjları mevcuttur.

Akçaabat Mevkii: İlin en kalabalık ilçelerinden biri olup yoğun evsel ve sanayi atıkların dolaylı yollar ile Karadeniz'e deşarj olduğu alandır.

*Çarşıbaşı-Vakfikebir Mevki*i: Yoğun evsel ve tarımsal faaliyetlerin gerçekleştiği alandır. Yaz aylarında kıyı şeridinde rekreasyonel faaliyetler mevcuttur.

Giresun

T*irebolu (Harşit Çayı Deşarj Mevkii):* Gümüşhane il sınırlarından doğup Tirebolu ilçesinde 160 km'lik mesafeyi katledip Karadeniz'de sonlanan Harşit Çayı'nın beraberinde kum, çakıl işleme tesisleri, evsel ve sanayi atıkların deşarj noktasıdır.

Espiye (Gelevera Deresi ve Yağlıdere Çayı Deşarj Mevkii): 70 km'lik hatta sahip Yağlıdere Çayı ile, 80 km'lik hatta sahip Gelevera Deresi'nin deşarj bölgelerini kapsamaktadır. Akarsu hatları üzerinde petrol ürünleri depolama sahası, kum, çakıl, mermer işleme ve kömür tesisi bulunmakla birlikte evsel ve çöp depolama atıklarının bulaş noktalarıdır.

Aksu Deresi-Giresun Adası Mevkii: Yaklaşık 70 km'lik memba-mansap uzunluğuna sahip akarsu hattı boyunca; sanayi ve evsel atıklara ilaveten, alabalık üretim tesisleri bulunmaktadır. Deşarj noktasında Giresun çöp depolama alanı bulunup yoğun kirlilik kaynağı özelliğindeki bir noktadır.

Batlama Deresi-Güre Mevkii: Ortalama 40 km'lik memba-mansap uzunluğuna sahip akarsu hattı; yoğun evsel atık, sanayi atıkları ve zirai faaliyetler dolayı hassas alan olup bu hat boyunca içme suyu, maden suyu tesisleri ile su ürünleri yetiştiricilik faaliyetleri de gerçekleştirilmektedir. Bunlara ilaveten yaz ayların yoğun rekreasyon faaliyetlerinin gerçekleştirildiği sıcak nokta özelliğindeki alandır.

Ordu

Melet Irmağı- Turnasuyu Deresi Mevkii: Sivas il sınırlarından doğarak Ordu'da Karadeniz'e deşarj olan yaklaşık 160 km'lik Melet Irmağını kapsayan noktadan; farklı nitelikteki maden işletme atıkları, kum, çakıl işleme tesisi atıkları, sanayi ve evsel atıkların Karadeniz'e geçiş noktası özelliğindedir.

Perşembe Vona Limanı Mevkii: Diğer ilçelere nazaran doğal yapının fazla tahrip olmadığı, yaz aylarında rekreasyonel faaliyetlerin mevcut olduğu alandır.

Fatsa: İlin en büyük ilçelerinden biri olup, yoğun olarak farklı nitelikteki evsel ve sanayi atıklara maruz kalmaktadır. Yaz aylarında rekreasyonel faaliyetler mevcuttur.

Ünye: İlin en büyük ilçelerinden biri olup, yoğun olarak farklı nitelikteki evsel ve sanayi atıklara maruz kalmaktadır. Yaz aylarında rekreasyonel faaliyetler mevcuttur.

Samsun

Çarşamba Yeşilırmak Deşarj Mevkii*:* Yaklaşık 519 km uzunluğundaki Yeşilırmak Nehri'nin beraberinde Karadeniz'e taşıdığı farklı nitelikteki birçok atıkların deşarj alanına karşılık gelmektedir.

OSB Bölgesi Tekkeköy Mevkii: Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi'nin en büyük organize sanayi bölgesi olan alan, yerleşim yeri özelliği de gösterdiğinden farklı nitelikteki birçok atıkların Karadeniz'e bulaş noktası özelliğindedir.

Canik Mert Irmağı Mevkii: Samsun il merkezine karşılık gelen alandır.

Atakent-Pelitköy Mevkii: Yaz aylarında yoğun rekreasyonel faaliyetlerin gerçekleştirildiği alandır.

Bafra Kızılırmak Deşarj Mevkii: 1.355 km uzunluğu ile Türkiye topraklarından denize dökülen en uzun akarsu hattına karşılık gelip Karadeniz ekosistemi için çok önemli bir yere sahip olan alandır.

3.1.4 Akdeniz

Kirlilik projesi kapsamında hali hazırda izlenen istasyonlar bakteriyolojik izleme istasyonları olarak değerlendirilebilir. Genel olarak aşağıdaki listede yer alan bölgeler tavsiye edilmektedir.

- Antalya Sahil,
- Fethiye Körfezi,
- Anamur-Bozyazı,
- Mersin Sahil,
- İskenderun Körfezi,
- Samandağ,
- Limanlar olarak tavsiye edilmektedir.

Bu bölgelerde yapılan çalışmalarda belirlenen bu alanlar özellikle batı Akdeniz sahilleri yaz aylarında yüzme amaçlı yüz binlerce insan tarafından yoğun olarak kullanılmaktadır. Belirlenen bu alanlarda yüzme amaçlı kullanılan sahil sularının mikrobiyolojik olarak izlenmesi önerilmektedir.

Karasal kaynaklı mikrobiyal kirleticiler nehir girdileri ve kentsel atık sular vasıtası ile kıyısal alanlarda yüzme sularına karışmaktadır. Ayrıca Akdeniz'de bulunan ticari limanlar da (Limakport-İskenderun Körfezi, Mersin Uluslararası Limanı-Mersin ve Port Akdeniz 'de (Antalya) deniz trafiği oldukça yoğundur. Bu nedenlerle limanlar direk veya dolaylı olarak kirleticilerle maruz kalmakta ve kontamine olabilmektedir. Limanlar açısından potansiyel tehdidi anlamak için limanların da mikrobiyal kirleticiler açısından izlenmesi tavsiye edilmektedir.

4 PARAMETRELERİN ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

İndikatör Bakteri Tayini: Membran Filtrasyon Metodu, En Muhtemel Sayı Metodu /EMS

Antibiyotiklere dirençli indikatör/patojen bakteri: Disk Difüzyon Metodu

Salmonella spp. Standart kültürel yöntem (APHA, 2000)

Salmonella ve diğer patojen bakteriler kültürel yöntemlerle saflaştırma ve Gram boyama sonrası VITEK Compact 30 Mikro İdentifikasyon Sistemi kullanarak tanımlanabilir.

4.1 Örnekleme Ekipmanları

Deniz suyu için: Örnekleme alanının suyu ile çalkalanmış Nansen / Niskin Şişesi.

Sediman için: Grab

Steril edilmiş ışık geçirmez (kahverengi) 250 ml cam şişeler/ Koyu renkli polipropleen (121) dayanıklı plastik şişe (otoklava dayanıklı)

Pamuk

Cam baget

Alkol

Ateş kaynağı (alev tabancası, otomatik çakmak vb.).

Şekil 6 Grab ile sediment örnekleme

4.1.1 Örnekleme ve Ön İşlemler

Deniz suyu örnekleri 0-30 cm yüzeyden aseptik şartlar sağlanarak alınır. Steril cam şişeler şişe ağzına el değmeden açılır, şişe ağzı pamuk sarılmış alkole batırılmış cam bageti yakarak veya alev tabancası benzeri bir malzeme kullanarak alevden geçirilir. Örnek şişesi şişenin ağzına el değmeden yan yatırılarak, üst kısımda bir miktar boşluk bırakılacak şekilde şişeye doldurulur. Şişenin ağzı tekrar alevden geçirilir ve el değmeden tekrar steril kapak veya steril pamuk ile kapatılır. Etiketlenir. Kısa sürede (4-6 saat) laboratuvara ulaşabilecek örnekler analize kadar +4°C'de saklanabilir. Kısa sürede ulaştırılamayacak örnekler örnekleme yerinde (gemi vb) önce filtrasyon işlemine alınır daha sonra inkübatöre alınır.

Grab yardımı ile alınan yüzey sediman örnekleri steril kaplara aktarılır. Etiketlenir. Kısa sürede (4-6 saat) laboratuvara ulaşabilecek örnekler analize kadar +4 °C'de saklanabilir. Kısa sürede ulaştırılamayacak örnekler laboratuvara kadar dondurularak muhafaza edilir.

5 BAKTERİYOLOJİK PARAMETRELER

Deniz sularında patojen bakterileri ayrı ayrı aramak analitik olarak zaman alan,uzmanlık gerektiren ve ekonomik olmayan bir yoldur. Bunun yerine rutin analizlerde kontaminasyon olduğunun ipucunu veren indikatör (gösterge) bakteriler kullanılır. Denizlerin bakteriyolojik kalitesini araştırırken, 1920 yılına kadar toplam ve fekal koliform bakteriler standart bakteriyolojik indikatörler olarak kullanılmışlardır. Sonraki yıllarda indikatör bakteriler ile *Vibrio cholerae* (kolera hastalığının etkeni), *Yersinia enterocolitica* (gastroenteritis), S*higella* (gastroenteritis), *Listeria* (grip benzeri semptomlar), *Salmonella* (gastroenteritis, tifo), C*ampylobacter* (gastroenteritis) varlığı arasında son derece açık ilişkiler bildirilmiştir.

Günümüzde bakteriyolojik izleme çalışmalarında *E. coli'* nin patojen protozoa ve virüsler için indikatör özelliğinin zayıf olması gerekçesi ile alternatif indikatör bakterilerin gerekliliği tartışılırken yine de klasik bakteriyel anlayış *Esherichia coli* ve toplam koliform bakterilerin indikatör olarak kullanılmasıdır. Optimum üreme sıcaklığı 25°C ve daha az olan bakteriler, toprak kökenli, saprofit ve genellikle su da doğal olarak bulunan *Pseudomonas, Achromobacter, Choromobacterium* gibi mikroorganizmalardır. Optimum üreme sıcaklığı 37°C olan bakterilerin varlığı ise dış kaynaklı bir kontaminasyonu göstermektedir.

5.1 İndikatör Bakteriler

Patojen bakterileri aramak yerine, rutin analizlerde indikatör bakteriler tercih edilir. İndikatör bakteriler, patojen bakterilerle aynı ortamı paylaşırlar, patojen bakterilerden sayıca daha fazladırlar, tespitleri patojen bakterilerden daha kolay ve ekonomiktir, yaşama yetenekleri patojenlerden daha yüksektir, insan ve hayvanlar için zararsızlardır. Total koliformlar, fekal koliformlar, fekal streptokoklar suların rutin analizlerinde bakteriyolojik kirlilik indikatörü olarak kullanılırlar.

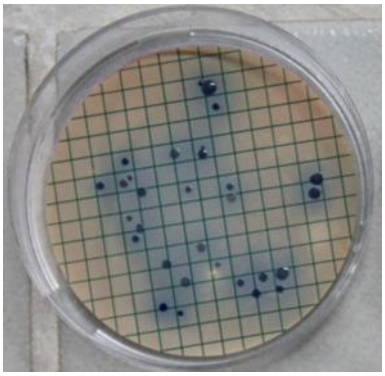
5.1.1 Toplam Koliform

Bu organizmalar patojen değildir ancak ortamda bulunuyor olmaları dış kaynaklı kontaminasyonu ve patojen bakterilerin potansiyel olarak var olabileceğinin ipucunu verir. Koliform bakteriler, *(*APHA, 2000) tarafından, membran filtrasyon tekniği ile Endo tip besiyerinde 35±2°C de 24 saat içinde metalik yeşil koloni oluşturan, aerop, spor oluşturmayan, gram (-), çomak şekilli bakteriler olarak standardize edilmiştir. 37°C de üreyebilen, β- galaktozidaz enzimi taşıyan koliformlar, *Citrobacter, Escherichia, Enterobacter, Klebsiella, Hafnia, Yersinia, Serratia* cinslerinden oluşur.

5.1.2 Fekal Koliform

Total koliformların alt grubudur. Bu bakteriler toplam koliformların taşıdığı özelliklerin dışında 44±2°C de 48 saatlik inkübasyon sonucu laktozu fermente ederek gaz ve asit oluşturur,

triptofandan indol oluşturur (Şekil 7). Bu özellikleri nedeni ile toplam koliformlardan ayrılan fekal koliformlara termotolerant koliformlar da denir. Fekal koliformların en bilinen örneği *Esherichia coli*'dir



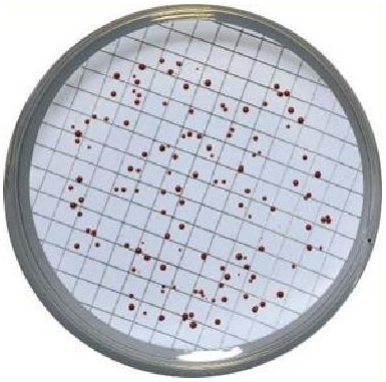
Şekil 7 m-FC besiyerinde fekal koliform koloniler

***E. coli* sayımı Hızlı Deney (TS EN ISO9308-1)**

E.coli sayımı amacı ile alınan deniz suyu numunesi, 0.45 mikron gözenekli steril membran filtreler kullanılarak steril vakum filtrasyon ekipmanıyla süzülür. Membran Filtre (hızlı deney için) TSA besiyeri üzerine yerleştirilir ve 36±2°C'de 4 – 5 saat inkübe edilir. Daha sonra membran süzgeç TBA besiyeri üzerine yerleştirilir ve 44:0±0.5°C'de 19 - 20 saat inkübe edilir. İnkübasyondan sonra membran süzgeç, indol reaktifi ile doyurulmuş bir süzgeç yastık üzerine yerleştirilir ve renk gelişimine bağlı olarak 10 - 30 dakika ultraviyole lambası ile UV ışımasına maruz bırakılır. Membran süzgeç üzerindeki bütün kırmızı koloniler *E.coli* olarak sayılır. Sonuçlar 100 ml'deki koloni sayıları olarak verilir.

5.1.3 Bağırsak Enterokok / Fekal Streptotok

Fekal streptokoklar fekal koliformlardan sonra ikinci fekal kirlilik indikatörü olarak değerlendirilir. *E. coli*'nin bulunmadığı örnekte streptokok tayini koliform organizmanın varlığını gösterir. Ayrıca streptokok düzeyi fekal koliform düzeyi ile karşılaştırılarak kirlilik kökeninin hayvansal veya insan kaynaklı olduğunun araştırılmasında da kullanılmaktadır. En çok rastlanılan türleri *Streptococcus faecalis, S. faceium, S. avium, S. bovis, S. equinus ve S. gallinarum* dur.

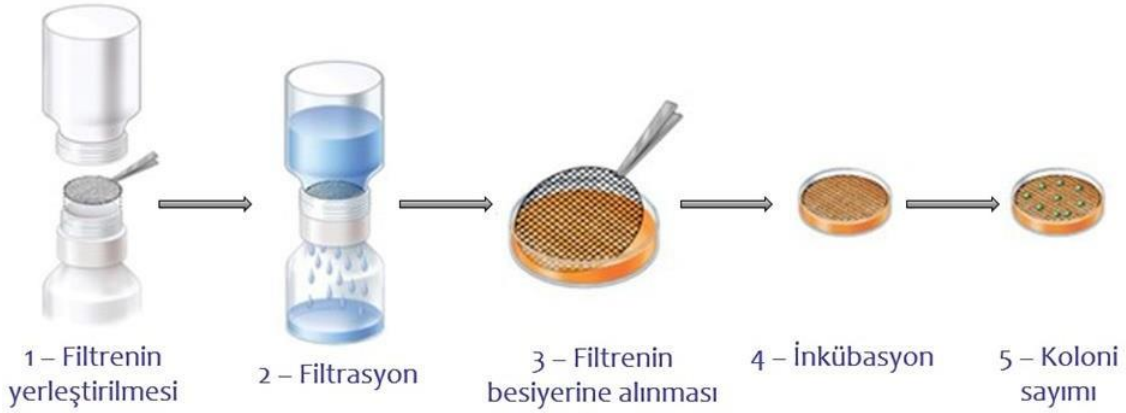


Şekil 8 Azide besiyerinde Enterokok kolonileri

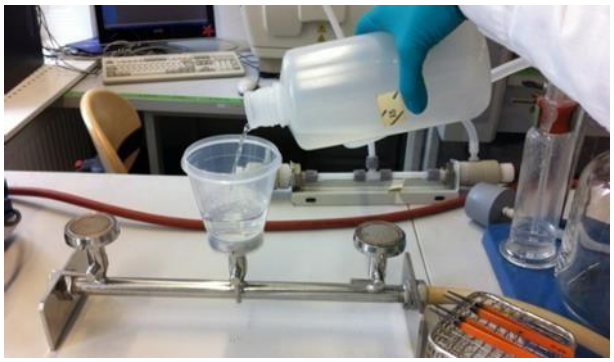
Bağırsak Enterokok Sayımı (TS EN ISO7899-2)

Bağırsak Enterokok sayımı amacı ile alınan deniz suyu numunesi, 0.45 mikron gözenekli steril membran filtreler kullanılarak steril vakum filtrasyon ekipmanıyla süzülür. Membran filtre Slanetz ve Bartley besiyerine yerleştirilir. Petriler 37±2°C'da 44±4 saat inkübe edilir. İnkübasyondan sonra tipik olarak koloninin ortasında veya etrafında, kırmızı, mor veya pembe renk oluşumu ile ortaya çıkan tüm koloniler dikkate alınır. Tipik koloniler varsa membran ve koloniler steril penslerle, ters yüz etmeden önce 44°C'a ısıtılmış Safra Eskülin- Azid Agarlı petri kabına aktarılır. 44 ±0.5°C'da 2 saat inkübe edilir. Ardından koloniler hemen değerlendirilir. Çevresindeki besiyerinde ten renginden siyah renge kadar değişebilen renkler oluşturan tüm tipik koloniler pozitif reaksiyon vermiş olarak kabul edilir ve bunlar bağırsak enterokoku olarak sayılır (Şekil 7). Sonuçlar 100 ml'deki koloni sayıları olarak verilir.

Deniz Suyu örnekleri için ayrıca Membran Filtrasyon (Şekil 9 ve Şekil 10) veya En Muhtemel Sayı Metodu/EMS (Most Probable Number Method/MPN) yöntemleri uygulanabilir (APHA, 2000). Sediman için Marine Broth veya laktoz broth' da zenginleştirme sonrası Endo ve Azide benzeri besi ortamına yayma ekim uygulanabilir.



Şekil 9 Membran Filtrasyon yöntemin aşamaları



Şekil 10 Laboratuvarda membran filtrasyon

5.2 Patojen Bakteriler

Türkiye denizlerinde patojen bakterilere yönelik çalışmalar dikkate alınarak deniz suyu ve sedimandarastlanma sıklığı yüksek olan *Salmonella* spp. (başlangıç olarak) izlenecek patojen bakteriler arasında değerlendirilebilir. Sonuçlar 250 ml de Salmonella sayısı olarak değerlendirilir.

Önemli Not:

Bu dokümanda patojen bakterilere başlangıç olarak Salmonella spp. önerilmiştir. Ancak, Türkiye denizlerinde yapılan çalışmalarda yüksek sayıda patojen bakteri varlığı tespit edilmiştir (Çiftçi Türetken ve Altuğ, 2016, 2016a; Altuğ ve ark., 2010, 2011, 2012, 2012a, 2013). Bu nedenle sıklıkla tespit ettiğimiz patojen bakteriler arasında olan türler Salmonella spp.'e ilave olarak izlenecek türler arasında değerlendirilebilir.

Türkiye denizlerinde rastlanma frekansı yüksek olan patojen bakteri türleri arasından seçilen beş adet tür ismi aşağıda verilmiştir.

- *Aeromonas hydrophila*
- *Streptococcus pneumoniae*
- *Micrococcus luteus*
- *Klebsiella pneumoniae ssp pneumoniae*
- *Brucella melitensis*

Sağlıklı bir ortamda patojen bakterilerin bulunmaması gerektiğinden, izlenilen alanda seçilmiş bazı patojen bakterilerin varlığının aranması, bulunmaları halinde tanımlamalarının var/yok olarak verilmesi tavsiye edilir.

Patojen bakterinin aranmasına karar verilen bölgede varlığının sürekliliği o bölgenin risk oluşturduğuna yönelik delil teşkil edecektir. Aralıklarla devam eden bir patojen bakteri varlığı söz konusu ise dikkatle izlenmesi gerektiği, patojen bakterilere hiç rastlanılmıyorsa indikatör bakterilerle izlemenin yeterli olacağı anlaşılabilir. Ülkemizde yapılan çalışmalarla elde edilen patojen bakteri verileri Bölüm 2'de (Amaç) bahsedildiği gibi AB Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (2008/56/EC) ve uluslararası bölgesel sözleşmelerle ilişkilendirilmiştir.

Ülkede ihtiyaç temelinin gelişmesi doğrultusunda mikrobiyolojik izleme standardına yönelik kılavuzun virüsler başta olmak üzere diğer mikroorganizmaları da dâhil ederek gelecekte geliştirilebileceği ve güncellenebileceği öngörülmektedir.

5.3 Antibiyotiklere Dirençli Bakteriler

OECD 2015 verilerine göre Türkiye antibiyotik kullanımı en yüksek ülkeler arasında birinci sırada yer almaktadır. Antibiyotiklere dirençli bakteriler kanalizasyon sistemi ile denizlere ulaşabilmekte ve doğal ortamda bu dirençliliği alıcı bakterilere aktararak dirençli bakterilerin yayılımını arttırmaktadır. Ayrıca bir bölgede antibiyotiklere dirençli bakteri frekansı o bölgenin insan kaynaklı kirlilik girdilerinin de göstergesi olmaktadır. Bu nedenle bu dokümanda Türkiye'nin bu konuda öncülük yapacak şekilde İÇD belirleyici faktörler arasına çoklu antibiyotik dirençliliği (MAR: Multiple Antibiotic Resistance) testlerini dâhil etmesi sağlıklı ve doğru bir öncü yaklaşım olacaktır.

Bu dokümanda antibiyotiklere dirençli bakteri analizleri tanımlanan metotlarla tespit edilen indikatör ve patojen bakterilere (varsa) uygulanan ayrı bir işlem olarak önerilmektedir. Disk difüzyon yöntemi (Şekil 10) ile tespit edilen indikatör bakterilere/patojen bakterilere antibiyotik testleri uygulanır. Ülkemizde enfeksiyon hastalıklarının tedavisinde yaygın olarak kullanılan beta laktam türevi antibiyotiklere gösterilen direnç değişimlerini tespit etmek coğrafik alanlara göre rastlanma frekanslarını belirlemek doğal su alanlarında İÇD verisi sağlamanın dışında bölgesel dirençlik envanterinin oluşmasına imkan tanıyacaktır

Şekil 11 Disk Difüzyon Yöntemi

6 VERİ KALİTESİ

Çalışma setinin üç paralel olarak kurulması sonuçların karşılaştırılması, negatif/pozitif kontrol setlerinin kurulması kullanılan cihazların yıllık kalibrasyonlarının yapılmış olması veri kalitesinin korunması için önemlidir.

7 RAPORLAMA VE DEĞERLENDİRME

Membran Filtrasyon Yöntemi için indikatör bakteri değerleri KOB (Koloni Oluşturan Birim)/100 ml

EMS yöntemi için EMS tablolarındaki değerlerden yararlanılarak EMS / 100 ml

Salmonella için var-yok / 250 ml olarak yazılır.

Ulusal güncel yönetmeliklere göre değerlendirme yapılır.

Ülkemizde deniz suyu su kalitesi göstergesi parametrelerinin değerlendirilmesinde Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (Resmî Gazete, Sayı:29327, 2015) ve Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği (76/160/AB) (Resmi Gazete, Sayı: 26048, 2006) kullanılmaktadır. Adı geçen Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği'nde yüzme ve rekreasyon amacıyla kullanılan sular, yüzme ve rekreasyon amacıyla kullanılan suların sağlaması gereken "kalite kriterleri" tablosunda verilen kriterleri sağlamalıdır (Tablo 4).

Tablo 4 Yüzme ve rekreasyon amacıyla kullanılan suların sağlaması gereken kalite kriterleri tablosu

	Parametreler	**Kılavuz**	**Zorunlu**	**Minimum Örnek Alma Sıklığı**	**Analiz ve İnceleme Metodu**
1	Toplam Koliform/100ml	1000	10000	İki haftada bir	Membran Filtre
2	Fekal koliform/100ml	200	2000	İki haftada bir	Membran filtre
3	Fekal streptokok/100ml	100	1000	İki haftada bir	Membran filtre
4	*Salmonella*/ 1 litre	-	0		Membran filtre
5	Enterovirüs PFU/10 litre	-	0		Membran Filtre (virüse yönelik

(Resmi Gazete, Sayı: 26048, 2006)

Fekal koliformlar için koloni oluşturan birimin 100 ml'de kılavuz değeri 100 koloni, zorunlu değeri ise 2000 kolonidir. Fekal streptokok için kılavuz değer 100ml'de 100 koloni, toplam koliform için ise 500 kolonidir. Alınan örneklerin % 95'inde test sonuçları yönetmelikte belirtilen zorunlu değerleri sağlaması gerekmektedir. Yönetmeliğe göre, yüzme ve rekreasyon amaçlı kullanılan suların kalite kriterinin sağlanmasında; Ek-1'deki Tablo'da verilen parametreler için zorunlu değerler tanımlanmış olup olmadığına bakılmaksızın kılavuz değerlere uyum sağlamak için idare gerekli tedbirleri alır (Resmi Gazete, Sayı: 26048, 2006).

İndikatör parametrelerden *E.coli* ve bağırsak enterokok sonuçları Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (Resmî Gazete, Sayı:29327, 2015). "Rekreasyon Maksadıyla Kullanılan Kıyı ve Geçiş Sularının Sağlaması Gereken Standart Değerler" tablosuna (Tablo 5) göre değerlendirilmektedir. İndikatör hesaplamalarında sonuçlar 12 örnekleme üzerinden normal olasılık fonksiyonunun log10 yüzdelik değerlendirmesine dayanarak, %95 ve %90 yüzdelik değer hesaplamasına göre verilmektedir. Ancak, 12 örneklemenin tamamlanmadığı durumlarda, sonuçlar geometrik ortalama olarak da hesaplanabilmektedir.

Tablo 5 Rekreasyon Maksadıyla Kullanılan Kıyı ve Geçiş Sularının Sağlaması Gereken Standart Değerler

Parametre	Standart
Renk	Renkte sıra dışı bir değişiklik olmamalıdır
Bulanıklık Berraklık Işık geçirgenliği	Seki derinliği: 1 m - %90 (kılavuz) 2 m - %95 (zorunlu)
pH	6–9
Karbon kalıntıları ve yüzen maddeler	Bulunmayacaktır.
Yüzer madde (yağ ve gres dahil)	Ahşap, plastik vb. parçalar gibi yüzen maddeler, gözle görülebilir yağ tabakası veya köpük olmamalıdır.
Çözünmüş oksijen	%80-120 doygunluk (%90)
Intestinal entrokok* (koloni/100 mL)	100 (%95) (kılavuz)
	200 (%95) (zorunlu)
	185 (%90) (yeterli)
*Escherichia coli** (koloni/100 mL)	250 (%95) (kılavuz)
	500 (%95) (zorunlu)
	500 (%90) (yeterli)

(Resmî Gazete, Sayı:29327, 2015).

Mikrobiyolojik değerlendirme

Yüzme sularında elde edilen yukarıda analiz yöntemleri açıklanan indikatör bakterilerin sayısal olarak verilmesi gerekmektedir. Bakteri sayımı verilerinin (indikatör bakteriler: fekal koliform, toplam koliform, *E. Coli, bağırsak Enterokok/Fekal Streptokok)* normal olasılık fonksiyonunun $\log_{10}$ yüzdelik değerlendirmesine dayanarak, yüzdelik değer aşağıdaki gibi elde edilir.

(i) Veri dizisi içinde değerlendirilecek bütün bakteriyel sayımların $\log_{10}$ değerleri alınır. (Sıfır değeri elde edilirse, bunun yerine kullanılan analitik yöntemin minimum ölçüm limitinin $\log_{10}$ değeri alınır.)

(ii) $\log_{10}$ değerlerinin aritmetik ortalaması hesaplanır (μ).

(iii) $\log_{10}$ değerlerinin standart sapması hesaplanır (σ).

Veri olasılık fonksiyonunun yüzde 90 üstü aşağıdaki denklem ile elde edilir:

Yüzde 90 üstü = antilog ($\mu + 1.282\ \sigma$).

Veri olasılık fonksiyonunun yüzde 95 üstü aşağıdaki denklem ile elde edilir:

Yüzde 95 üstü = antilog ($\mu + 1{,}65\ \sigma$).

KAYNAKLAR

Akkan T. Kaya A. Dinçer S. 2011. Hastane Atık Sularıyla Kontamine Edilen Deniz Suyundan İzole Edilen Gram Negatif Bakterilerin Sefalosporin Grubu Antibiyotiklere Karşı Direnç Düzeyleri. Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi, 41(1):18-21. Doi:10.5222/TMCD.2011.018

Altuğ G. Çardak M. Çiftçi Türetken P. S. Gürün S. 2013a. First records and micro-geographical 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. Doi: 10.3906/biy-1112-21

Altuğ G. Çardak M. Gürün S. Çiftçi Türetken P. S. Kalkan S. 2012. Occurence of pathogenic bacteria in some ships' ballast water incoming from various marine regions to the Sea of Marmara, Turkey. Marine Environmental Research, 81, 35.

Altuğ G., 2012. "The Occurrence of Salmonella in Various Marine Environments,Turkey", in: Salmonella A Dangerous Foodborne Pathogen, Barakat S. M. Mahmoud, Eds., InTech, Rijeka, pp.73-90-,

Altuğ G., Bayrak Y. 2002. "Determination of the Levels of Indicator Bacteria and Salmonella spp. In Chamelea gallina, L. and Seawater on the Coastline of Sile, Turkey", Journal of the Marine Biology United Kingdom Association (JMBA), vol.82, pp.673-674,

Altuğ G., Çardak M., Çiftçi P.S. 2008 "The Levels of Indicator Bacteria and Antibiotic Resistance Strains of the Western Black Sea Region, Turkey", Climate change in the Black Sea - hypothesis, observations, trends, scenarios and mitigation strategy for the ecosystem, BS-HOT, BULGARISTAN, 6-9 Eylül 2008, pp.43

Altuğ G., Çardak M., Çiftçi P.S. 2007b. "Kültür Balıkçılığı ve Turistik Faaliyetlerin Besin Tuzları ve Bakteriyolojik Kirlilik Dağılımına Etkisi", Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, cilt.24, ss.39-55.

Altuğ G., Çardak M., Çiftçi P.S. 2008. "Indicator and other Bacteria in Striped Venus (Chamelea gallina, L.) and Wedge Clam (Donax trunculus) from the Northern Coast of the Sea of Marmara, Turkey", Journal of Shellfish Research, vol.27, pp.783-788.

Altuğ G., Çardak M., Çiftçi P.S., Gürün S., A S., Saad A., İbrahim A., Fakhri M. 2010a. "Distribution and Antibiotic Resistance of Heterotrophic and Indicator Bacteria in the Coastal Areas of Turkey, Syria, and Lebanon", 39th CIESM (Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la mer Mediterranee) Congress, ITALYA, p 333.

Altuğ G., Çardak M., Çiftçi P.S., Gürün S., Kalkan S. 2013c. "Güllük Körfezi'nden İzole Edilen Bakterilerin Antibiyotiklere Dirençlilik Frekansları", TÜBİTAK Güllük Körfezi Bakteriyolojisi çalıştayı Ed. G. Altuğ, MUĞLA, ss.7-9.

Altuğ G., Çardak M., Çiftçi Türetken P.S., Gürün S., Kalkan S. 2013d. Marmara Denizinin Mevcut Kirlilik Kaynakları ve Yansımaları. Derdimiz, Değerimiz, Denizimiz: Marmara Sempozyumu Bildiriler Kitabı, T.C. Marmara Belediyeler Birliği Yayını, Yayın no 79 İSTANBUL, 2013

Altuğ G., Çiftçi Türetken P. S Gürün S., Kalkan S. 2016a. Türkiye Denizlerinden İzole Edilen Bakterilerin Çeşitliliği. Türkiye Denizleri Bakterilerinin Biyoteknolojik Kullanımı Çalıştayı, 41-52, Ed. G. Altuğ, 20 Ekim 2016, İstanbul

Altuğ G., Güler N. 2002. "Determination Of The Levels Of Indicator Bacteria, Salmonella Spp. And Heavy Metals In Sea Snails (Rapana Venosa) From The Northern Marmara Sea, Turkey", Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, vol.2, pp.141-144, 2002

Altuğ G., Gürün S., Kalkan S., Çiftçi Türetken P.S. 2016b. Marmara Denizinde Bakteriyolojik Kirlilik, II. Marmara Denizi Sempozyumu Bildiriler Kitabı Marmara Belediyeler Birliği Kültür Yayınları Yayın No 95. s 62-67

Altuğ G., Icoz Onac I. 2005 "Antibiotic Resistant Strains and Bacterial Metabolic Activity in the Western Black Sea, Turkey", 1st Biannual Scientific Conference Black Sea Ecosystem 2005 and Beyond. İstanbul, 9-9 Mayıs 2005, pp.32-32

Altuğ G., Saraç A., Ergüner B., Yücetürk B., Yüksel B., Sağıroğlu M.S., ve ark. 2016c. "Karadeniz'in Oksik, Suboksik ve Anoksik Zonlarının Metagenomik Örneklerinin Mikrobiyal Çeşitliliği Sinop, Türkiye." Türkiye Deniz Bilimleri Kongresi, Ankara, Türkiye, 31 Mayıs - 3 Haziran 2016, ss.98-99.

Altuğ, G., Aktan, Y., Oral, M., Topaloglu, B., Dede, A., Keskin, C., Isinibilir, M., Cardak, M., Ciftci, P.S. 2007a. Evaluation of Biological Diversity related to Physical, Chemical and Biological Data of the Northern Aegean Sea and Southern Marmara Sea. The Scientific and Technical Research Council of Turkey 105Y039 Technique Report.

Altuğ, G., Aktan-Turan Y., Oral, M., Topaloğlu, B., Dede, A., Keskin, Ç., İşinibilir-Okyar, M., Çardak, M., Çiftçi P. S. 2011. Biodiversity of the northern Aegean Sea and southern part of the Sea of Marmara, Turkey. Marine Biodiversity Records, 4, 1-17.

Altuğ, G., Balkıs N., Çardak, M., Türetken, Çiftçi, P.S., Gürün S., Kalkan,S. 2013b. Güllük Körfezi Ekosisteminin Bakteriyolojik Analizlerle Araştırılması TUBİTAK Projesi Sonuç Raporu, 2011-2013,TÜBİTAK (1001) ÇAYDAG 110Y243

Altuğ, G., Gürün, S., Çiftçi, P.S., Hulyar, O. 2010. Marmara Denizi, İstanbul İli Kıyısal Alanında Patojen Bakteriler ve Bakteriyolojik Kirlilik. Marmara Denizi 2010 Sempozyum Bildiriler Kitabı, Öztürk, B. Ed, TÜDAV Yayın No: 32, 422-429.

Arístegui J, Gasol GM, Duarte CM, Herndl GJ. 2009. Microbial oceanography of the dark ocean's pelagic realm. Limnol. Oceanogr. 54: 1501–29.

Arnosti C, Durkin S, Jeffrey WH. (2005). Patterns of extracellular enzyme activities among pelagic marine microbial communities: implications for cycling of dissolved organic carbon. Aquat. Microb. Ecol. 38:135–45.

Azam F, Fenchel T, Field JG, et al. 1983. The ecological role of watercolumn microbes in the sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. 10:257–63.

Azam F, Malfatti F. 2007. Microbial structuring of marine ecosystems. Nature Rev. Microbiol. 5:782–91.

Azzaro M, La Ferla R, Maimone G, et al. 2012. Prokaryotic Dynamics and heterotrophic metabolism in a deep convection site of Eastern Mediterranean Sea (the Southern Adriatic Pit). Continental Shelf. Res. 44:106–18.

Baltar F, Arístegui J, Gasol JM, et al. 2009b. Evidence of prokaryotic metabolism on suspended organic matter in the dark waters of the subtropical North Atlantic. Limnol. Oceanogr. 54:182–93.

Baltar F, Arístegui J, Gasol JM, et al. 2010. High dissolved extracellular enzymatic activity in the deep central Atlantic Ocean. Aquat. Microb. Ecol. 58:287–302.

Baltar F, Arístegui J, Sintes E, et al. 2009a. Prokaryotic extracellular enzyme activity in relation to biomass production and respiration in the meso- and bathypelagic waters of the (sub)tropical Atlantic. Environ. Microbiol. 11:1998–2014.

Bates NR, Mathis JT. 2009. The Arctic Ocean marine carbon cycle: evaluation of air-sea CO_2 exchanges, ocean acidification impacts and potential feedbacks. Biogeosciences 6:2433–59.

Burns RG, DeForest JL, Marxsen J, et al. 2013. Soil enzymes in a changing environment: current knowledge and future directions. Soil. Biol. Biochem. 58:216–34.

Cardak, M., Altuğ, G., Ciftçi Turetken, P.S. 2015. Variations of Culturable and Metabolically Active Bacteria in a Stratified Water Column: The Example of Istanbul and Canakkale Straits, Turkey. International Journal of Environmental Research. 9 (4): 1333-1340.

Carlson CA, Del Giorgio PA, Herndl GJ. 2007. Microbes and the dissipation of energy and respiration: from cells to ecosystems. Oceanography 20:89–100.

Caruso G. 2010. Leucine aminopeptidase, beta-glucosidase and alkaline phosphatase activity rates and their significance in nutrient cycles in some coastal Mediterranean sites. Mar. Drugs. 8:916–40.

Cole JJ, Prairie YT, Caraco NF, et al. 2007. Plumbing the global carbon cycle: integrating inland waters into the terrestrial carbon budget. Ecosystems 10:172–85.

Cotner JB, Biddanda BA. 2002. Small players, large role: microbial influence on biogeochemical processes in pelagic aquatic ecosystems. Ecosystems 5:105–12.

Cunha A, Almeida A, Coelho FJRC, et al. 2010. Bacterial extracellular enzymatic activity in globally changing aquatic ecosystems. In: Me´ndez-Vilas A, ed. Current research, technology and education topics in applied microbiology and microbial biotechnology. Bajadoz: Formatex Research Center, 124–35.

Çardak M., Altuğ G. 2010. "Distribution of Members of the Family Enterobacteriaceae In The Istanbul Strait ", J. Black Sea/Mediterranean Environment, vol.16, pp.295-310 , 2010

Çardak M., Altuğ G. 2014."Species Distribution and Heavy Metal Resistance of Enterobacteriaceae Members Isolated From Istanbul Strait", Fresenius Environmental Bulletin, vol.23, pp.2620-2626,

Çardak M., Altuğ G., May M., Erol Ö. 2016. "Investigation of The Distribution of Antibiotic Resistance And The Presence of Vancomycin-Resistance Genes (vanA and vanB) in Enterobacteriaceae Isolated From The Sea of Marmara, Canakkale Strait And Istanbul Strait, Turkey", OCEANOLOGICAL AND HYDROBIOLOGICAL STUDIES, vol.1, pp.1-5

Çiftçi P.S., Çardak M., Altuğ G. 2011. "The Levels of Indicator Bacteria Transported to the Black Sea by the Sakarya River (Karasu Region)", J. Black Sea/Mediterranean Environment., vol.17, pp.15-66.

Çiftçi Türetken P.S., Altuğ G. 2016. Bacterial pollution, activity and heterotrophic diversity of the northern part of the Aegean Sea, Turkey, Environmental Monitoring and Assessment, vol.188, pp.1-12.

Del Giorgio PA, Williams PJ Le B, (eds). 2005. Respiration in aquatic ecosystems. New York: Oxford University Press.

Duarte CM, Prairie YT. 2005. Prevalence of heterotrophy and atmospheric CO_2 emissions from aquatic ecosystems. Ecosystems 8:862–70.

Fonda Umani S, Malisana E, Focaracci F, et al. 2010. Disentangling the impact of viruses and nanoflagellates on prokaryotes in bathypelagic waters of the Mediterranean Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. 418:73–85.

Gasol JM, Pinhassi J, Alonso-Saez L, et al. 2008. Towards a better understanding of microbial carbon flux in the sea. Aquat. Microb. Ecol. 53:21–38.

Hoppe HG, Arnosti C, Herndl G. 2002. Ecological significance of bacterial enzymes in the marine environment. In: Burns RG, Dick RP, eds. Enzymes in the environment: activity, ecology and applications. New York: Marcel Dekker, 73–107.

Kacar, A. 2011a. Analysis of spatial and temporal variation in the levels of microbial fecal indicators in the major rivers flowing into the Aegean Sea, Turkey. Ecological Indicators, 11: 1360–1365.

Kacar, A. 2011b. Some microbial characteristics of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) in coastal city area. Environmental Science and Pollution Research, 18:1384–1389.

Kacar, A., Gungor, F. 2010. Comparison of fecal coliform bacteria before and after wastewater treatment plant in the Izmir Bay (Eastern Aegean Sea). Environmental Monitoring and Assessment, 162:355–363.

Kacar, A., Kocyigit, A. 2013. Characterization of Heavy Metal and Antibiotic Resistant Bacteria Isolated from Aliaga Ship Dismantling Zone, Eastern Aegean Sea, Turkey. International Journal of Environmental Research, 7(4): 895-902.

Kalkan S., Altuğ G., 2015. "Bio-indicator bacteria & environmental variables of the coastal zones: The example of the Güllük Bay, Aegean Sea, Turkey", MARINE POLLUTION BULLETIN, vol.95, pp.380-384,

La Ferla R, Azzaro M, Caruso G, et al. 2010. Prokaryotic abundance and heterotrophic metabolism in the deep Mediterranean Sea. Adv. Oceanogr. Limnol. 1:143–66.

Le Que´re´ C, Harrison SP, Prentice C, et al. 2005. Ecosystem Dynamics based on plankton functional types for global ocean biogeochemistry models. Glob. Change Biol. 11:2016–40.

Legendre L, Rivkin RB. 2008. Planktonic food webs: microbial hub approach. Mar. Ecol. Prog. Ser. 365:289–309.

Matyar, F. 2012. Antibiotic and Heavy Metal Resistance in Bacteria Isolated from the Eastern Mediterranean Sea Coast. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 89, 551–556.

Matyar, F., Eraslan, B., Akkan, T., Kaya, A., Dinçer, S. 2008. İskenderun Körfezi Balıklarından İzole Edilen Bakterilerde Antibiyotik ve Ağır Metal Dirençliliklerinin Araştırılması, BİBAD (Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi), 2(2),1-5.

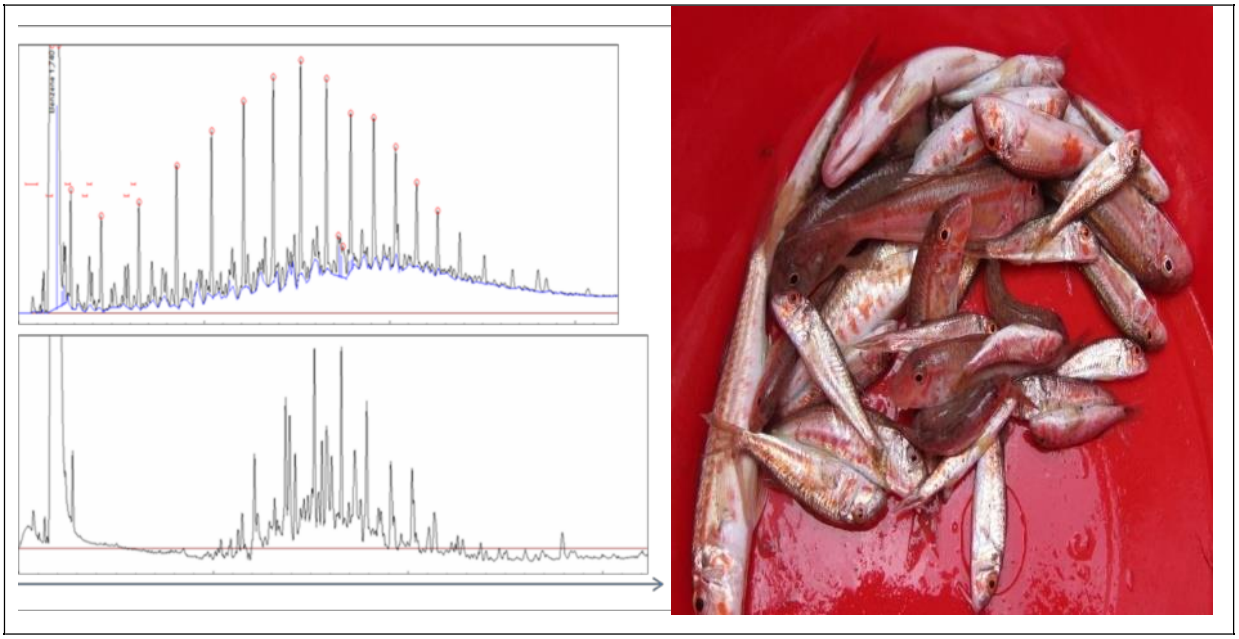
Matyar, F., Kaya, A., Dinçer, S. 2008. Antibacterial agents and heavy metal resistance in Gram-negative bacteria isolated from seawater, shrimp and sediment in Iskenderun Bay, Turkey. Science Of The Total Environment, 407, 279-285.

Onuk, EE., Çaycı, YT, Çoban, AY., Çiftçi, A., Didinen, BI., Altun, S., Ünlü, MS., Deveci, A. 2015. Türkiye'de Su Kaynaklı *Aeromonas spp*. İzolatlarında Saptanan İlk QnrS Gen Pozitifliği, Mikrobiyol. Bul. 49(1), 114-123.

Robinson C, Williams PJleB. 2005. Respiration and its measurements in surface marine waters. In: Del Giorgio PA, Williams PJ le B, eds. Respiration in aquatic systems. New York: Oxford University Press, 147–80.

Smith SV, Hollibaugh JT. 1993. Coastal metabolism and the oceanic organic carbon balance. Rev. Geophysics. 31.1:75–89.

Bölüm 10
Organik Kirleticiler İzleme Kılavuzu



Hazırlayanlar:

Kılavuz Lideri

Prof. Dr. Fatma TELLİ KARAKOÇ	Karadeniz Teknik Üniversitesi

Kılavuz Ekibi

Prof. Dr.Selma ÜNLÜ	İstanbul Üniversitesi
Prof. Dr.Oya OKAY	İstanbul Teknik Üniversitesi
Ar. Gör. Atilla YILMAZ	İstanbul Teknik Üniversitesi
Uzm. Arş. Hakan ATABAY	TÜBİTAK MAM
Prof. Dr. Muhammet Duman	Dokuz Eylül Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr.Koray ÖZHAN	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. İdil PAZI	Dokuz Eylül Üniversitesi
Uzm. Arş. Oltan CANLI	TÜBİTAK MAM
Hacer AKYÜREK	Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı
Nurgül KOYUNCU	Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı
Muhsine MISIRLIOĞLU	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
Dursun ÖZDOĞAN	Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı
Meryem ŞENEL	İSKİ
Özge YILDIRIM	Orman ve Su İşleri Bakanlığı

İÇİNDEKİLER

TABLO DİZİNİ 3
ŞEKİL DİZİNİ 3
KISALTMALAR 4
TANIMLAR 6
1. GİRİŞ 7
1.1. Poliklorlu Bifeniller (PCB'ler) ve Dioksinler/Furanlar 8
1.2. Pestisitler 9
1.3. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH'lar) 10
2. AMAÇ 11
3. Örnekleme Stratejisi (İstasyon seçimi, Derinlik, İzleme Sıklığı) 13
3.1. Sediman Örneklemesi 14
3.2. Biyota Örneklemesi: 22
3.2.1. Biyota Örneklerinin Taşınması, Korunması ve Saklanması 22
3.3. Sediman ve Biyota Örneklemesinde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar 23
4. PAH, PCB ve Pestisitlerin Ektraksiyon ve Clean-up İşlemleri 23
4.1. Sediman 23
4.1.1. PAH Ekstraksiyonu 24
4.1.2. PAH Analizi için Clean-up 25
4.1.3. PCB ve Pestisit Ekstraksiyonu 25
4.2. BİYOTA 26
4.2.1. PAH Ekstraksiyonu 26
PAH Analizi için Clean-up 26
4.2.2. PCB ve Pestisit Ekstraksiyonu 27
4.3.4. PCB ve Pestisitler için Clean-up 28
4.3. PAH, PCB VE PESTİSİTLER İÇİN ANALİZ BASAMAKLARI 28
4.3.1. PAH Analizi 28
4.3.1.1. HPLC - Floresans Dedektör (EPA 8310) 28
Gaz Kromatografisi - Kütle Spektrometrisi (GC-MS) 29
4.3.1.2. Gaz Kromatografisi – Flame Ionization Dedector (GC/FID) (UNEP, 1992)30
4.3.2. Pestisit ve PCB Analizi 31
4.3.2.1. GC-ECD / GC-MS 31
5. KALİTE KONTROL VE KALİTE GÜVENCESİ (QA/QC) (UNEP 2007) 35
6. HESAPLAMALAR 36
7. RAPORLAMA 36
8. DEĞERLENDİRME 37
KAYNAKLAR 39
EKLER 44
EK-1: EPA Poliaromatik Hidrokarbon Listesi 44
EK-2: Organoklorlu Pestisit Listesi 46
EK-3: Kullanılan Malzemelerin ve Çalışma Alanının Temizlenmesi 47

EK-4: Clean-up Yöntemleri 48
EK-5: Clean-up İşleminde PCB ve Pestistlerin Fraksiyonlardaki Dağılımı 52
EK-6: Kuru Ağırlık ve Ekstrakte olabilen Organik Madde Tayini 53
EK-7: Sedimanda pH ve Redoks Potansiyeli Ölçümleri 54
EK 8: Sediman için Numune Alma Tutanağı Örneği 55
EK-9: Türkiye için Belirlenen Öncelikli Kirleticiler Listesi 57
EK-10: Avrupa Birliği Öncelikli Kirleticiler Listesi 58
EK-11: Değerlendirme Amacı ile Kullanılan Yöntemler 60

TABLO DİZİNİ

Tablo 1 AB Direktifleri, Sözleşmeler ve Ulusal düzeyde Kirleticilerin Değerlendirilmesi .. 12
Tablo 2 Organik kirleticilerin diğer İÇD baskı durum/etki İÇD tanımlayıcıları ile ilişkisi .. 13
Tablo 3 HPLC cihazı için başlangıç çalışma şartları örneği 29
Tablo 4 MS dedektör bağlı GC cihazı için başlangıç çalışma şartları örneği. 30
Tablo 5 FID dedektöre bağlı GC cihazı için örnek başlangıç çalışma şartları. 31
Tablo 6: Organik kirlilik çalışmalarında kullanılan metotlar 34

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1 Grab ile örnekleme yöntemi: Alt ve birleştirme (kompozit) örnek hazırlama basamakları 18
Şekil 2 Karot ile örnekleme yöntemi: Alt ve birleştirme (kompozit) örnek hazırlama basamakları 19

KISALTMALAR

AB : Avrupa Birliği
ASTM : American Society for Testing and Materials
ÇKS : Çevre Kalite Standartları
DDE : Diklorodifenildikloroetilen
DDT : Diklorodifeniltrikloroetan
DSÇD : Deniz Su Çerçeve Direktifi
GC-ECD : Gaz Kromatografisi - Elektron Yakalayıcı Dedektör
EPA : Environmental Protection Agency
ERL: : Düşük Etki Aralığı (Effects Range Low)
ERM : Orta Etki Aralığı (Effects Range Median)
EOM : Ekstrakte edilebilen organik madde
GC-FID: : Gaz kromatografisi - Alev İyonizasyon Dedektörü
GC-MS : Gaz Kromatografisi – Kütle Spektrometresi
GEF : Global Environment Facility
GTHB : Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı
HELCOM : Helsinki Commission
HPLC : Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
HR-GC : Yüksek Çözünürlüklü Gaz Kromatografisi
HR-MS : Yüksek Çözünürlüklü Kütle Spektrometresi
IOMC : Uluslarası Kimyasal Yönetim Kuruluşu
İÇU : İyi Çevre Uygulamaları
KOK : Kalıcı Organik Kirleticiler
K_{ow} : Oktanol Su ayrışım katsayısı
LOD : Dedeksiyon limiti. Algılama Sınır Değeri
LOQ : Ölçüm Sınır DeğeriÖlçüm limiti. Ölçüm Sınır Değeri İstatistiksel olarak kabul edilebilen analitlerin en düşük miktarı. Konsantrasyon aralığı boyunca dedeksiyon limit sınırlarında doğruluk ve hassasiyet önemlidir. Sayısal olarak Miktarsal limit blank örneklerinin (n>20) standart sapmasından 6 veya 10 kat fazlasıdır. LOQ: 10*SD (EC, 2007).
MAE : Mikrodalga Destekli Solvent Ekstraksiyonu
MED POL/MAP : Akdeniz Eylem Planı/Deniz Kirliliği Değerlendirme ve Kontrol Bileşenleri-The Marine Pollution Assessment and Control Component of Mediterranean Action Plan
OECD : Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü-Organisation for Economic Co-operation and Development
OSPAR : Kuzeydoğu Atlantik deniz Çevresi koruma Antlaşması-Oslo Paris Antlaşması
PAH : Poliaromatik Hidrokarbonlar

PCB	: Poliklorlu bifeniller
PCDD	: Poliklorlu dibenzo-p-dioksin
PCDE	: Poliklorlu difenil eter
PCDF	: Poliklorlu dibenzofuran
PEL	:Olası Etki Seviyesi (Probabale Effect Level)
PFE	: Basınçlı Sıvı Ektraksiyonu
QA	: Kalite Güvencesi
QC	: Kalite Kontrol
R_t	: Kalış süresi
SI	: Uluslararası Sistem
SÇD	: Su Çerçeve Direktifi
SPE	: Katı Faz Ekstraksiyonu
SOP	: Standart Operasyon Prosedürleri
SYB	: Su Yönetim Birimi
TEL	: Eşik Etki Seviyesi (Threshold Effect Level)
TEF	: Toksisite Eşdeğer Faktörü
TEQ	: Toksisite Eşdeğerliği (Toxicity Equivalance)
TOC	: Toplam Organik Karbon
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
US	: Birleşik Devletler
YSKY	: Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği
YSYS-İDY	: Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelik
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü

TANIMLAR

LOD : Tayin limiti örnekte ölçülebilen fakat kesin olarak miktarı belirlenemeyen en düşük miktardır. İstatistiksel olarak kabul edilebilen ölçülebilir en küçük miktar. LOD, sayısal olarak blank örneklerinin (n>20) standart sapmalarının 3 kat fazlası olarak hesaplanır. LOD: 3*SD (EC, 2007).

LOQ : Ölçüm limiti sonucun belirli bir güvenilirlikle raporlanabildiği en küçük değerdir. İstatistiksel olarak kabul edilebilen analitlerin en düşük miktarı. Konsantrasyon aralığı boyunca dedeksiyon limit sınırlarında doğruluk ve hassasiyet önemlidir. Sayısal olarak Miktarsal limit blank örneklerinin (n>20) standart sapmasından 6 veya 10 kat fazlasıdır. LOQ: 10*SD (EC, 2007).

1. GİRİŞ

2000 yılında Su Çerçeve Direktifi (SÇD) (EC 2000) altında tanımlanan öncelikli kirletici grubu bileşenleri, daha sonra, 2013 yılında revize edilerek, sayısı 45'e yükseltilmiştir. Deniz Strateji Çerçeve Direktifi'nin (DSÇD; 2008/56&EC) Temmuz 2008 yılında yürürlüğe girip uygulanmaya başlamasıyla, insan aktivitelerinden kaynaklanan baskı ve etkilerin anlaşılarak yönetilebilmesi ve sonuç olarak deniz çevresindeki etkilerinin azaltılması hedeflenmiştir. Deniz Strateji Çerçeve Direktifi (DSÇD), İyi Çevre Uygulamaları (İÇU) kapsamındaki çalışmalar 2009 yılında başlamıştır. Bu çalışmalar, kriter, standart ve metodoloji geliştirme üzerine yapılmış olup, Avrupa Birliği üye ülkelerindeki uygulamalar örnek alınmıştır.

Genel olarak DSÇD tanımlayıcıları ekosistem üzerindeki baskıları göstermektedir. Baskı göstergeleri ve ilgili hedefler aynı zamanda ulaşılmak istenilen durumu ve insan kaynaklı baskının seviyesini tanımlamaktadır. Bu tanımlayıcılardan (T) bir kaçı (T5, T10 ve T11) doğrudan insan kaynaklı baskıların ekosisteme etkilerini ve durumunu hedef almaktadır.

DSÇD alt tanımlayıcılarından iki tanesi kirleticiler ile ilgilidir. Tanımlayıcı 8 "Kirleticiler" ve Tanımlayıcı 9 "Deniz Ürünlerindeki Kirleticiler" insan kaynaklı baskı göstergesi olarak tanımlanmıştır. Kirleticiler, *toksik, kalıcı ve biyobirikime uygun kimyasal/kimyasal grupları* olarak tanımlanmaktadır. Bu tanım SÇD (2000/60/EC), OSPAR, HELCOM ve Barselona sözleşmelerinde geçen "zararlı maddeler" ile benzerdir. DSÇD'ye göre, bu maddeler "kirleticilerin konsantrasyonu, kirletici etkilerini artıracak düzeyde olmamalıdır" şeklinde tanımlanmıştır.

Tanımlayıcı 9 (Deniz Ürünlerindeki Kirleticiler) "deniz ürünlerinden elde edilen gıdalardaki kirletici miktarları, ulusal ve uluslararası standartlarda belirlenen sınırların üzerinde olamaz" şeklinde tanımlanmıştır (Cardosa ve diğ., 2010). Kirleticilerin balık ve diğer deniz ürünlerinde, kabul edilen seviyelerin üzerindeki varlığı hem halk sağlığı, hem de deniz ürünleri üzerinden beslenen tüketicileri, ayrıca diğer deniz kaynaklarının da sürdürülebilirliğini olumsuz etkilemektedir. Balık ve diğer deniz ürünlerindeki kirletici miktarları, nehirler ve kıyısal deşarjlar, endüstriyel aktiviteler, evsel atıksular, nükleer kazalar, akuakültür, liman aktiviteleri ve gemi trafiği ile denizel ortama sürekli girmesiyle daha da artmaktadır.

OECD'nin (Organisation for Economic Co-operation and Development) raporlarına göre, 100.000 farklı kimyasal dünya marketlerinde yer almaktadır. Yalnız, Avrupa'da yılda yaklaşık 10.000 farklı kimyasalın 10 ton'dan fazla üretildiği ve satıldığı bilinmektedir. Bu kimyasalların ise %1-3'ünün çevresel açıdan problemli olduğu tahmin edilmektedir (http://worldoceanreview.com/en/wor-1/pollution/ organic-pollutants).

Organik kirleticiler, özellikle kalıcı organik kirleticiler (KOK), ekosistemlere giren en önemli kirleticiler olarak sınıflandırılabilir. KOK'ların yönetimine ilişkin küresel anlamda 1990'lı yıllara kadar yasaklamalar dışında ciddi bir adım atılmamıştır. 1995 yılında UNEP Yönetim Konseyi aldığı kararla, IOMC'den öncelikli olarak "kirli düzine" olarak adlandırılan ilk 12 kalıcı organik kirleticinin değerlendirilmesini talep etmiştir. Bu çalışma neticesinde UNEP, ilk etapta bu 12 kirletici grubu için uluslararası bağlayıcılığı olan bir anlaşma hazırlanmış aralarında Türkiye'nin de olduğu 125 ülke tarafından 23 Mayıs 2001 tarihinde imzalanmıştır.

Stokholm Sözleşmesi, 17 Mayıs 2004 tarihinde yürürlüğe girmiş olup, şu anda 179 ülke ya da bölgesel kuruluş bu sözleşmeye taraf olmuştur. Sözleşme, yürürlüğe girdiği tarihte ekinde yer alan ilk 12 KOK bileşiği ve daha sonra 2009 ve 2010 yıllarında eklenen 10 yeni KOK bileşiğini ortadan kaldırmaya veya bunlara ilişkin salınımları azaltmaya odaklanmıştır. Sözleşme, bazı kimyasalların belirli kullanım alanlarında aşamalı olarak kullanımdan kaldırılması için çaba gösterilmesini garanti altına almaktadır. Stokholm Sözleşmesi kapsamında belirlenen 22 adet KOK, kimyasal özellikleri ve kullanım alanları dikkate alınarak 3 ayrı grup altında toparlanmıştır (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2014). UNEP ve Stokholm Sözleşmesinde ilk etapta belirlenen 12 adet KOK şunlardır; *pestisitler* (aldrin, klordan, DDT, dieldrin, endrin, heptaklor, hekzaklorobenzen, mireks, toksafen), *endüstriyel ürünler* (PCB'ler) ve *istenmeyen yan ürünler*dir (PCDD'ler ve PCDF'ler). Hekzaklorobenzen bileşiği pestisit olarak üretilmesine rağmen aynı zamanda istenmeyen yan ürün olarak da ortamlarda bulunmaktadır. Diğer yandan benzer şekilde PCB'ler endüstriyel ürün olarak kullanılmasına rağmen, çeşitli yanma proseslerinde yan ürün olarak da oluşmaktadır (Bailey, 2001; Lohmann vd., 2000).

Doğal su ekosistemlerine çeşitli yollarla (atıksular, karasal sürüklenmeler vb.) taşınan KOK bileşiklerinin suda çözünürlükleri oldukça düşüktür. Bu nedenle, su kolonunda genellikle partiküllere tutunur ve nihayetinde sedimanda birikirler. Herhangi bir nedenle sedimandan re-süspansiyon ile su kolonuna geri dönebilen KOK'lar, besin zincirine de dahil olarak doğal su ekosistemlerinde tehlike arz etmeye devam edebilirler (Jurado vd., 2007). Bu durum özellikle sığ kıyısal alanlar için büyük önem arz etmektedir.

KOK bileşikleri lipofilik özellikleri nedeniyle organizmaların yağlı dokularında da birikirler. Bu bileşiklerin endokrin sistemini bozucu etkileri de bulunmaktadır. Ayrıca kanserojen olan bu bileşikler, bazı genetik problemlere yol açarlar ve özellikle deniz memelilerinin bağışıklık sistemleri üzerinde etkili olabilirler. KOK'lara maruz kalan birçok balık, kuş ve memeli türlerinde hastalıklar, doğum anormallikleri vb. etkiler tespit edilmiştir (https://www.epa.gov). İnsanların KOK'lara maruziyeti genel olarak beslenme yolu ile olmaktadır. Ancak, atmosferdeki parçacıkların solunması ya da bu kimyasallara doğrudan temas (örneğin deri yolu) ile maruziyet mümkün olabilmektedir. KOK'ların insanlarda da üreme ve gelişme bozukluklarına yol açtığı, nörolojik ve davranışsal problemler yarattığı belirlenmiştir (https://www.epa.gov). Ayrıca, bu kimyasalların, deniz memelilerinde olduğu gibi, insanlarda da endokrin ve bağışıklık sistemleri üzerinde bozucu etkilerinin olduğu saptanmıştır. Özellikle, KOK'ların insanlarda hamilelik sırasında plasenta ve doğum sonrası emzirme yoluyla bebeğe geçtiği tespit edilmiştir (Carpenter, 2006; Ribas-Fito vd., 2001; Peter vd., 2003).

Organik kirleticileri 3 ana başlık altında incelemek mümkündür: Poliklorlu bifeniller, dioksinler/furanlar, pestisitler ve poliaromatik hidrokarbonlardır (EK-1 ve EK-2).

1.1. Poliklorlu Bifeniller (PCB'ler) ve Dioksinler/Furanlar

Dünyada 1929'larda başlayan PCB üretimi, toplam yıllık maksimum miktarına 76.000 ton ile 1970'lerde erişmiştir (Breivik vd., 2002). Zararlarının ortaya çıkmasıyla, bu tarihlerde PCB üretimi pek çok ülkede yasaklanmıştır. Ancak kalıcılıkları nedeniyle günümüzde hala önemli çevresel kirleticiler arasında bulunmaktadırlar. Bifenil yapısının klorlanması ile üretilen PCB'ler, reaksiyon şartlarına göre (ağırlıkça) yüzde 21 ila 68 arasında

klorlanma derecesine sahiptir (Ahlborg vd., 1992) ve PCB lerin 209 adet konjeneri bulunmaktadır. Bu kimyasallar, içerdikleri klor sayesinde, yarı uçucu ve degredasyona dayanıklı yapılarıyla gaz halinde ya da partiküllere bağlı olarak atmosferde çok uzak mesafelere taşınabilirler (Berrojalbiz vd., 2014). PCB'ler karbonsuz kopya kağıdı, yapıştırıcılar, boyalar, flasterler, yangın söndürücüler, çimento vb. içerisine katkı maddesi olarak eklenen, hidrolik ve ısı transfer sıvılarında bulunan, arabalarda kapasitörlerde, vakum pompalarında ve transformatörlerde yaygın olarak kullanılan kimyasallardır. PCB'lerin dünyadaki en yaygın kullanım alanı elektrik sanayisi olmuştur. PCB lerin birincil kaynakları doldurma alanları (landfills), tehlikeli atık alanları, PCB içeren atıkların yakılması, eski elektrikli aletlerden kaynaklanan sızıntılar olarak sıralanabilir (ATSDR, 2000).

Polychlorinated dibenzodioxins (PCDDs) ve polychlorinated dibenzofurans (PCDFs) çeşitli endüstriyel prosesler (örneğin kağıt endüstrisi atıksuları) ve yanma (evsel atıklar, hastane ve tehlikeli atıkların yakılması, orman yangınları) sonucunda ortaya çıkan yan ürünlerdir ve çevrede yaygın olarak bulunurlar.

PCBler, Polychlorinated dibenzodioxins (PCDDs) ve polychlorinated dibenzofurans (PCDFs) kalıcılık özellikleri nedeniyle özellikle besin zincirinin üst basamaklarında olan canlıların dokularında (kutup ayıları, foklar, kuşlar vb.) daha yüksek konsantrasyonlara ulaşabilmektedirler. Dioksin ve furanların 175 adet konjeneri bulunmaktadır.

Toplam olarak 29 bileşik olmak üzere, 7 polychlorinated dibenzo-p-dioxin (PCDD), 10 polychlorinated dibenzofuran (PCDF), ve 12 PCB WHO tarafından dioksin benzeri bileşikler olarak sınıflandırılmışlardır (Van den Berg vd., 2006). Bu bileşiklerin doğada karışımlar halinde bulunmaları nedeniyle toksisiteleri, TEQ (Toksisite Eşdeğerliği) hesaplanarak bulunur. Karışımların TEQ değerlerinin hesaplanmasında 2,3,7,8-TCDD bileşiğine göre verilen Toksisite Eşdeğer Faktörleri kullanılır (TEF) (EK-11).

1.2. Pestisitler

EPA'ya göre pestisit, genel anlamda haşareleri azaltmak, kovmak, zarar vermek üzere tasarlanmış kimyasal ürünler olarak tanımlamaktadır (EPA, 2015). Pestisitler hedef türlere olduğu kadar diğer türlere ve ekosisteme de zararlı kimyasallardır. Kullanımdan hemen sonra havaya, suya, toprağa ve yer altı sularına karışarak kullanıldığı alana ve taşınımla çok daha uzaklara yayılabilirler. Dünya Sağlık Örgütü, 1975 yılındaki toplantısında pestisitleri zararlı madde olarak tanımlamıştır (WHO, 2015). Insana, hedef dışı organizmaya ve çevreye olan zararlı etkileri nedeniyle, pestisit kullanımındaki riskler belirlenerek bu kimyasal ürünlerin kullanımı minimum ve sadece hedef türlerin etkileneceği şekilde formüle edilmeli ve kullanılmalıdır. EK-2'de pestisitlerin CAS numaraları, kimyasal formülleri ve kullanım alanları sunulmuştur. Pestisitler hedef gruba göre insektisit (böcek öldürücü), herbisit (bitki öldürücü), rodentisit (kemirgen öldürücü), fungusit (Mantar öldürücü) ve fumigants (genel öldürücü) olarak gruplandırılabilirler (Gilbert, 2012). Pestisitler de diğer KOK bileşikleri gibi birçoğu kalıcı, yağda çözünebilen, biyoakümüle ve biyomagnifikasyon ile canlılarda birikim özelliği olan kimyasallardır. Pestisitlerin yapısında; 1) "aktif grup" (zararlıları öldüren kısım), 2) "inert grup" (pestisit formülasyonunun stabilitesini ve kullanım kolaylığını sağlayan kısım) 3) her pestisitte olmayan ve inert kısım gibi görev yapan "yardımcı grup" bulunur. Pestisit toksisitesi, vücuda giriş yoluna ve aktif bileşeninin katı/sıvı olma durumuna göre değişiklik göstermektedir (WHO, 2015). Bu kılavuz içerisinde klorlu pestisit analiz yöntemlerine yer verilmiştir (EK-2).

Çok farklı özellikte olan pestisitlerin kirletici olarak en önemli olanları Kalıcı Organik Kirleticiler grubuna dahil olan organoklorlu bileşiklerdir. Pek çoğunun üretimi ve kullanımı yasaklanmış olmasına rağmen, kalıcı özellikleri nedeniyle çevresel komponentlerde özellikle de sedimanlarda ve biyotada yüksek konsantrasyonlarda bulunurlar.

1.3. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH'lar)

Polisiklik aromatik hidrokarbonlar, iki ya da daha çok aromatik halkanın birbirine bağlanması ile oluşmuş yapılardır. Benzen halka sayısı, pozisyonu ve yan grupları, PAH'ların fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemektedir. Bu özellikleri çevresel davranışlarında ve canlılar ile etkileşimlerinde önemli rol oynamaktadır. Genel olarak düşük moleküler ağırlığa (iki ve üç halkalı) ve yüksek uçuculuğa sahip PAH'ların sudaki çözünürlükleri de yüksek molekül ağırlıklı PAH'lara göre daha yüksektir. Yüksek molekül ağırlığına sahip PAH'lar, doğal su ortamlarında daha çok partiküllere tutunmuş halde bulunurlar ve sedimanda birikirler. PAH'ların sedimanlardaki birikim kapasiteleri, sedimanın parçacık boyut dağılımı organik madde içeriği gibi fizikokimyasal özelliklerine bağlıdır. Çözünürlükleri daha yüksek olan PAH'ların deniz sedimanlarindeki yarılanma süreleri birkaç aydan birkaç yıla kadar değişmektedir (Wilcock vd., 1996).

Doğal ortamlarda sayıları yüzleri aşan PAH'ların organizmalar üzerinde toksik ve kanserojenik etkileri olduğu bilinmektedir (Luch, 2005.). Bu nedenle, Su Çerçeve Direktifi 2000/60/EC sayılı "öncelikli kirleticiler listesi"ne dahil edilmişlerdir. Organizmalarda üreme ve gelişme problemlerine, tümör oluşumuna ya da bağışıklık sistemi üzerinde önemli problemlere yol açabilirler. US-EPA tarafından 16 PAH bileşiği öncelikli kirletici olarak belirlenmiştir. Bu ayrımın temelini kirleticilerin çevrede dağılımı ve insan sağlığı üzerindeki potansiyel riskleri oluşturmuştur. US-EPA tarafından önerilen 16 PAH bileşiği EKK-1'de verilmiştir.

Özellikle sekiz adet PAH bileşiğinin kanserojen etkileri olduğu belirlenmiştir. Bunlar: benzo(a)antrasen, krisen, benzo(b)floranten, benzo(k)floranten, benzo(a)piren, dibenzo(a,h)antrasen, indeno(1,2,3-cd)piren ve benzo(g,h,i)perilen (Menzie vd.1992). Bu grup içerisinde ise, benzo(a)piren en yüksek kanserojen özelliğe sahip PAH bileşiği olarak bilinmektedir (EK-1) (Kuo vd., 1998; Wang vd., 2002).

PAH bileşikleri, deniz ortamına genellikle atmosferik ve karasal kaynaklar, gemiler ve liman faaliyetleri ile taşınmaktadır. Özellikle yarı kapalı ve su sirkülasyonunun kısıtlı olduğu ve kirliliğin fazla olduğu liman, koy ve körfezlerde PAH birikimi büyük önem taşımaktadır (Anyakora vd., 2005, Bakker vd., 2000, N'Guessan vd., 2004). PAH'lar sanayi üretimi, ulaşım ve fosil yakıt yakmanın yanı sıra orman yangınları ve volkanik patlamalar gibi tamamlanmamış yanma işlemleri sonucuda açığa çıkmaktadır. Bununla birlikte, doğal süreçler sonucu oluşan biyojenik PAH üretimi de olabilmektedir. Zanden vd. (2007) göre, PAH kaynakları petrojenik, pirolitik ve doğal kökenli olmak üzere üç kategoride sınıflandırılmıştır. Petrojenik PAH'lar, ham petrol ve rafineri ürünlerinde bulunurken, biyojenik PAH bileşikleri biyolojik işlemlerle veya deniz çökelleri (örneğin; perilen) içinde diyajenez erken dönemlerinde açığa çıkmaktadır. Pirolitik PAH'lar organik maddelerin oksijensiz ya da az oksijenli ortamlarda yüksek sıcaklığa (350-1200 ºC) maruz kalması (piroliz) ile oluşmaktadır (Planas vd., 2006). Petrojenik PAH'lar sucul organizmalar tarafından daha kolay alınabilmektedir (Neff, 2003).

PAH'lar hidrofobik karakterleri nedeniyle sucul ortamlarda, çok düşük konsantrasyonlarda (<1 ng/L) bulunurken, sedimanda ve partikül maddede inceleme alanına bağlı olarak değişik konsantrasyonlarda (1 ve >100 ng/g) ölçülebilmektedir (Filipkowska vd., 2005; Kiss vd., 1996; Culotta vd., 2006).

2. AMAÇ

Organik Kirleticiler ile ilgili bir kılavuz doküman hazırlanmasının amacı, ulusal izleme çalışmalarında, uzun dönemde yapılacak faaliyetlerin, izleme çalışmasını yapan kurum ve kuruluşların kendi insiyatifine bırakılmadan, işlemlere uluslararası anlamda bir standardizasyon sağlamaktır.

Organik kirleticiler için ilgili kurumların katılımıyla hazırlanan bu kılavuzun ana hedefleri aşağıda sıralanmaktadır;

1. Ulusal anlamda bir metot birliğine varılması,
2. Örnekleme istasyonlarının seçim kriterlerinin belirlenmesi,
3. Organik kirletici analizi yapılacak matrislerin seçilmesi,
4. Seçilen matrislerin nasıl örnekleneceğinin standardize edilmesi,
5. Elde edilen verilerin güvenilirliğinin sağlanması,
6. Kullanılan metotların uluslararası kabul edilen metotlardan seçilmesi ve laboratuvar koşullarına uyarlanması,
7. Toplanan verilerin "iyi çevresel durumun" tespit edilmesinde kullanılacak şekilde analiz edilmesi ve değerlendirilmesi,
8. Yapılan çalışmaların ulusal hedeflerimizi de içine alacak şekilde planlanmasıdır.

Organik kirleticiler için hazırlanan bu kılavuzda, örnekleme, ekstraksiyon, clean-up (saflaştırma) ve enstrümantal analiz teknikleri için UNEP/FAO/IOC, (1982, 1989, 1991, 2007), HELCOM-COMBINE (2015), OSPAR (1996), EPA (1996, 2015), ve UNEP/GEF (2013) tarafından önerilen yöntemler kullanılmıştır. Kılavuz, birçok üniversite ve araştırma grubundan konu uzmanları ile beraber hazırlanmıştır. Bu nedenle, kılavuzda bu kuruluşlar tarafından önerilen metotlar (ihtiyaç olduğu durumlarda modifiye olmuş şekliyle) verilmektedir. Ayrıca, Kılavuzdaki metotları uygulanacak laboratuvarların çalışma şartlarına ait performans testlerinin yapılması gerekmektedir.

Tablo 1'de AB Direktifleri, Bükreş ve Barselona Sözleşmeleri ile ulusal düzeyde kirleticilerin seviye ve etkilerinin takibi konusundaki yaklaşımlar özetlenmiştir. Buna göre ulusal düzeyde sarf edilen çaba, AB ve Sözleşmeler ile uyumlu olmakla birlikte ülkemizde ilgili gösterge ile belirlenmiş izleme programına ihtiyaç vardır. Etkilerin takibi için IMAP kapsamında yapılan çalışmaların takibi gereklidir. Bu konu özellikle OSPAR ve HELCOM bölgelerinde dikkate alınmaktadır.

Tablo 1 AB Direktifleri, Sözleşmeler ve Ulusal düzeyde Kirleticilerin Değerlendirilmesi

AB - DSÇD (8. ve 9. İÇD Tanımlayıcısı olarak) Tanımlı özellikler / göstergeler	**AB-SÇD**	**AB-ÇKS**	**IMAP UNEP/MAP (2016)**	**BSIMAP-BSC (2017)**	**Ulusal** **(İlgili yönetmelik ve programlar çerçevesinde)**
Kirleticilerin seviyeleri (biyota, sediman ve su), varlığı, kaynağı, akut kirliliğin boyutu ve kirleticilerin etkileri	Öncelikli ve belirli kirletici-lerisuda aylık ve seviye takibi olarak izlenmesi	2000/60/EC 'de verilen öncelikli maddeler (33) ve sonrasında 39/2013/EC ile (45) madde için deniz suyu ve biyota için çevresel kalite standartları değerleri belirlenmiştir.	EO9 kapsamında önemli kirleticilerin derişimleri ve etki seviyeleri, akut kirlilik olaylarının kaynakları (kazalar/illegal boşaltımlar) ve biyotaya etkisi, tüketilen ürünlerdeki seviyelerin halk sağlığı açısından takibi ve enterokok seviyeleri*	Kirleticilerin farklı matrislerdeki seviyelerinin takibi, İllegal ve kaza sonucu oluşan döküntülerin sayı / yer bilgileri ile oluşan kirliliğin boyutları	YSKY, 2016 ile ülkemiz için özel kirleticiler belirlenmiş ,kıyı ve geçiş suları için ÇKS hedefleri yayınlanmıştır. Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelik, 2014. Kıyı ve geçiş sularında izlenmesi gereken parametreler verilmiştir. Bu listede öncelikli maddeler ve diğer tehlikeli maddeler listesi de yer almaktadır. Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği, 2005 Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği, 2011 balık ürünlerinde kirleticilerin max limitleri verilmiştir. Türkiye Denizleri Bütünleşik İzleme Programı (2011-2019) dahilinde ve IMAP, BSIMAP ile ilişkili olarak (sediman ve biyotada seviyeler, yönelimler, insan sağlığı ile ilişkilendirme, ERL ile değerlendirmeler)

*Bkz. Mikrobiyal Kirleticiler Kılavuzu

Tablo 2'de kirleticilerin diğer İÇD baskı ve durum/etki İÇD tanımlayıcıları ile ilişkisi sunulmuştur. Kirleticiler, diğer baskı bileşenleri ile birlikte canlı yaşam ve ekosistem fonksiyonları üzerinde etkilidir. Ayrıca, deniz mikro ve makro çöplerin önemli bir bölümü plastik ve türevlerinden oluşmaktadır ve bunalrın özellikle mikroplastik bileşenleri içinde bulunan bazı kimyasallar öncelikli ve özel organik kirleticiler listelerinde yer almaktadır.

Tablo 2 Organik kirleticilerin diğer İÇD baskı durum/etki İÇD tanımlayıcıları ile ilişkisi

Ekosistem bileşenleri ve fonksiyonları	**"Baskı" Tanımlayıcıları**	T2. Yabancı türler	T5. Ötrofikasyon	T7. Hidrografik değişimler	T8. Kirleticiler	T9. Deniz ürünlerindeki kirleticiler	T10. Deniz çöpü	D11. Gürültü ve enerji
	"Durum" ve "Etki" Tanımlayıcıları							
Su ve sediman kimyasal kalitesi (besin elementleri, ÇO, kimyasallar, radyoakt.)								
Pelajik/haraketli türler (plankton, balık, memeliler, sürüngenler, kuşlar)	D1.Biyoçeşitlilik D3.Ticari balık ve kabuklular D4.Besin ağı							
Deniz tabanı habitat, topluluk ve türleri	D1.Biyoçeşitlilik D3.Ticari balık ve kabuklular D4. Besin ağı D6. Deniz tabanı bütünlüğü							
Ekosistem fonksiyonları (kıyısal savunma, besin maddelerinin döngüleri)								

3. Örnekleme Stratejisi (İstasyon seçimi, Derinlik, İzleme Sıklığı)

Organik kirletici analizleri oldukça zor, masraflı ve uzun işlemler zincirinden oluşmaktadır. Bu nedenle, örnekleme bir plan çerçevesinde, detaylandırılmış ve minimum risk içerecek şekilde organize edilmelidir.

Örnekleme zamanının belirlenmesi izleme çalışmalarının standardizasyonunda çok önemli ve kritiktir. Örnekleme aktiviteleri, planlanacağı zaman örneklerin gerek sediman gerekse biyota için yılın hangi zamanında toplanmış olacağına doğru karar verilmesi

gerekmektedir. Uzun süreli izleme çalışmalarında verilerin zamansal karşılaştırılması için tanımlı zamanlarda örnekleme yapılması gerekir.

Mekansal süreklilik için, örnekleme yapılacak istasyonun belirlenmesi en az zamansal süreklilik kadar önem arz etmektedir. Örneklemenin yapılacağı yıl (yılda bir ya da 2 yılda bir gibi), mevsim (4 mevsim, 2 mevsim gibi), ay (her ay, 2 ayda bir gibi) veya hafta belirlenmelidir. Yıllar içerisinde örnekleme zamanındaki küçük farklılıklar kabul edilebilir aralıklarda ve örnekleme zamanını temsil edecek şekilde olmalıdır.

Örnekleme sırasında verilerin düzenli bir şekilde kaydedilmesi için bir sefer defteri düzenlenmesi gerekmektedir. Kullanılacak sefer defterinde aşağıdaki bilgilerin yer alması önerilmektedir:

a) Tarih ve saat
b) İstasyon adı
c) Örnekleme istasyonunu tanımlayan kod
d) İstasyonun enlem ve boylamı
e) Görünür sınır işareti referansları ile lokasyon tanımlaması
f) Su derinliği/ batimetrik araştırma sonuçları
g) Akıntı tanımlaması
h) Uygun olmayan koşullar (hava, ekipman, gemi trafiği, gibi)
i) Örnekleme alanının fotoğrafları (gerekirse)
j) Örnekleme derinliği
k) Örneklenen matrisler (su, sediman ve biyota)
l) Örnekleme ekipmanları
m) Hava koşulları (yağış, bulutluluk vs.)

3.1. Sediman Örneklemesi

Sedimanda izlenecek maddelerin seçiminde ilgili kirleticinin oktanol-su ayrışım katsayısı (K_{OW}) dikkate alınır. Oktanol-su ayrışım katsayısı, kimyasal maddelerin organik ve inorganik fazda çözünme oranlarını belirten katsayıdır. Pratik bir kural olarak, log K_{OW} >3 olan kimyasal maddeler sedimanda izlenmelidir.

Örnek alınırken, toplanan sedimanın rengi, homojenliği (tabakalaşma olup olmadığı), herhangi bir canlının varlığı (biyokarışımının göstergesi), yüzey yapısı ve koku ya da herhangi bir kirlenmenin olup olmadığı (yağ vs.) bilgileri not edilmelidir.

Örnekler, örnekleme ekipmanından saklanacağı kaba (amber, alüminyum, politetraloroethilen (PTFE), paslanmaz çelik) aktarılırken örnekleme kapları mümkün oldukça boşluk bırakılmayacak şekilde doldurulmalıdır.

Numuneler 4°C ve altında buzdolabında taşınmalıdır ve mümkün olan en kısa sürede laboratuvara aktarılmalıdır. Numuneleri bir aydan fazla muhafaza etmek gerektiğinde derin dondurucu kullanılmalıdır.

Karotların taşınması sırasında karotun bütünlüğünün yol boyunca korunması için dikkat edilmesi gerekmektedir. Eğer karot, yatay konumda taşınırsa sediman/su ara yüzeyi karışabilir. Dikey konumda taşınırsa da, yol boyunca oluşan titreşim sedimanı sıkıştırma

eğiliminde olacaktır. Mümkünse, karotun içerisindeki numune alt örneklere ayrılıp, arazide elekten geçirilmelidir. Ayrıca, donmuş karot numunelerinin donu çözülmeden önce tabakalara bölünürse katmandaki değişimlerden kaçınılabilir.

Alandaki fiziksel ve kimyasal parametreler mümkünse numune alındıktan hemen sonra yerinde tayin edilmelidir. (Örneğin; pH, redoks potansiyeli gibi parametreler örnekleme sırasında belirlenmelidir).

Laboratuvarda, elekten geçirilmiş sedimanlar -20 ºC'de dondurulup, dondurularak kurutma işlemi yapılabilir. Hava ile kurutma işlemi yüksek kontaminasyon riski olduğundan sedimanın muhafazası için uygun bir yöntem değildir. Ayrıca örnekleri parçalamak zor olabilir. Bu da sedimanın mineral yapısına zarar verebilir. Örnekler mümkünse eleme işleminden hemen sonra fırında düşük sıcaklıklarda (<30 ºC) ya da liyofilizatörde (freeze dryer) dondurularak kurutulur. Kurutulan örnek, daha sonra öğütülerek homojenize edilmelidir ve analize kadar etiketli uygun kaplarda karanlık ve nem almayacağı bir ortamda saklanmalıdır. Kurutulmuş fazla örnek cam şişe içinde neme karşı kapalı bir sistem ile korunabilmelidir. Daha sonra serin ve karanlık bir ortamda depolanmalıdır. Bu şekilde, örnek 10-15 yıl arşiv olarak depolanabilir.

PAH bileşikleri ışıkta bozunmaya karşı duyarlı olduğundan, örneklerin saklanma sürecinin yanı sıra ekstraksiyon aşaması ve ekstraktın saklanması da dahil olmak üzere, örnek hazırlamanın tüm adımları sırasında, doğrudan güneş ışığına veya diğer güçlü ışıklara maruziyetten kaçınılmalıdır (Law ve Biscaya, 1994). Saklama sırasında amber renkli cam malzemelerin kullanılması tavsiye edilmektedir.

Alınacak örnek miktarı analizi yapacak laboratuvarlar tarafından önceden belirlenmelidir (EC 1994, USEPA 1998, 2001, IMO, 2005). Alınması gereken örnek hacmi aşağıdakilere bağlıdır:

- Kirleticilerin tahmin edilen miktarına
- Kirleticileri biriktiren sedimandaki ince parçacıkların oranına
- Örneklerde yapılacak analizlere (nutrientler, organik kirleticiler, ko-faktörler gibi)
- Her bir analiz için kaç tane tekrar yapılacağına

Kimyasal testler için genellikle ihtiyaç duyulabilecek örnek miktarları organik kirleticiler için 250-1100, diğerleri (TOK, nem, tane boyutu) için ise 250-350 g ıslak ağırlık olarak belirtilmektedir (EC 1994, USEPA 1998, 2001, IMO 2005, HELCOM 2007).

Yeraltı Suları ve Sedimöentten Numune Alma ve Biyolojik Örnekleme Tebliği'nde (2015) kıyı ve geçiş sularından, ve sedimandan numune alma (TS 9547 ISO 5667-12) ve saklama koşulları verilmektedir.

Örnekleme Ekipmanları:

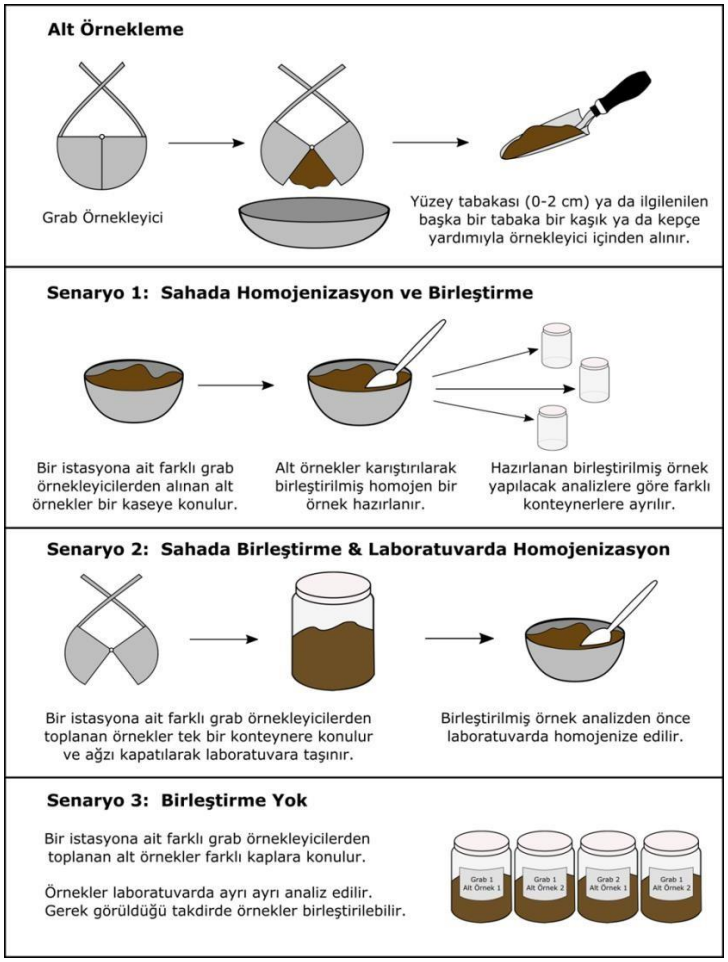
Sediman örnekleyicilerini iki farklı tekniğe göre ayırmak uygun olacaktır: Grab örneklemesi yüzeye yakın ve yüzey örneklerini toplar. Karot örneklemesi ise sediman alt yüzeyini bir kolon halinde toplar ve kirlenmenin tarihsel durumunu ortaya koymak için gereklidir. Grab örnekleyicisi kullanılarak alınan yüzey sediman örnekleri bölgedeki kirliliğin mevcut seviyesini değerlendirebilmek için yapılacak çalışmalarda kullanılabilir. Box Corer ise daha spesifik ve güvenilir bir örnekleyici olmasına rağmen daha pahalıdır.

Bazı koşullarda teflon ya da cam kaplar kullanılarak dalgıçlar ile örneklerin toplanması mümkün olabilir. Sediman örnekleyicisinden örnek alırken numunenin organik kontaminasyonu engellenmelidir.

Grab Örnekleyici:

Grab örnekleyici ile toplanan sedimanın alt örneklemesi laboratuvarda yapılacaksa, toplanan örnek, örnekleyici ile aynı inert malzemeden imal edilmiş bir konteynere dikkatli bir şekilde yerleştirilmelidir. Eğer alt örnekleme sahada yapılacaksa, olası kontaminasyonu en aza indirmek için doğrudan örnekleyicinin içerisinden yapılması uygun görülmektedir. Örnekleyicinin kendi yüzeyiyle doğrudan temas halinde olan sediman örnekleri, örnekleyiciden kaynaklanacak potansiyel kontaminasyonu önlemek amacıyla kullanılmamalıdır (Şekil 1).

Grab örnekleyciler ile deniz tabanı yüzeyinden numuneler alınabilir. Derinliğin çok fazla olmadığı ve hava koşullarının iyi olduğu durumlarda daha kolay örnekleme yapılabilmektedir.

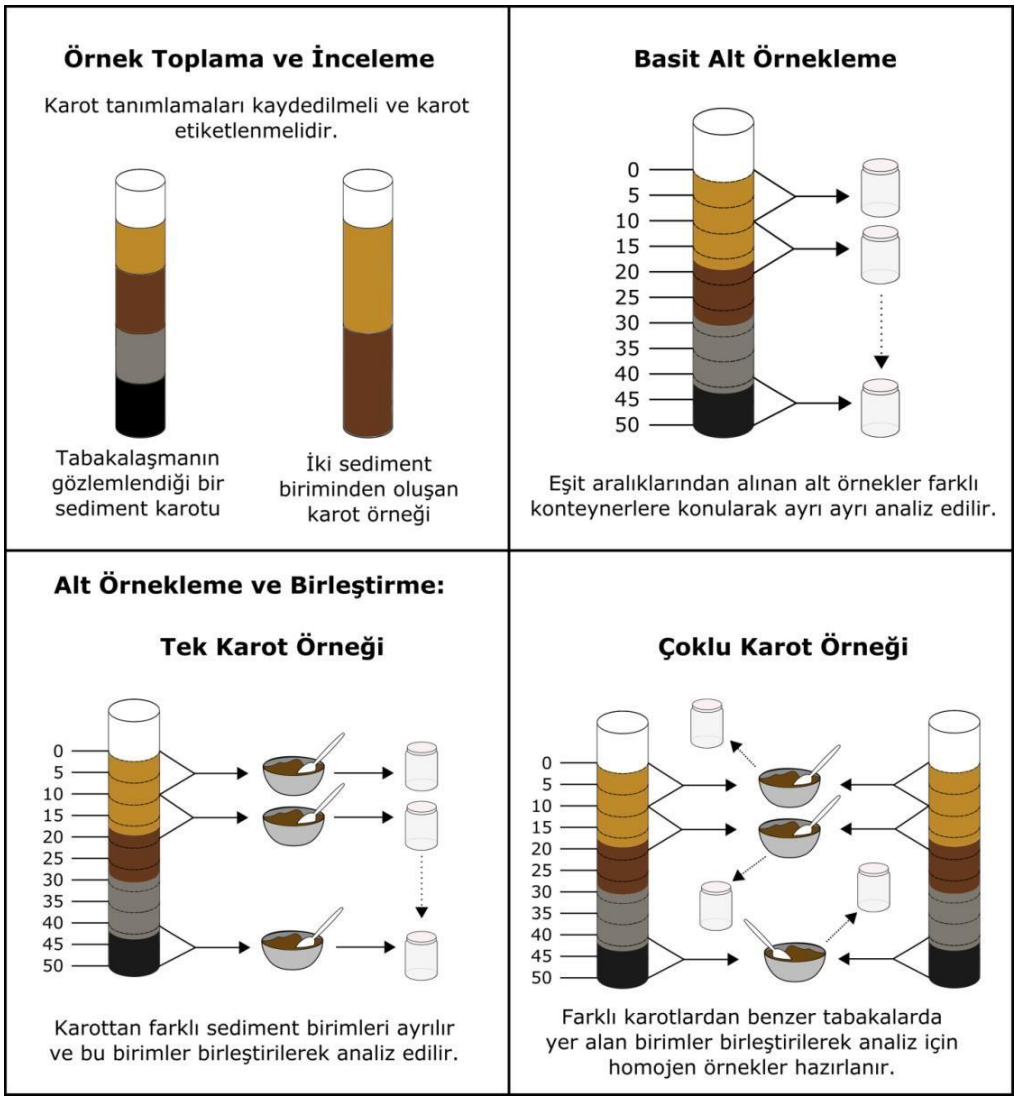


Şekil 1 Grab ile örnekleme yöntemi: Alt ve birleştirme (kompozit) örnek hazırlama basamakları

Karot Örnekleyici:

Toplanan sediman karot örneklerinde (özellikle kirletici analizleri için) alt örnekleme gerektiğinde, örnek karot gömleğinden çıkartılmalı ve en kısa zamanda alt örneklenme işlemi yapılmalıdır. Sistematik alt örnekleme, sediman karottan eşit kalınlıklarda çıkartılarak yapılmaktadır. Her eşit kalınlık belirli bir sediment derinlik aralığını temsil etmektedir. İyileştirme amaçlı tarama ve jeolojik uygulamalarda bir bölgeyi karakterize etmek için daha uzun bölümler (örneğin 25-50 cm) kullanılmaktadır (Şekil 2).

Karot örnekleri genel jeoloji, sedimantoloji ve tektonik süreçlerinin incelenmesine yönelik alınmaktadır. Karot örnekleme yöntemi ile deniz tabanından derine doğru örnekler alınarak incelemeler yapılmaktadır. Yapılan analizlerle örneklemenin yapıldığı alanda hüküm süren jeokimyasal koşullar, sedimanter süreçler vb bilgiler elde edilebilir.



Şekil 2 Karot ile örnekleme yöntemi: Alt ve birleştirme (kompozit) örnek hazırlama basamakları

Kutu Kor Örnekleyici (Box Core)

Kutu Karotıyeri (Box Core), sığ gömülme ile geniş yüzeyli alandan geniş hacimli örnek, alınımını sağlar. Kutu karotların çoğunluğu kısmen sığ sulardaki sedimanter yapıların çalışılması için kullanılır. Yakın zaman içinde derin denizel sedimanter çalışmalar için de kullanılmaya başlanmıştır.

Sediman Örnekleme Sıklığı:

Sedimanın izleme sıklığı yüzey sularına göre daha azdır. Çünkü, sedimantasyon oranı (genellikle 1-10 mm/yıl) az olduğundan dolayı, sedimanda yer alan kirleticinin konsantrasyon değerindeki değişimler, suya göre oldukça durağandır.

Türbülant akışın çok olduğu bölgelerde, sedimanda kirlenme değerlerinde daha fazla değişkenlikler görünür. Direktif 2013/39/EU'ya göre ÇKS'lerin uyarlanabilirliği açısından, teknik bilgi ya da uzman görüşü yoksa, izleme sıklığının minimum yılda bir kez ve trend analizi için de her yıl yılda bir kez olmak üzere üç yıl boyunca olması gerekmektedir.

Genel olarak, denizlerimizde (Karadeniz, Ege Denizi, Marmara Denizi ve Akdeniz) organik kirliliğin izlenmesinde sediman örnekleme sıklığı, sedimentasyon hızına göre tespit edilmelidir. Örnekleme alanında sedimantasyon hızı 1 cm/yıl'dan büyükse yine MED-POL yöntemine göre bu alanlar "sıcak nokta" özelliği taşımakta olup yılda bir kez örnekleme yapılması gerekmektedir. Sedimentasyon hızı 1cm/yıl'dan küçük ise, 5 veya daha fazla yılda bir örnekleme yapmak yeterli olacaktır (UNEP, 2006).

Su kütlesinin hidrolojik rejimi ve sedimentasyon hızı da dikkate alınarak,

- Sediman örnekleri, sedimandaki değişimleri de yansıtabilecek sıklıkta toplanmalıdır. Nehirler, rezervuarlar, nehir mansapları, haliçler ve bazen göller, yıl içerisinde hidrodinamik özellikleri çok fazla değişebilir, izleme sıklığı da o oranda arttırılır.
- Dinamik su kütlelerinde, yılda birkaç kez izleme gerekebilir. Fakat normalizasyon tekniklerinin uygulanması ile sedimanın özelliklerindeki değişimlerin etkisi azaltılabilinir. Örneğin, akış rejimlerinin değişmesi ile meydana gelen sedimanın parçacık boyutundaki değişim ya da dağılım normalizasyon teknikleri ile azaltılır.
- Örneklemenin akış hızının ve su deşarjlarının en az olduğu dönemlerde örnekleme yapılması önerilir. Akış hızının az olduğu yaz ve sonbahar mevsimlerinde örnekleme çalışmaları için uygundur. Ayrıca, kış dönemlerinde biyokarışım oranı az olduğundan, kış dönemleri de örnekleme için tercih edilir. İzleme programlarının zamanlaması her yıl aynı zamanlarda ve örneklemenin, mümkünse, aynı akış rejiminde yapılması önerilir.
- Su birikim hızının arttığı ve sediman miktarının değişim gösterdiği, taşkın, kar erimeleri gibi olayların olduğu bölgelere dikkat edilmelidir. Taşkın sırasında ya da taşkından hemen sonra örnekleme çalışması yapılmamalıdır. Karadeniz gibi sürekli yağış alan bölgelerde örnekleme stratejisi aynı olmalıdır. Mesela yağmurdan birkaç gün sonra su kolonundaki askıda yüklerin çöktüğü dönem seçilebilir. Burada önemli olan hep aynı koşullarda örnekleme yapılmasını sağlayarak taşkınların geçici etkisinin sonuçlara etkisini minimumda tutmaktır.

- Yıl boyunca, sıcak noktalardaki izleme noktalarındaki sedimanın kirlilik konsantrasyonunda çok fazla değişimler gözlemlendiyse ya da bekleniyorsa, izleme sıklığı arttırılmalıdır.
- İzlenen parametrelerin sonuçları, kalite hedeflerinin çok altında olduğu durumlarda izleme sıklıkları azaltılabilir. Aynı durum, sediman kalitesinde önemli düşüş gözlemlenmediği ya da beklenmediği durumlarda da uygulanabilir.

Sediman Örnekleme Yerinin Seçimi

İzleme çalışmalarında izleme yeri seçiminde antropojenik girdiler ile birlikte bölgenin jeolojik yapısı da göz önüne alınmalıdır. Örnekleme noktalarının seçiminde kirletilmiş alanlar (sıcak noktalar) ile kıyısal alanlar seçilmelidir (UNEP, 2006). Sediman tane yapısı önem taşımakta olup ince taneli sedimanların bulunduğu bölgelerden örnek alınmasına dikkat edilmelidir.

Bölgeye özgü zamansal değişim izleme programları, belirli bir süre içinde (örn. 10 yıl) kirletici konsantrasyonunun değişimini (örn. %50) saptayacak şekilde tasarlanmalıdır. Mekansal dağılım izleme programlarında ise, kirletici konsantrasyonlarının yere göre değişkenliğini yansıtacak şekilde, izleme istasyonlarının seçilmesi gerekmektedir. Noktasal kirletici kaynaklarına yakın yerlerde, dağınık kaynaklara göre daha sık izleme noktası belirlenmelidir. Benzer şekilde, düzensiz topografyaya sahip olan yerlerde de, daha üniform olan yerlere göre daha sık izleme istasyonu seçilmelidir (OSPAR JAMP 2002). Kirlilik İzleme Projesi kapsamında belirlenmiş mevcut izleme istasyonlarından belirtilen özelliklere sahip olmayanlarının yeniden gözden geçirilmesi önerilmektedir.

Sediman örneklemesi ve analizi için UNEP/MAP MED-POL yöntemlerinin kullanılması önerilmektedir. Örnekleme en az üç noktada su derinliğini çap kabul eden doğru üzerinde birbirine eşit uzaklıkta yapılmalıdır. Su kütlesindeki sedimanın örnekleme derinliğinin doğru seçilebilmesi için gereken en önemli kriter örnekleme alanındaki birikim hızıdır. Teorik olarak, sediman üzerindeki birikim hızı ne kadar yavaş olursa, sediman üzerinden alınacak tabakanın kalınlığı da o kadar ince olmalıdır. Örnek sedimanın yüzey tabakasının ilk 1 cm kalınlığından alınmalıdır (UNEP, 2006).

Karadeniz'de sedimantasyon hızı bölgelere göre değişkenlik göstermekle birlikte son 10 bin yılda genel olarak Birim-I'de (Kokolit birimi) 140 cm/bin yıl, Birim II (Sapropel biriminde) 40 cm/bin yıl ve Birim III (Lutit birimi) ise 20 cm/bin yıl olarak tespit edilmiştir (Sancar 2010). Marmara Denizi'nin son 12 bin yıldaki çökelme hızları ise bölgelere göre değişkenlik göstermektedir. Marmara Denizi güney iç şelfte sedimentasyon hızı 60 cm/bin yıl, yamaçlarda 10 cm/bin yıl, Marmara Denizi kuzey şelfinde 10 cm/bin yıl ve derin çukurlarda >100 cm/bin yıl olarak hesaplanmıştır (Evans v.d., 1989; Çağatay v.d., 2006). Güney şelfte yüksek sedimentasyon hızına Kocasu, Gönen ve Biga akarsularının taşıdığı sediman yükü neden olurken, derin çukurluklarda yüksek sedimentasyona yamaçlardan deniz altı heyelanlarıyla taşınan sedimanlar neden olmaktadır. Ege ve Akdeniz'de sedimentasyon hızları büyük oranda sedimanter girdi ve depolanma ortam özelliklerine bağlı olarak değişim göstermekte olup kıyı yakını alanlarda 1-30 mm/yıl ile derin basenlerde 6-30 cm/1000 yıl arasında değişmektedir (Rizzo ve diğ, 2009; Lykousis vd., 1995).

Örnekleme planları oluşturulurken örnekleme yerine ait öncelikle aşağıdaki bilgilere mutlaka ulaşılması gerekmektedir. Bunlar;

a. Kirletici dağılımı ve noktasal/noktasal olmayan potansiyel kaynakların varlığı
b. Örnekleme noktalarının bulunduğu alanın çevrelediği karasal alan, dip yapısı, su kolonunun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri
c. Örnekleme noktalarını etkileyebilecek sanayi, taşımacılık, balık çiftlikleri, tarım ve rekreasyonal alan vb. faaliyetlerinin olup olmadığı,
d. Örnekleme noktalarını içeren alanlarda mevsimsel meteorolojik ve hidrolojik etkilerin neler olduğunun bilinmesidir.

Sedimanların kimyasal yapısı sediman tane boyutu dağılımdan büyük ölçüde etkilenmektedir. Geniş parçacık boyutlu ve kum (0.06 - 2.0 mm) ile karışmış sedimanlar sık rastlanan sabit inorganik silikat mineralleridir. Sağlamlaşmamış depo formundaki bu geniş parçacıklar, kısmen düşük özellikli bir kapasite ve çok fazla nötral yüzey elektrik yüküne sahiptirler. Geniş tane boyutuna sahip sedimanlar kirleticilerle genellikle birleşmez ve bu nedenle analizler için önerilmezler. İnce taneli siltler ve killer (<0.06 mm) ise, dengelenmemiş elektriksel yükleri ve hacimlerinin yüzey alanlarına oranı çok fazla ve oldukça geniş özellikli kapasiteye sahiptirler. Bu özelliklerinden dolayı, ince taneli sediment tipleri çok daha fazla kimyasal, fiziksel ve biyolojik aktiviteye sahiptir. Bu nedenle, sediment örneği toplanırken, örnek içindeki silt+kil miktarının %30'dan fazla olması hedeflenmelidir. İnce taneli sedimenter yapılı örnekleme alanlarında yapılacak çalışmalarda, civarda veya sınırında yer alabilecek dip suyuna sürekli girişim yapan nehir yatağı, su bentleri veya diğer engeller tanımlanmalıdır. Eğer mümkünse, örnekleme planı tamamlanmadan önce örnekleme alanın temel bir keşfi ekosander (sonar) gibi ekipmanlar kullanılarak yapılmalıdır.

Ayrıca, Su Yönetim Birimleri'ni (SYB) temsil edecek şekilde istasyon seçilmesine özen gösterilmelidir. Sediment örneklemesinde kontrol örneğinin kor örneklemesiyle yapılması, kirlilikten önceki dönemi temsil etmesi açısından önemlidir. Bu durumda farklı denizlerden alınacak bir kaç tane kor örneği (en az üç) bölgedeki referans organik kirliliğini temsil edecektir. Sedimanda organik kirleticilerin tespiti için ise her SYB'den 1-2 istasyon seçilmesi gerekmektedir.

UNEP/MAP/MED POL ve OSPAR çalışma gruplarının rapor ve kılavuzlarına göre MEDPOL kapsamında sedimanda kirleticilerin zamansal yönelim değişimleri çalışması gözden geçirilerek yayınlanmıştır (UNEP/MAP, 2006). Buna göre, zamansal yönelim çalışması yürütülecek alanlar özellikle çökelme basenlerinde olmalı ve çökelme hızına bağlı olarak belirlenecek sıklıkta örnekleme yapılmalıdır. Eğer çökelme hızı 1 cm/yıl seviyesinde ise yılda bir kez aynı alanda örnekleme yapmak gerekmektedir. Daha yavaş çökelme hızlarında ise daha seyrek örnekleme yapılabilir. Bölge özellikleri hakkında deneyim sahibi uzman görüşlerine göre bu süre arttırılabilir ya da azaltılabilir. Yönelim analizi için yapılacak örneklemelerde, çalışma istasyonunu tanımlayan bir dairesel alan içinde çalışarak, en az 3-5 kez grab ile örnekleme istenmektedir.

3.2. Biyota Örneklemesi:

Organik kirletici analizlerinin yapılacağı biyota örneklemesinin UNEP, AB, OSPAR'da belirlenen ve bölgesel/uluslararası taahütlerde geçerliliği olan türler üzerinden yapılması planlanmıştır. Ayrıca, seçilen türlerin yaygınlığı, zamansal ve mekansal olarak bulunabilir olması da diğer bir kriter olarak seçilmiştir. Buna göre Karadeniz, Marmara

Denizi ve Ege Denizi'nde rahatça bulunabilen midye (*Mytilus galloprovincialis* (L,1819)) ve Akdeniz için Barbun (*Mullus sp.*) balığı uygun tür olarak belirlenmiştir. Barbun balığı Ülkemiz denizlerinde bulunan demersal (dip balığı) bir tür olmasına rağmen, hareketli olması nedeniyle midyeye göre dezavantajlıdır. Bu nedenle, Ülkemiz sularında midye (*Mytilus galloprovincialis*) ve barbun balığı (Mullus sp.) biyotada organik kirletici analizi için öncelikli tür olarak seçilmiştir. Midyenin bulunmadığı sularda Barbun balığının etinde analiz yapılmalıdır. Hem midye hem de Barbun balığı ekosistemdeki kirlilik durumunun belirlenmesi ve ayrıca ticari tür olmaları nedeniyle organik kirletici analizi için uygundur (Pierre vd.,2015).

Biyota Örnekleme Sıklığı ve Alan Seçimi

Midye

Midyeler için organik kirletici konsantrasyonunun en fazla birikim yaptığı zaman yumurta dökümünden hemen önceki zaman olduğu yapılan çalışmalarda gösterilmiştir. Bu nedenle, midyenin yumurta gelişiminin maksimum olduğu yumurta dökümünden hemen öncesi ve yumurtaları tamamen döktüğü periyotlar örnekleme zamanı olarak seçilmelidir. Yumurta olgunluğunun, sıcaklıkla doğrudan ilişkisi olduğu yapılan çalışmalarla belirlenmiştir (Ciocan, 2002; Herceg-Romanića vd., 2014). Sonuç olarak, suyun en soğuk olduğu kış ayları (Kasım-Ocak) ve su sıcaklığının en yüksek olduğu aylardan (Ağustos) hemen öncesi (Mayıs-Haziran-Temmuz) örnekleme için uygundur. Yılda 2 örnekleme midyede organik kirletici analizi için yeterli olacaktır. Bölge özellikleri hakkında deneyim sahibi uzman görüşlerine göre bu süre arttırılabilir ya da azaltılabilir.

Midye örnekleme alanı seçimi için ise her Su Yönetim Birimini (SYB) için referans ve karasal girdilerin (rafineri bölgeleri, endüstriler, nehir ağızları, limanlar gibi) etkilerinin tespit edileceği birer nokta seçilmelidir. Midye örneklemeleri liman içlerinden ve mendireklerden yapılmamalıdır. Liman içleri kronik kirliliğe maruz kaldığı için ve karasal diğer kaynakların etkisinin izlerinin daha az olduğu alanlar olması nedeniyle bölgedeki endüstriyel ve yayılı kaynaklardan gelebilecek kirliliğin tespitine uygun alanlar değildir. Ancak, midye avcılığı yapılan limanlardan ve endüstriyel bir kaynak olması nedeniyle gemi trafiğinin yoğun olduğu limanların bazılarından istasyon seçilmesi, ekosistemdeki organik kirliliğinin anlaşılmasında önemli bir girdi sağlayacaktır.

Balık

Barbun balığı için avcılık sezonunda ve trol alanlarından örnekleme yapılması örnek temini açısından kolaylık sağlayacaktır. Barbun balığının örneklemesinin av mevsiminin açık olduğu dönemde yılda 1 ya da 2 kez (Eylül-Mart) yapılması uygundur (Martínez-Gómez vd., 2012; ICES 2007; Kınacığil vd., 2001). Yılda bir kez örnekleme yapılacak ise, denizlerimiz için avcılık sezonun başında balığın yumurta dökümünün ardından Eylül-Ekim döneminde örnekleme yapılabilir. Bölge özellikleri hakkında deneyim sahibi uzman görüşlerine göre bu süre arttırılabilir ya da azaltılabilir.

NOT: Midye ve Barbun balığı örnekleri farklı denizlerdeki organik kirletici analizleri için kullanılmak üzere toplanacaktır. Ancak, balık örneklemesinin yapıldığı alanlarda midye örneklemesi (bir ya da 2 istasyonda) yapılması durumunda farklı denizlerdeki ölçümlerin birbirleriyle karşılaştırılabilir olması sağlanabilir.

3.2.1. Biyota Örneklerinin Taşınması, Korunması ve Saklanması

Balık

Ticari amaçla yakalanmış balıklarda yapılacak analizler için balığın yakalanmasından en geç 24 saat içerisinde ve buz içinde laboratuvara getirilmelidir. Balık etinin (kas) iyi durumda olması (taze yakalanmış, berelenmemiş vs) gerekmektedir. Aksi halde hasar gören dokular kontamine olabileceği için yanlış sonuçlar verebilmektedir. Gemide yapılacak kesme işleminde organları ve analiz edilecek dokuyu hasarsız çıkarabilecek uzmanların olması ve temiz ortamın sağlanması gerekmektedir. Örneklenen Barbun balıkları 12-18 cm boy aralığında olmalıdır (yaklaşık 1-3 yaşında). Örnekler, eğer laboratuvara getirilecekse belirlenen boy aralığındaki balıklar, alüminyum folyoya sarılarak, buz kutularında ve en kısa zamanda laboratuvara taşınmalıdır.

Ön işlemler gemide veya laboratuvarda yapılacaksa, öncelikle organik kirlilikten arındırılmış temiz bir alanda balıkların pulları kazınarak, lateral çizgiler üzerinden parçalar kesilir. Balığı kesip dokularını ayırmak için cam, kuvartz, çelik ya da titanyum bıçak ve çelik ya da renksiz polietilen pens kullanılmalı, Kullanılan bu ekipman her bir balıkta (aseton/alkol ve distile su ile) temizlenmeli ya da değiştirilmelidir. Balığın kasından örnek almak için önce balığın derisi atılır ve kırmızı kastan örnek alınır. Homojenliği sağlamak için balığın lateral çizgisinin üzerinden dorsal yüzgecin ilk ışınından kuyruğa doğru örnekleme yapılmalıdır. Bu alandan seçilen örnekleme bölgesi bundan sonra yapılacak tüm örneklemelerde aynı şekilde yapılmalıdır. Alt örnekleme yapılacaksa kesilen kaslar birleştirilip karıştırıldıktan sonra örneklerden tekrar çalışılmalıdır. Kuru ağırlık çalışması da bu karıştırılmış örnekten alınarak yapılmalıdır. Homojen hale getirilen örnekler önce sıvı azotta dondurulup, daha sonra cam kavanoz ya da alüminyum folyo içerisinde -20° C'de dondurularak saklanır. Dondurulmuş yağsız kas örnekleri 2 yıla kadar saklanabilir.

İhtiyaç halinde analizlerin tekrarlanabilmesi için ekstra örneğin olması gerekmektedir. Her bir örnekleme istasyonu 3-5 tekrar ile tanımlanmalıdır. Diğer yandan, analiz için kullanılacak örnek miktarı seçilen ekstraksiyon çeşidine göre değişebilmektedir (HELCOM-B12, 2015; Kınacıgil vd., 2001; Martínez-Gómez vd., 2012).

Midye

Midyeler, dip grab, tarak (dredge) ya da elle toplanabilir. Gemi güvertesi ya da kıyıda midyeler seçilerek istenilen boylar ayrılır. Toplanan midyelerin kabuk uzunluğu 4-6 cm arasında olmalıdır. Midyelerin kabukları kazınarak temizlenir ve kabuklar açılır, bisus iplikçikleri çıkartılır. Bu esnada dokuların zedelenmesine müsaade edilmez. Midyelerin dokuları kabuktan temiz bistüri veya paslanmaz çelik bıçak ile sıyrılarak bir huni üzerine konur ve fazla suyun süzülmesi sağlanır. Kompozit örnek hazırlamak için 5-10 midye cam şişeler içerisinde bir araya getirilir. Örnekler bu şekilde -20° C'de 3 ay kadar saklanabilir. Örnekler analiz için gerekli porsiyonlar halinde dondurularak aliminyum folyo ya da temizlenmiş cam kavanoz içinde saklanmalıdır. Örneklerin üzeri ihtiyaç duyulan tüm bilgileri (istasyon bilgileri, biyota türü, doku adı, tarih gibi) içerecek şekilde etiketlenmelidir.

İhtiyaç halinde analizlerin tekrarlanabilmesi için ekstra numunenin olması gerekmektedir. Her bir örnekleme istasyonu 3-5 replikat ile tanımlanmalıdır. Analiz için kullanılacak örnek miktarı seçilen ekstraksiyon çeşidine göre değişmektedir.

Midye örnekleri eğer kirlilik kaynağına yakın yerden toplanmışsa depürasyon işlemine tabi tutulabilir. Depürasyonun amacı midyenin asimile edilemiş yiyecek ve partiküllerden temizlemektir. Depürasyon işlemi kontrollü ortamda ve filtre edilmiş deniz suyu ile yapılmalıdır. 24 saatlik depürasyon genellikle yeterli olmaktadır. Depürasyon sırasında akvaryumdaki tuzluluğun ve sıcaklığın örnekleme alanındaki koşullarla aynı olmasına dikkat edilmelidir.

3.3. Sediment ve Biyota Örneklemesinde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

- Organik kirleticiler için yapılacak örneklemelerde plastik materyaller kullanılmamalıdır. Özellikle yüksek derecede lipofilik bileşikler (4-6 halkalı aromatik hidrokarbonlar, DDT, PCB'ler) plastik materyalin üzerine yapışmakta, ya da örnek plastik malzemeden kontamine olabilmektedir.
- Örnek alındıktan sonra şişenin üzerine istasyon numarası, istasyon adı, tarih, örneklemeyi yapan personelin adı yazılmalı ve sefer defterine gerekli bilgiler işlenmelidir.
- Sediment örneklemesinde alınan sediment kalınlığının (örneğin; yüzey sedimenti 1-3 cm ya da 10-15 cm) not edilmesi gerekmektedir.
- Sahada veya laboratuvarda kompozit örneklerin oluşturulmasındaki aşamalar detaylı olarak not edilmelidir.
- Sediment örneklerinin alındıktan sonra fotoğraflanması veya video kaydı alınması tavsiye edilmektedir.

4. PAH, PCB ve Pestisitlerin Ektraksiyon ve Clean-up İşlemleri

Organik kirleticilerin analizi sırasında laboratuvar şartları ve kullanılacak cam malzemeler ve diğer ekipmanların temizlenmesi ve analize hazırlanmasında yapılması gerekenler EK-3'te ve clean-up yöntemleri (EK-4) ayrıntılı olarak verilmiştir. Ayrıca kılavuzda, sediment pH ve redoks potansiyel ölçümleri (EK-7), sediment numune alma tutanağı (EK-8), Türkiye için belirlenen spesifik kirleticiler listesi (EK-9), AB'nin öncelikli kirleticiler listesi (EK-10) ve değerlendirme yöntemleri (EK-11) ekler halinde sunulmuştur.

4.1. Sediment

4.1.1. PAH Ekstraksiyonu

Sedimanda PAH analizi için kullanılan en yaygın teknik Sokslet ekstraksiyonudur (Kennicutt vd., 1990). Ancak, son zamanlarda, alternatif yöntemlerle hem analiz zamanı hem de kullanılan çözücü hacmi azaltılmıştır. Ultrasonik ekstraksiyon, mikrodalga çözünme, basınçlı sıvı ekstraksiyonu (PLE), süper kritik akışkan madde ekstraksiyonu (SFE) ve katı faz mikroekstraksiyon (SPME) gibi metotlar geliştirilmiştir (Richter vd., 1997; Berset vd. 1999; Hawthorne vd., 2000, Hubert vd., 2000; Richter, 2000, Wennrich vd., 2000; Wong ve Wang, 2001).

Sokslet Ekstraksiyonu (EPA 3540C)

5-10 gram kuru sediment örneği tartılır. Eğer ıslak numune kullanılacaksa, örnek ağırlığı kadar susuz Na_2SO_4 ile karıştırılır. Eğer numunenin PAH bakımından az kirli olduğu

düşünülüyorsa bu miktar 10 gram'a kadar arttırılabilir. Tartılan örnek selüloz kartuşa konarak, Sokslet sistemine yerleştirilir. Sokslet balonuna 250 mL hekzan:diklorometan (1:1) karışımı eklenir ve üzerine 1 mL surrogate standartı (HPLC için örneğin, 6 metil krisen, 9-10 dimetilantrasen; ve GC için örneğin Acenaphthene-d10, Phenanthrene-d10,Chrysene-d12, Napthhalene-d8, Perylene-d12) eklenir ve örnek 8 saat boyunca ekstrakte edilir. Daha sonra döner buharlaştırıcıda 10-15 mL kalana kadar uçurulur. Uçurma sırasında, su banyosu sıcaklığı 30°C 'yi aşmamalıdır. Örneklerin kükürt içerdiği düşünülüyorsa yaklaşık 5 gram, daha önceden aktive edilmiş bakır tozu eklenir (EK-4) ve bir gece bekletilir. Bekletilen örnek daha sonra başka bir kaba aktarılır ve 1 mL'ye kadar azot gazı altında uçurulur. Örnek bu şekilde -20ºC'de 3 ay boyunca bekletilebilir. Konsantre edilen örnekteki istenmeyen maddeler uzaklaştırmak için silika jel kolonunda temizleme işlemine geçilir.

Ultrasonik Ekstraksiyon (EPA 3550)

1-2 gram ıslak veya kuru sediment örneği bir cam kap içerisinde tartılır. Sediment örneği ıslak ise suyu uzaklaştırmak için örnek ağırlığı kadar susuz Na_2SO_4 ile karıştırılır. Bu işlemden sonra örnek akıcı bir toz halinde olmalıdır. Cam kap içerisine 1 mL surrogate standart çözeltisi (9-10 dimethyanthracene) eklenir. Daha sonra örnek üzerine 30-40 mL aseton:hekzan (1:3) karışımı ilave edilir. 15 dakika boyunca 40ºC'de ultrasonik banyoda ekstrakte edilir ve cam kap içerisindeki ekstrakt başka bir kaba aktarılır. Bu işlem toplam 3 kez tekrarlanarak, ekstraktlar birleştirilir. Toplanan ekstraktlar 3500 rpm hızında 15 dakika boyunca santrifüj edilir. Santrifüj edilen örnekler birleştirildikten sonra döner buharlaştırıcıda 1-2 mL kalana kadar uçurulur. Daha sonra istenmeyen maddeleri örnekten uzaklaştırma amacıyla silika jel kolonunda temizleme işlemine (EK-4) geçilir.

Mikrodalga Destekli Solvent Ekstraksiyonu (EPA 3051A):

Sediment örneklerindeki organik kirleticilerin ekstraksiyonu için bir diğer alternatif metot, Mikrodalga fırının kullanılmasıdır. Mikrodalga fırının ana avantajı tek örnek için çözücü karışımı miktarının sadece 40 mL olmasıdır.

10-20 g dondurularak kurutulmuş ve 250 µm'den elenmiş sediment örneği, cam reaktör tüpünün içine konur. Geri kazanım için örneğe İnternal standartlar (Acenaphthene-d10, Phenanthrene-d10, Chrysene-d12, Napthhalene-d8, Perylene-d12) eklenir ve örnekler 40 mL hekzan/dikloromethan (50:50) karışımı ile ekstrakte edilir.

Ekstraksiyon aşağıdaki döngü içinde gerçekleştirilir:

- Mikrodalga gücü: 1200 Watt
- Sıcaklık artışı: 10 dakika içinde 115°C
- 1 saat içinde ortam sıcaklığına soğutma

Yöntemin avantajı, 14 reaktör içeren sistemde, 12 örnek, 1 blank ve 1 referans materyal çalışılabilmekte ve 30 dk ya da 1 saatte, standart sokslet ekstraksiyonundan 10 kat daha az bir çözücü karışımı ile ekstraksiyon yapılabilmesidir. Çözücü karışımı, oda sıcaklığının altına düştüğünde 100 mL'lik bir cam şişe içinde geri kazanılmaktadır. Ekstrakte edilen sediment cam yününden yapılmış bir tıkaç içeren bir cam huni içine dökülür ve sediment 10-20 mL hekzan çözücüsü ile yıkanır. Daha sonra ekstrakt, daha önceden aktive edilmiş bakır (EK-4) ile temizlenir.

4.1.2. PAH Analizi için Clean-up

Temizleme (clean-up) işleminin amacı, örnek ekstraktları içinde bulunabilen ve enstrümental analiz sırasında girişim yapabilenecek lipit, elemental kükürt ve kükürt bileşiklerinin uzaklaştırılmasıdır. Bu amaçla, döner buharlaştırıcıda 10-15 mL'ye kadar konsantre edilen ve kükürt bileşiklerinden temizlenen örneğin hacmi, daha sonra 1mL'ye kadar azot gazı altında uçurulur ve örneğe silika jel/alümina kolon kromatografisi uygulanır (EK-4). Kolondan geçen eluatın hacmi, azot gazı altında 0,5 mL'ye kadar uçurulur. 50 µL N-N-dimetilformamid eklenir ve kuruluğa kadar (yaklaşık 50 µL) tekrar uçurulur. Örnek üzerine 950 µL asetonitril ilave edilerek HPLC'ye analiz için verilir. Eğer, GC/MS-ECD-FID cihazlarından birinde ölçüm yapılacaksa yani solvent değişimi yapılmayacaksa, örnek kurutulmamalı 1 mL'ye kadar konsantre edilerek cihaza enjekte edilmelidir (EPA, 1996).

4.1.3. PCB ve Pestisit Ekstraksiyonu

Sedimanda PCB ve pestisit ektraksiyonu, sedimanda PAH ektraksiyonu ile aynı şeklide yapılmalıdır. 5-10 gram kuru sediment numunesi tartılır. Eğer ıslak numune kullanılacaksa, örnek ağırlığı kadar susuz Na_2SO_4 ile karıştırılır. Eğer numunenin PCB ve pestisit bakımından az kirli olduğu düşünülüyorsa bu miktar 10 gram'a kadar arttırılabilir. Tartılan numune tercihen cam kartuş ya da selüloz kartuşa konarak, sisteme yerleştirilir. Sokslet balonuna 250 mL hekzan:diklorometan (1:1) karışımı eklenir ile 1 mL surrogate standartı (PCB için; PCB 29, PCB 198, e-HCH ve Endosulfan Id4: Pestisit için; decachlorobipenyl, tetrachloro-m-xylen gibi) eklenir ve örnek 8 saat boyunca ekstrakte edilir. Daha sonra döner buharlaştırıcıda 10-15 mL kalana kadar uçurulur. Ekstraktı konsantre edecek döner buharlaştırıcının su banyosu sıcaklığının 30°C'yi aşmamalıdır. Örneklerin içerisinde kükürtün olduğu düşünülüyorsa, bakır tozu ile kükürt giderimi (EK-4) yapılmalıdır. Daha önceden aktive edilmiş/temizlenmiş 2-5 gram bakır tozu (EK-4) santrifüj tüpüne konur üzerine 1-2 mL'ye konsantre edilmiş örnek eklenir. Hızlıca sallanır ve 1 dakika çalkalayıcıda karıştırılır ve fazların ayrılması için bekletilir. Fazlar ayrılınca üstteki temiz ekstrakt eklendiği kadar örnek pipetle temiz bir tüpe alınır. Örnek hacmi 1 mL'ye kadar azot gazı altında konsantre edilir (EPA, 1996).

4.1.4. PCB ve Pestisitler için Clean-up

Sülfür giderimi de yapılan örnek ekstraktı diğer istenmeyen girişim yapabilecek organiklerden (PAH'Lar fenoller gibi) ayırmak için florosil kolon kromatografisi uygulanmalıdır. Bu amaçla, 17 gr Florosil hekzan ile süspanse haline getirilir ve altı cam yünü ya da fritli camla kapalı kolona doldurulur. Kolonun kurumamasına dikkat edilmelidir. Üzerine bir miktar (1-2 gr) Na_2SO_4 ilave edilir. Hazırlanan kolona 1 mL'ye kadar konsantre edilen örnek konur, Örnek, 3 fraksiyon halinde toplanır.

a) Fraksiyon-1 için, 65 mL hekzan ilave edilir. Örnek, kolonun altından yavaş yavaş alınır.

b) Fraksiyon 2 için, 45 mL hekzan: Diklorometan (70%:30%) ilave edilir ve örnek alttan toplanır.

c) Fraksiyon 3 için, kolona 60 mL diklorometan ilave edilir. Örnek, kolonun altından yavaş yavaş alınır.

Tüm fraksiyonlar azot gazı altında konsantre edilerek örnek hacmi 1 mL'ye düşürülür ve cihaza enjekte edilir. Fraksiyonlarda elue edilen pestisitler EK-5'te sunulmuştur (EPA, 1996 3630c). Fraksiyon-1'de PCB'leri ölçmek mümkündür.

4.2. BİYOTA

4.2.1. PAH Ekstraksiyonu

Sokslet Ekstraksiyonu

8-10 gram yaş biyota örneği tartılır Na_2SO_4 ile örneğin suyu tamamen alınıp parçalanıncaya kadar havanda dövülür. Hazırlanan karışım selüloz kartuşa ya da cam kartuşa aktarılır. Üzerine 1 mL surrogate standart (HPLC için örneğin, 6 metil krisen, 9-10 dimetil antrasen; GC için örneğin asenaften-d10, fenantren-d10,krisen-d12, naftalen-d8, perilen-d12) eklenir. Sokslet balonuna 200 mL metanol eklenir ve 8 saat boyunca ekstrakte edilir. Daha sonra balona 20 mL 0,7 M KOH çözeltisi ve 30 mL destile su eklenir. Bu eklemeden sonra örnek 2 saat daha sistemde ekstrakte edilir. Balon içerisindeki örnek bir ayırma hunisine aktarılır ve üzerine 90 mL hekzan ilave edilerek şiddetli şekilde çalkalanır. Çalkalama işleminden sonra fazların ayrılması beklenir ve üstte kalan faz, temiz bir balona aktarılır. Bu işlem 40 mL hekzan ekleyerek iki kez daha tekrarlanır ve hekzan içeren fazlar birleştirilir. Toplanan ekstraktlar döner buharlaştırıcı ile yaklaşık 10 mL kalana kadar uçurulur. Bu aşamadan sonra örnek, azot gazı altına alınır ve 1 mL'ye kadar uçurulur ve istenmeyen maddeleri örnekten uzaklaştırma amacıyla silika jel kolonunda temizleme işlemine geçilir. Ekstraksiyon sonrası, ekstrakt miktarları döner buharlaştırıcıda yaklaşık 15 mL kalacak kadar uçurulur. Uçurma sırasında, su banyosunun sıcaklığı 30°C ye geçmemelidir. Ekstrakt susuz sodium sülfat ile kurulur. Temiz bir tüp içine alınan kuru ekstrakt, temiz ve kuru azot gazı altında 1mL kalana kadar uçurulur. Ekstrak başlangıç noktası olarak 1 mL hacimde ekstrakte olabilen organik madde (EOM) içeriği için gravimetrik olarak analiz edilir (EK-6). Ekstraktın toplam hacmi, eğer EOM ölçümleri, terazinin kalibrasyon değeri dışında ise hekzan ile seyreltme ya da azot gazı altında uçurularak ayarlanır.

Mikrodalga Ekstraksiyonu:

Yaklaşık 3 g freeze dryer'da kurutulmuş biyota örneği tartılıp. 30 ml metanol ile uygun internal standartlar (n-C19d40, n-C32d66, Hexamethylbenzene, Cadalene, Naphthalene-d8) ilave edildikten sonra mikrodalga ekstraksiyon sisteminde (1200 W. 10 dakikada 115°C'ye çıkartılır ve 115°C'de 20 dk bekletilir) ekstrakte edilir. Daha sonra 5 ml 2M KOH ile yine mikrodalga ekstraksiyon sisteminde (1200 W. 5 dakikada 90°C'ye çıkarılır ve 90°C'de 10 dk. bekletilir) ekstraksiyona devam edilir. Ekstrakt 5 ml su ile ayırma hunisine aktarılır ve üzerine 20 ml hekzan ve 2 ml doymuş sodyum klorür (NaCl) ilave edilerek ekstrakte edilir. 15 ml hekzan ile iki defa daha ekstrakt edilir. Tüm estraktlar cam yününden süzülüp sodyum sülfat (susuz Na_2SO_4) ile içerisindeki sudan arıtılır. EOM analizi için örnek bu aşamada alınır (EK-6). Hekzan fazı 1 ml'ye konsatre edilir ve son olarak örnek clean-up ile içerisindeki istenmeyen maddelerden arındırılır.

PAH Analizi için Clean-up

Konsantre edilen örnek silika jel kolondan geçirilerek (EK-4) istenmeyen maddelerden

arındırılır. Son aşamada eklenen hekzan:diklorometan (3:2) ile kolon elue edilir ve eluant toplanır. Toplanan örnek azot altında 0,5 mL'ye kadar uçurulur. 50 µL N-N-dimetilformamid eklenir ve HPLC cihazında ölçüm yapılacaksa kuruluğa kadar uçurulur (yaklaşık 50 µL). Örnek üzerine 950 µL asetonitril ilave edilerek HPLC'ye analiz için verilir. Eğer, GC/MS-ECD-FID cihazlarından birinde ölçüm yapılacaksa yani solvent değişimi yapılmayacaksa, örnek kurutulmamalı 1 mL'ye kadar konsantre edilerek cihaza enjekte edilmelidir.

4.2.2. PCB ve Pestisit Ekstraksiyonu

Sokslet Ekstraksiyonu:

Pestisitler ve PCB'ler gibi yüksek derecede lipofilik bileşiklerin biyolojik matristen ektrakte edilebilmesi için biyolojik materyalin sudan arındırılarak kurutulması gereklidir. Bunun için 8-10 gr doku parçalanarak susuzlaştırıcı kimyasallarla (Sodyum sülfat (Na_2SO_4) gibi) ezilir. Susuzlaştırılan doku timble ya da fritli cam diskler altına sıkıştırılır. Sokslet aparatına konan örnek 1 mL surrogate standartı (2,4,5,6-tetrakloro-m-ksilen, veya dekaklorobifenil) eklenir ve 200 mL çözücü ile (aseton:hekzan (1:1), methanol/diklorometan (1:1) veya hekzan) 8 saat ekstrakte edilir. Aseton:hekzan ile ekstraksiyon pestisit ve PCB analizinde girişimi azaltıp gürültü/sinyal yükselttiği için önerilmektedir (EPA, Metot 8081b; HELCOM, 2015). Biyota örneklerinde lipitleri uzaklaştırmak için saponifikasyon yapılmalıdır. Ekstraksiyon ve saponifikasyondan sonra örnek hacmi 10 mL kalıncaya kadar rotavoporda (su banyosunun sıcaklığı 30°C'den fazla olmamalıdır) daha sonra azot gazı altında 1 mL'ye kadar azaltılarak örnek konsantre edilir.

Ekstrakt evaporatörde 10-15 mL ye konsantre edilir. Biyota örneğinden yağları uzaklaştırmak için, ayırma hunisine alınan ekstrakt üzerine 5 mL konsantre H_2SO_4 ilave edilir ve çalkalanır. Alt faz (H_2SO_4) santrifüj tüpüne alınır. Üst temiz faz ise ayrı temiz bir tüpe aktarılır. Santrifüj edilen üstte kalan solvent fazı, temiz tüpe ilave edilir. Birleştirilen temiz ekstrakt azot gazı altında 1 mL'ye indilir. Dieldrin ve Endrin sülfürik asit ekstraksiyonu aşamasında kaybolmaktadır.

Mikrodalga Ekstraksiyonu:

Yaklaşık 3 g tartılıp 30 ml hekzan/aseton (90:10) ile uygun internal standartlar (PCB29, PCB198, ε-HCH, endosulfan Id4) ilave edildikten sonra mikrodalga ekstraksiyon sisteminde (1200 W. 10 dakikada 115°C ye çıkarılır ve 115°C'de 20 dk. bekletilir) ekstrakte edilir. Ekstraksiyon işleminden sonra ekstrakt rotary evaporatörde 15 ml kalıncaya kadar buharlaştırılır. Sodyum sülfat (susuz Na_2SO_4)ile kurutulup 1 ml'ye kadar azot gazı ile konsantre edilir. Ekstraktan uygun hacimde (100 µl) alınıp EOM (ekstrakte olabilen organik madde) gravimetrik olarak saptanır (EK-6). Eğer lipit içeriği 100-150 mg'dan yüksekse lipitlerin sülfirik asit (yaklaşık 5 ml) ile parçalanması gerekmektedir. Eğer lipit parçalanması için sülfürik asit kullanılacaksa 3. grupta bulunan bileşenler parçalanacağı için ekstraktın 1 ml'si ayrılır ve örneklere ayrı ayrı clean-up basamağı uygulanır.

4.3.4. PCB ve Pestisitler için Clean-up

Biyota örneğinden elde edilen ekstrakt içerisindeki yağ ve diğer istenmeyen bileşiklerin gaz kromatografik ölçüm sırasında girişim yapmamaları için örnek hazırlama aşamasında ekstrakttan temizlenmesi gerekmektedir. Bunun için silika, alümina veya florosil dolgu malzemeleri kullanılarak katı/sıvı kolon kromatografisi yöntemiyle clean-up yapılmalıdır (EK-4). Aşağıda florosil kullanılarak yapılan clean-up yöntemi detayları ile anlatılmaktadır:

17 gr Florosil dolgu maddesi hekzan ile süspanse haline getirilir ve kolonun uç kısmı cam yünü ya da fritli camla kapatılarak kolon doldurulur. Bu aşamada kolon dolgu maddesinin kurumamasına dikkat edilmelidir. Hazırlanan kolonda florosilin üzerine bir miktar (1-2 gr) susuz Na_2SO_4 ilave edilir. Kolona 1 mL'ye kadar konsantre edilen örnek eklenir ve eluat 3 fraksiyon halinde toplanır.

a) Fraksiyon-1 için, 65 mL hekzan ilave edilir. Kolonun altından yavaş yavaş numune alınır.
b) Fraksiyon 2 için, 45 mL hekzan: Diklorometan (70%:30%) ilave edilir ve numune alttan toplanır.
c) Fraksiyon 3 için, kolona 60 mL diklorometan ilave edilir. Alttan numune yavaş yavaş alınarak toplanır.

Tüm fraksiyonlar azot gazı altında konsantre edilerek örnek hacmi 1 mL'ye düşürülür ve cihaza enjekte edilir. Fraksiyonlarda elue edilen pestisitler EK-6'da sunulmuştur (EPA 3630c, 1996). PCB bileşiklerinin tamamı Fraksiyon-1'de toplanabilir.

NOT: Klorobifeniller ve organoklorlu pestisitler aynı molekül aralığında geldiği için ileri clean-up yapılması gerekebilir. Bu aşamada konsantre sülfürük asit (H_2SO_4) ile clean-up yapılırsa GC kromatogramlarının kalitesi artabilir. Ancak, bu uygulama dieldrin ya da heptakloroepoksik tipi organik kirleticileri parçaladığı için <u>önerilmez</u>.

4.3. PAH, PCB VE PESTİSİTLER İÇİN ANALİZ BASAMAKLARI

4.3.1. PAH Analizi

4.3.1.1. HPLC - Floresans Dedektör (EPA 8310)

Silika kolonundan geçirilip konsantre edilen örnek HPLC cihazına verilerek 16 PAH bileşiği analiz edilir. 16 PAH kalibrasyon standart karışımı asetonitril ile seyreltilerek, en az 5 konsantrasyonda hazırlanan standartlarla örnek miktarları tayin edilir. Stok kalibrasyon standartları buzdolabında saklanmak kaydıyla yılda bir yenilenmelidir. HPLC cihazı için numune analizinde kullanılan örnek cihaz şartları Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3 HPLC cihazı için başlangıç çalışma şartları örneği

Cihaz	**Şartlar**
Pompa	Dörtlü
Örnekleyici	Otomatik
Dedektör	Floresans (FLD)
Koruma kolonu	ZORBAX Eclipse PAH, 4,6 x 12,5 mm, 5µm
PAH kolonu	ZORBAX Eclipse PAH 3,0 x 250 mm, 5µm
Akış Hızı:	0,850 mL/dk
Kolon sıcaklığı	25 °C
Enjeksiyon Hacmi	10 µL
Eksitasyon Dalga Boyu	260 nm
Emisyon Dalga Boyları	352 nm, 420 nm, 460 nm
Mobil Faz Gradient Programı	0 - 17 dk: Su-Asetonitril - 60:40 (%) 17 - 25 dk: Asetonitril - 100 (%) 27 - 30 dk: Su-Asetonitril - 60:40 (%)

Gaz Kromatografisi - Kütle Spektrometrisi (GC-MS)

Gaz kromatografisi/kütle spektrometresi, iki güçlü analitik tekniğin kombinasyonudur. Gaz kromatografisi, çok bileşenli karışımlardaki bileşenleri ayırır. Kütle spektrometresi, her bir bileşenin yapısal olarak tanımlanmasında yardımcı olur. Çok düşük miktarlardaki örneklerin tanımlanması, güçlü yapısal analiz, hızlı analiz süresi gibi önemli avantajları bulunmaktadır.

Aşağıdaki bilgiler petrol kirliliği örneklerinin analizinde bu uzmanlığı tatbik edebilmek için bir başlangıç noktası olarak tasarlanmıştır (Tablo 4). Kapiler (capillary) kolon öncesinde, ana kolonu korumak amacıyla sistemle uyumlu aynı türde koruyucu (guard) kolon kullanılmalıdır. Bu durum olası organik bileşik kirliliğinden oluşacak girişimleri en aza indirecektir. Örnek ekstraktı analiz öncesi oda sıcaklığında bir süre bekletilmeli ve analizden hemen önce 10 µL internal standart eklenmelidir. Kalibrasyon şartları ile örnek çalışma şartlarının aynı olmasına dikkat edilmelidir. Analiz edilecek matrise göre PAH bileşiklerinin kromatografik koşullarda deteksiyonları için gerekli tüm teknik bilgiler ilgili metotlarda detaylı bir şekilde verilmektedir (EPA Metot 8100 ve 8270C).

Tablo 4 MS dedektör bağlı GC cihazı için başlangıç çalışma şartları örneği.

Parametre	Çalışma Şartları
Kütle dizisi	35-500 amu
Tarama zamanı	1 sn/scan
Taşıyıcı gaz	Helyum 1 mL /dk. 200°C fırın sıcaklığında akış oranı
Kolon	30m x 0,25 mm ID (ya da 0,32 mm ID) 1 mikron film kalınlığında silika kapiler kolon, HP-5 MS (silika bağlı ya da eşleniği)
Enjektör sıcaklığı	250-300°C, 280°C split/splitless için
Başlangıç fırın sıcaklığı	40°C, 4 dk tut
Başlangıç zamanı	1 dk
Program akışı	4-6°C/dk
Final sıcaklık	280°C
Final zaman	20 dk.
Enjeksiyon hacmi	1- 2 µL
Enjeksiyon modu	Kütle spektrometresi duyarlılığı yeterli ise split enjeksiyon verilir

NOT: Enstrümental analizler cihaza, kolona ve kullanılan programa göre değişiklik gösterebilir. Bu nedenle Tablo 2'de verilen çalışma koşulları örnek olarak sunulmuştur.

4.3.1.2. Gaz Kromatografisi – Flame Ionization Dedector (GC/FID) (UNEP, 1992)

Clean-up işleminden sonra azot gazı altında 2 mL'ye kadar konsantre edilen örnek GC vialine alınarak GC-FID cihazında analiz edilir. Gaz kromatografi cihazının, analizi yapılacak tüm PAH bileşiklerini doğru ve kesin bir şekilde ayrılmasını sağlayacak akış ve fırın sıcaklık ayarlarında olması sağlanmalıdır. Konsantrasyonu bilinen bileşikler analiz cihazına tek tek ya da karışım halinde verilerek PAH bileşiklerinin molekül ağırlığına ve kapillari kolon seçiciliğine bağlı olarak alıkonulma zamanlarına göre pikler elde edilir. FID dedektörü ile yapılan PAH analizleri için örnek cihaz ayarları Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5 FID dedektöre bağlı GC cihazı için örnek başlangıç çalışma şartları.

Parametre	**Özellikleri**
Enjeksiyon tipi	split/splitless
İnlet sıcaklığı	275 °C
Enjeksiyon Hacmi	5 µL
Taşıyıcı gaz	N_2
İnlet gaz akışı	8 cm^3/dk
Kolon	HP-5 5%phenyl methylsiloxane
Kolon uzunluğu	29 m Kolon iç çapı: 0,32 mm
Kolon film kalınlığı	0,25 µm
Dedektör tipi	FID
Dedektör sıcaklığı	300 °C
Gaz akışı	45 cm^3/dk
Dedektör hava akışı	350 cm^3/dk
Dedektör hidrojen akışı	35 cm^3/dk
Fırın sıcaklık programı	Başlangıç: 1 dk. 70 °C Kademe-1: 120 °C'ye kadar 1,70 °C/dk. ısı artışı Sabitleme: 120 °C'de 1 dk Kademe-2: 160 °C'ye kadar 1,40 °C/dk. ısı artışı Sabitleme: 160 °C'de 1 dk. Kademe-3: 290 °C'ye kadar 2,27 °C/dk. ısı artışı Sabitleme: 290 °C'de 10 dk.

4.3.2. Pestisit ve PCB Analizi

4.3.2.1. GC-ECD / GC-MS

Kapiler kolonlu, duvarları silika jel ile kaplı, yüksek çözünürlüklü gaz kromatografisi cihazı ile poliklorlu bifeniller (PCBs) ve organoklorlu pestisitler (OCPs) analiz edilmektedir.

Taşıyıcı gaz olarak Hidrojen gazı küçük çaplı kolonlar için çok uygundur. Ancak Hidrojen gazının kullanım sırasındaki riski nedeniyle Hidrojen yerine Helyum gazı da taşıyıcı gaz olarak tercih edilmektedir.

Bileşiklerin başarılı bir şekilde ayrılabilmesi için kolon uzunluğunun 60 m'den uzun ve iç çapı 0,25 mm'den dar olması gerekmektedir. Kapiler kolon içindeki sabit fazın (stationary phase) kalınlığı 0,25 µm'den ince olmalıdır. Günlük çalışmalarda SE54 (Ultra 2, DB 5, RTx 5, CP-Sil 8) phase (% 94 dimethyl-, % 5 phenyl-, % 1 vinyl-polysiloxane gibi) ya da orta polaritede kolonlar (CP-Sil 19, OV-17, OV 1701, DB 17 gibi) başarılı kromatogram sonuçları vermektedir.

Split olmayan ve doğrudan kolona yapılan enjeksiyon tekniği uygundur. Split enjeksiyon güçlü ayrım etkisi sebebiyle önerilmez. Sıcaklık ve basınç programlı GC'lerin ekstra avantajları olmasına rağmen kullanmadan önce optimize edilmesi gerekmektedir. Splitless enjeksiyonda seçilen liner'ın hacminin seçimi önemlidir. Örnek olarak verilirse, 1 µL enjeksiyon için liner'ın hacminin 1 mL olması gerekir. Doğru liner seçimi için PCB ya da OCP standart enjeksiyonundan sonra izo-oktan enjeksiyonu yapılmalıdır (UNEP, 2007). Ayrıca, enjeksiyon uygulaması sırasında aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

- Enjektörün temiz olduğundan emin olunmalıdır.
- Enjeksiyon tipinin split/splitless olup olmadığı doğrulanmalı, akış ve septum kontrol edilmelidir.
- Tekrarlanabilirlikteki sapmaların %5'ten az olduğundan emin olunmalıdır.
- Enjeksiyon sırası kontrol edilmelidir. Sıralama, blank, kontrol örneği, tekrarlar ve referans materyal şeklinde olmalıdır. Örneklerin de aynı şekilde temizden kirliye doğru sıralanması tavsiye edilmektedir.

Miktarı belirli standartlar ile örnekteki sinyaller karşılaştırılarak, örnekteki kirleticilerin kantitatif analizi yapılır. Elektron yakalayıcı dedektör (ECD) poliklorlu bileşikler için uygun dedektör çeşitidir. Kütle spektrometresi (mass spectrometer; MS) ise daha genel ölçümler için tercih edilen bir dedektördür. GC analizleri sırasında kromatogramlardaki piklerin yetersiz ayrılmaları söz konusudur. Bu nedenle piklerin şekli ve büyüklüğü önemlidir. MS dedektörlerde bileşikleri karakterize etmek için molekül ağırlıkları kullanılır (HELCOM, 2015).

NOT: UNEP 2007 ve HELCOM 2015'e göre çalışma standartları tartılarak hazırlanır ve her bir deney seti için taze hazırlanmalıdır. Hacimsel hazırlanan çalışma standartları mevsime, sıcaklığa ve cam malzemenin temizlenmesine göre değişebileceği için tartılarak hazırlanan standartlar daha güvenilir ve tekrarlanabilir olduğu belirtilmiştir.

GC'yi her örnek setinden sonra yeniden kalibre etmek gerekmektedir. Çok noktalı kalibrasyon eğrisi çizilerek, ECD'de non-lineer eğri elde edilmelidir. Megginson vd., (1994), PCB'ler için 6 noktalı, pestisitler için ise 5 noktalı kalibrasyon eğrisinin uygun olacağının belirtmiştir. Örnek ölçümlerinden bazıları kalibrasyon eğrisinin dışında olursa yeniden standart hazırlanmalı ve standart eğri örnek ölçümlerini kapsayacak şekilde yeniden çizilmelidir (UNEP, 2007). Kalibrasyon işlemi ile ilgili detaylar ve öneriler aşağıda verilmektedir:

- En az 5 noktadan standart eğrisi çizilmelidir.
- Periyodik olarak (haftada 1-2 kez) cihaz kalibre edilmelidir. Doğrulama günlük olarak ara standartla yapılmalı, sapma ±%10 ise tekrarlanmalıdır.
- Dedektörün kalibrasyonu için MS dedektörlerde 1-3 pg/µL, HR-MS'te 0,1-3 pg/µL olarak önerilmektedir.
- Sinyal/gürültü oranı eşit ya da 3/1 olmalıdır.

- Piklerin tutunma zamanı (retention time; R_t) örnek ve internal standartlar için aynı olmalıdır.
- MS dedektörde tanımlanan işaretli internal standart ile örnek içindeki doğal bileşik arasındaki tutunma zaman farkı en fazla 3 saniye olmalıdır.
- ECD dedektörde örnekle internal standart arasındaki tutunma zaman farkı ±0,2 dakika olmalıdır.

Geri kazanım (recovery) oranını bulmak için uygun internal standartlar, örnek enjeksiyonundan önce örneklere eklenmelidir. Poliklorlu bifeniller için (PCBs) örneklerde olmayan ve örnek içindeki PCB'lerle girişim yapmayan 2,4,6 alt bileşikleri kullanılabilir. Alternatif olarak 1,2,3,4-tetrakloronaftalin (1,2,3,4-tetrachloronaphthalene) ya da dikloroalkilbenzileter'in (dichloroalkylbenzylether) homoloğu kullanılabilir. GC-MS için internal standart olarak C^{13} ile işaretli (^{13}C-labelled) PCB'ler sıklıkla kullanılmaktadır.

Bu bölüme kadar sedimanda ve biyotada organik kirlilik çalışmalarında kullanılan alternatif metotlardan bahsedilmişitir. Bu çalışmalarda en fazla kullanılan metot ve cihazlar Tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 6: Organik kirlilik çalışmalarında kullanılan metotlar

	Sediment	**Biyota**
Parametre	PAH, Pestisit, PCB, Dioksin/Furan	PAH, Pestisit, PCB, Dioksin/Furan
Örnekleme yöntemi	Karot(referans örnekleme) Grab (örnekleme istasyonları) ile 1cm yüzey sedimenti	Midye için elle, dalgıçla ya da direçle Balık için Trol, Gırgır ya da germe ağ ile
Saklama yöntemi	• Alüminyum folyoda -20ºC'de saklama • Freeze dryer'da kurutma oda sıcaklığında saklama	• Alüminyum folyoda -20ºC'de saklama • Freeze dryer'da kurutma oda sıcaklığında saklama
Sıklık	Sedimantasyon hızı; 1cm/yıl < 5 yılda bir 1cm/yıl > yılda 1	Midye yılda 2 kez Balık yılda 2 kez
Örnekleme Referansı	Karot örneklemesiyle referans değerin tespiti	Her Su yönetim Birimi için temiz alandan örnekleme
Analiz/Ölçüm yöntemi	Sokslet ekstraksiyon-cleanup- Mikrodalga-cleanup	Sokslet ekstraksiyonu-cleanup-
Önerilen Cihaz	PAH için HPLC Pestisit-PCB-Dioksin/Furan için GC/MS-ECD	PAH için HPLC Pestisit-PCB-Dioksin/Furan için GC/MS-ECD
Dedeksiyon limiti LOD/LOQ (EC, 2007)	• Pestisit için: 0,1 ng g-1 (kuru ağırlık, fraksiyon <2 mm) veya daha iyi bir limit • PAH için: Tekli bileşikler için 2 ng g-1 (kuru ağırlık) veya daha iyi bir sınır elde edilmelidir	• B(a)P: LOD<0,3mg/kg LOQ< 0,9 mg/kg • PAH bileşikleri için: • GC-MS ölçümleri için: 0.2 µg kg-1 yaş ağ.; • HPLC ölçümleri için: 0.5 10 µg kg-1 ww)
Analiz yöntemi referansı	PAHanalizi HPLC için EPA 8310 Pestisit/PCB/Dioksin-furan için GC/MS-ECD için UNEP, 2007 ve HELCOM, 2015	PAHanalizi HPLC için: EPA 8310 Pestisit/PCB/Dioksin-furan için GC/MS-ECD için UNEP, 2007 ve HELCOM, 2015
İzlenecek Denizler		
Karadeniz	Sediment	Midye (*Mytilus galloprovincialis*) Barbun balığı (*Mullus barbatus*)
Marmara Denizi	Sediment	Midye (*Mytilus galloprovincialis*) Barbun balığı (*Mullus barbatus*)
Ege ve Akdeniz	Sediment	Barbun balığı (*Mullus barbatus*)

5. KALİTE KONTROL VE KALİTE GÜVENCESİ (QA/QC) (UNEP 2007)

İzleme çalışmalarında belirlenen hedeflerin karşılanması örnekleme stratejisinin önemli bir bölümüdür. Bu amaçla, aşağıda belirtilen noktalarla ilgili bilgilerin raporlanmasına dikkat edilmelidir:

- Örneklemenin amacı
- Örnekleme ile elde edilen verinin kullanım şekli
- Örnekleme sonunda yapılacak işlemler
- Analizlerin yapılacağı laboratuvarların ve analiz parametrelerinin metot tayin limitleri
- Kalite kontrol örneklerinin tip (tekrarlı örnekler, referans ve background örnekler gibi) ve sayıları
- Veri değerlendirmeleri için istatistik analizleri ve kriterleri
- Analitik sonuçların karşılaştırılmasında kullanılacak standartları
- Proje amacına hizmet verecek toplanmış örnek sayı ve lokasyonları
- Bilginin raporlanma şekli
- Verilerin elektronik ortamda verilip verilmeyeceği, eğer verilecekse dosya tipi ve yapısı

Rutin QA/QC işlemlerinde, kontrol tabloları, sertifikalı referans materyaller, analizi yapacak laboratuvarda hazırlanan referans materyaller, blank ya da bölünmüş örneklerle herhangi bir metodun performansı kontrol edilir. Interkalibrasyon çalışmalarıyla bölgesel laboratuvar ağına katılmak, kalite kontrol çalışmaları için vazgeçilmezdir. Bu amaçla örnekleme yapılırken interkalibrasyon çalışmaları için bir kaç laboratuvara yetecek kadar çok örneğin karıştırılarak kompozit olarak hazırlanması ve uygun koşullarda laboratuvarlara gönderilerek sonuçların karşılaştırılması sağlanmalıdır.

Analizler için tüm matrislerde (biyota ve sediment) 2-3 yılda bir kez olmak üzere uluslararası karşılaştırma testlerine katılarak bu testlerden başarı sağlanmalıdır. Her parti analiz öncesinde en az 5 farklı konsantrasyonda yeni hazırlanmış kalibrasyon standartları kullanılmalıdır. Hesaplamalarda kalibrasyon aralığı numuneden elde edilen değerleri içerecek şekilde seçilmeli ve r^2=0,99 güven aralığında olmalıdır. Örnek konsantrasyonu çok düşük olduğu durumlarda ayrı bir kalibrasyon eğrisi kullanılmalıdır.

Her örneğe, analiz başlangıcında internal standart ilave ederek geri kazanım hesabı yapılmalı ve bu değer analiz sonuçlarına eklenmelidir. Geri kazanım seviyesi çok düşük olan örneklerin analizleri tekrar edilmelidir.

Sediment ve biyota örneklerinin arşivlenmesi QA/QC işlemlerinde bir zorunluluktur. Saklanan örnekler, herhangi bir problem durumda tekrar kullanılmak üzere izleme süresince korunmalıdır.

Analizleri yapılacak numuneler ile birlikte muhakkak uygun matriste sertifikalı referans madde ile çalışarak metodun güvenilirliği tespit edilmelidir. Ayrıca, her parti analiz öncesi blank örnek çalışılarak olası kontaminasyonlar hesap edilmelidir.

Laboratuvarlar kullandıkları metodun (EU; EPA; AOAC, ASTM ya da diğer yayınlanmış metotlar gibi) ekstraksiyon, clean-up, analiz aşamalarını doğrulamalıdır. Laboratuvarlar, doğru analiz sonuçları için laboratuvar altyapılarını ve eğitimli personelini

tamamlamalıdır. Standart operasyon prosedürleri tüm laboratuvar cihazları ve diğer malzemeler için hazırlanmalı ve uygulanmalıdır.

QA/QC için kalite kriterleri (blank, referans materyal, sinyal/gürültü oranı ve hassaslık gibi) tanımlanmalıdır.

Organik kirleticiler için referans materyal kullanılarak yapılan çalışmalarda, gerekli düzeltmeler (standartlara göre) uygulandıktan sonra hesaplanan geri kazanım değerleri;

- PAH'lar için % 80-120
- PCB'ler ve Pestisitler için % 70-120 (tetra-penta klorlu PCB'ler %60'a kadar)
- PCDD/PCDF için % 50-130 (hepta- and okta-klorlular için % 40-150) aralığında

ise kabul edilebilir sınırlar içerisindedir.

Örneklere eklenen internal standart miktarı sinyal/gürültü eşiğinden 20 kat (20/1) fazla olmalı ve tüm örneklere katılan internal standart konsantrasyonu sabit tutulmalıdır.

PCB analizinde GC-ECD cihazı kullanılıyorsa iki farklı internal standart kullanılmalıdır. Bunlardan biri tutunma zamanı kromatogramın başında, diğeri ise kromatogramın sonuna doğru gelecek şekilde seçilmelidir. PCB 112, 155 ve 198 bileşiklerinin internal standart olarak kullanılması önerilmektedir. Bu üç konjener örneklerde bulunmamakla birlikte, oldukça stabil olmaları nedeniyle uygun internal standart bileşikleri olarak kabul edilmektedir.

6. HESAPLAMALAR

Kantitatif analizler için cihazlardan alınan standart pikleri ile örnek piklerinin tutunma zamanları çakıştırılır. Organik kirleticilere ait piklerin tutunma zamanları kullanılan kolonlara göre farklılık gösterebilir. Bu nedenle standart ile örneğin aynı kolonda uygulanması çok önemlidir. Pik yüksekliğinden veya alanından standart içerisindeki her bir bileğin 5 nokta standart eğrisi çıkartılır. Standarttaki piklerin konsantrasyonuna göre örnek piklerinin konsantrasyonu kalibrasyon eğrisinden hesaplanır.

7. RAPORLAMA

Takibi yapılan olan veriler excel formatında tablolar halinde olmalı ve aşağıdaki noktalara dikkat edilmelidir (UNEP/GEF, 2007). Geniş ölçekte olan araştırmalar için, özet halinde, örneklerin sayısı ve ortalama değerler verilmelidir.

- Analiz sonuçları verilirken hangi değer üzerinden verileceği belirtilmelidir. Kuru ağırlık, yaş ağırlık veya yağ miktarı üzerinden verilecekse hesaplamalar buna göre düzenlenmelidir. Kuru ağırlık, EOM miktarları ölçülmeli ve sonuçlarla birlikte verilmelidir.
- Elde edilen sonuçlar, ulusal/uluslararası sınır değerler ile karşılaştırılmalıdır (Örneğin sediment için ERL, ERM, TEQ değerleri, biyota için TGK, EU;TEQ değerleri)
- Uygulanması gereken QA/QC kriterlerinde herhangi bir sapma ya da değişiklik durumu varsa belirtilmelidir.

Sonuç olarak, yapılacak çalışma "amaca uygun örnekleme ve hedeflenen veri kalitesi sağlanabilecek mi?" sorusunu cevaplamış olmalıdır.

Raporlamalar uluslararası raporlama (AÇA, MEDPOL vb) formatına uygun olarak yapılmalıdır.

Uluslararası diğer rehber dokümanlarda belirtilen raporlamada belirtilmesi gereken başlıklar aşağıda sıralanmıştır.

1. **UNEP/GEF (2007)** rehber dokümanında raporlamada DSÇD kapsamında kullanılan raporlama kriterleri yukarıda belirtilenin dışındaki parametreler aşağıda listelenmiştir. Buna göre;

- Raporlama yönetmeliklere göre yapılmalıdır.
- Rapor tarih, isim, örneklemenin tanımını, kullanılan metodu, analizi yapan kişi ve laboratuvar sorumlusunun imzasını taşımalıdır.
- Raporda sadece uluslararası geçerliliği olan birimler kullanılmalıdır.
- Sonuçlar dedeksiyon limitinden düşük ise "<LOD değeri yazılmalı" şeklinde verilmeli ND (ölçülemedi diye verilmemelidir.
- Recovery raporlanmalıdır.
- Belirsizlikler belirtilmelidir.
- LOD değeri S/N oranı enaz 3'e eşit olmalı. LOQ LOD değerinden 2-3 kat fazla olmalıdır. Ancak bu değer EC (2007)'de LOD=3*SD ve LOQ=10*LOD olarak hesaplanmıştır.

2. **HELCOM,COMBINE**, 2015'te raporlamada işaret edilen başlıklar aşağıda belirtilmiştir. DSÇD'inde sunulan raporlama sistemi HELCOM COMBİNE'da tanımlandığı gibi kullanılmıştır (Law ve diğ., 2010). Buna göre;

- Sonuçların hesaplanması ve raporlanmasında hatanın en büyüğü yapılan çalışmaları birbirleriyle kıyaslarken olmaktadır. Verilerin doğru kopyalandığından emin olmak için kontrol prosedürleri oluşturulmalıdır. Veriler, veri bankasında depolanmalı ve transfer sırasında meydana gelebilecek hataların önlenmesi için kontroller yapılmalıdır.

8. DEĞERLENDİRME

Denizlerimizde kirlilik izleme çalışması kapsamında sediment ve biyotada organik kirleticilerin konsantarasyonlarının belirlenmesi için metodolojiler bu kılavuzda ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır. Analiz sonusunda elde edilecek kabul edilebilir sınır seviyenin ne olacağı hem ulusal hemde taraf olduğumuz uluslararası konvansiyonlarda belirltilen değerler olacaktır. Bu bölümde ulusal ve uluslararası değerler incelenerek denizlerimiz için değerlendirme kriterleri belirlenmiştir.

UNEP/MAP MEDPOL izleme programı (2016) yeterlilik ve interkalibrasyon çalışmalarıyla ilgili raporu henüz yayınlamamış olsada OSPAR tarafından yayınlanan Background konsantrasyon (zemin/arkaplan-BC) ve background değerlendirme konsantrasyonu (BAC) belirleme kriterleri alternatif metot olarak gösterilmiştir. AB'nin SÇD ve DSÇD çerçeve direktifleri kapsamında "iyi çevsel durum" oluşturulabilmesi için kirleticilerin sedimanda ve biyotadaki miktarları temel olarak referans koşullara çekilebilmesi gerekir ancak öncelikle kirlenmiş deniz çevresinin öncelikle uluslararası belirlenmiş sınır değerlerin üzerine çıkmamalıdır.

Sedimanda arka plan (background) konsantrasyonlarına ulaşma hedefine bağlı olarak AB, OSPAR ve WHO sınır değerleri başlangıç olarak kullanılabilir. Biyotada ise sınır değerler ulusal mevzuat olarak GTHB-Gıda Kodeksindeki sınır değerler kullanılabilir. Bu değerler toksik eşdeğerlik (TEQ) değerleri olup aynı zamanda AB tarafından önerilen sınır

değerlerle (WHO, ICES) eşdeğerdir. EK-11'de sunulan tablolar organik kirlilik için sınır değerleri içermektedir.

Sedimanda kalite standardının belirlenmesine karar vermek için öncelikle kimyasal maddenin Kow değerine bakılır. Kow ≥ 3 olan kimyasal maddeler için sedimanda kalite standardı değeri belirlenir. Ayrıca SÇD EK 5'te, sedimanda belirlenmesi gereken kalite standartları da dahil olmak üzere, ÇKS değerleri belirlenmeden önce risk analizi yapılması gerektiği de belirtilmektedir. 2013/39/EU sayılı direktifte de, üye ülkelerin, ulusal düzeyde sedimanda ÇKS değerlerinin belirlenmesi gerektiği, su kolonu için olan ÇKS değerlerini sedimanda kullanılmaması gerektiği vurgulamaktadır.

Genellikle sedimanda kalite standartları belirlenirken, sedimandaki kirleticinin kimyası, ölçülmüş biyolojik etkilerle karşılaştırılıp, bazı karşılaştırmalı toksisite değerleri geliştirilir. Örneğin, organizmanın büyümesi, tekrar üretimi ve topluluk özellikleri sedimandaki kirleticilerin ölçülmüş miktarları ile karşılaştırılır ve o bölgede bilinen kirleticilerin toksisite sınır değerleri oluşturulur. Sediman için kalite standardı belirlemenin çeşitli yöntemleri vardır. Önerilen ve kullanımı çok yaygın olan bu yöntemlerin temelinde (EK-11-1, 11-2, 11-3) sedimanlardaki kimyasalların konsantrasyonları ile kötü biyolojik etkiler arasındaki ilişki belirlenmiş ve bunlar kirleticilerin genelde depolandığı son nokta olan sedimanlar için biyolojik etkiler veri tabanında (BEDS) toplanmıştır.

Veri tabanına giren her veri etkili/etkisiz şeklinde tanımlanmakta ve kötü biyolojik etkilerin ölçüldüğü kimyasala ait konsantrasyon arasındaki uyumun değerlendirildiği

1- Eşik ve Olasi Etki Seviyeleri (Threshold and Probable Effects Levels; TEL-PEL)

2- Etki Aralıkları, Kısa ve Orta (Effects Ranges-Low and Median; ERL - ERM) Etki seviyeleri yaygın olarak kullanılan geçici sediman kalite izleme değerleridir.

Değerlendirme amacı ile kullanılan ve önerilen bu yöntemler kılavuzun EK-11 bölümünde sunulmuştur.

Bu geçici sediman kalite izleme değerleri deniz sedimanlarında 31 madde için, tatlı su sedimanlarında 23 madde için hesaplanmıştır.Her iki ortam için önerilen TEL ve PEL değerleri benzerdir. Kalite rehperlerinde önerilen (Long ve diğ.,2000, MacDonald ve diğ., 2000).TEL değeri bulunan konsantrasyon değeri altında ise sedimandaki tüm kimyasalllar için etkilerin nadiren oluştuğu şeklinde (Toplam sedimanda toplam DDT haricinde) yani etki oluşum derecesinin % 10 TEL değerinin altında olduğunu tanımlamaktadır. PEL konsantrasyonu ise, kalite izleme rehberindeki konsantrasyondan yüksek ise sedimandaki pek çok kimyasal için etkilerin sıklıkla oluştuğu şeklinde değerlendirilmelidir. TEL ve PEL konsantrasyonları arasında kalan kimyasal konsantrasyon durumu, kimyasalların kötü etkilerinin potansiyelindeki artış ile tanımlanmalıdır. Bu değerlendirme aralıkları ERL Ve ERM etki seviyeleri içinde tanımlanmıştır. %10 seviyesi altı etki very dağılımının ERL düşük etki aralığı, %50 seviyesi ERM orta etki aralığı ve ERM değerlerini geçen konsantrasyonlarda etkilerin meydana gelme olasılığı %75 den fazla olarak değerlendirilmektedir.

Bu değerlendirmeler maddelerin doğal background konsantrasyonları ve bölgesel biyolojik izleme değerleri ile yapılabilir. Kılavuz içinde sunulan geçici sediman kalite izleme değerleri ulusal sediman kalite kriterleri mevcut olmayan yerler için oluşturulana kadar sediman kalitesinin geçici olarak izlenmesinde , sediman kaynaklı kimyasalların mevcut toksikolojik verilerine dayandığı için gerçekçi fikir edinebilmeyi sağlaması açısından önemlidir.

KAYNAKLAR

Ahlborg, U.G., Hanberg, A., Kenne, K., 1992. Risk Assessment of Polychlorinated Biphenyls (PCBs). Nord 1992:26. Nordic Council of Ministers. Copenhagen. 99 pp. ISBN 92-9120-075-1.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 2000. Toxicological profile for polychlorinated biphenyls (update). U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Atlanta, GA.

Bailey, R.E. (2001). Global hexachlorobenzene emissions. Chemosphere, 43, 167–182.

Baumard, P., Budzinski, H., Michon, Q., Garrigues, P., Burgeot, T., & Bellocq, J. (1998). Origin and bioavailability of PAHs in the Mediterranean Sea from mussel and sediment records. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *47*(1), 77-90.

Berrojalbiz N., J. Castro-Jiménez, G. Mariani, J. Wollgast, G. Hanke and J. Dachs., 2014. Atmospheric occurrence, transport and deposition of polychlorinated biphenyls and hexachlorobenzene in the Mediterranean and Black seas. Atmos. Chem. Phys., 14, 8947–8959, 2014

Breivik, K., Sweetman, A., Pacyna, J.M., Jones, K.C., 2002a. Towards a global historical emission inventory for selected PCB congeners—a mass balance approach. 1. Global production and consumption. Science of the Total Environment 290 (1-3), 181–198.

Budzinski, H., Jones, I., Bellocq, J., Pierard, C., & Garrigues, P. H. (1997). Evaluation of sediment contamination by polycyclic aromatic hydrocarbons in the Gironde estuary. *Marine chemistry*, *58*(1), 85-97.

Carpenter, D.O., 2006. Polychlorinated Biphenyls (PCBs): Routes of Exposure and Effects on Human Health. Reviews On Environmental Health. 21, 1, 1-24.

Ciocan, C., 2002. Reproduction of M. gallorpvincialis (Lmk) in the Romanian waters of the Black Sea. Cercetari Maine (INCDN) 34, 23-28EU, 2014: Common Implementation Strategy For The Water Framework Directive (2000/60/EC) Guidance Document No. 32. On Biota Monitoring (The Implementation Of Eqsbiota) Under The Water Framework Directive Technical Report - 2014 – 083

EC, 2007. Commission Regulation (EC) No 333/2007

EPA, 2015. https://www.epa.gov/minimum-risk-pesticides/what-pesticide EPA, 1996.

Method 3660b. Sulfur Cleanup Rev. 2. 6 sayfa.

EPA, 1996. Method 3630C. Silica Gel Cleanup. Rev.3,15 sayfa. EPA, 1996. Method 3540C.

Soxhlet Extraction. Rev.3, 8 sayfa.

EPA, 2016. https://www.epa.gov/international-cooperation/persistent-organic-pollutants-global-issue- global-response#affect

Gilbert, S.G., 2012. A small dose of toxicology: The health effects of common chemicals. 2. Ed. Health World Press. 280 sayfa.

Hanedar A., 2009. İstanbulda polisiklik aromatik hidrokarbonların atmosferik birikiminin ve konsantrasyon dağılımının belirlenmesi . Doktora Tezi, Nisan 2009. ITU, Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Bölümü.

Herceg-Romanića S., Kljaković-Gašpića Z., Klinčića D., Ujevićb I.,2014. Distribution of persistent organic pollutants (POPs) in cultured mussels from the Croatian coast of the Adriatic Sea. Chemosphere 114 (2014) 69–7

HELCOM, 2015. Manual for Marine Monitoring in the COMBINE Programme of HELCOM. 416 sayfa.

HELCOM-B13, 2015. Manual for Marine Monitoring in the COMBINE Programme of HELCOM. Annex B13- Appendiks 3: Technical note on the determination of heavy metals and POPs in marine sediments (page 201-203)

HEMCOM-B12, 2015. Manual for Marine Monitoring in the COMBINE Programme of HELCOM. Annex B-12, Appendıx 1. Technical Note on Bıological Material Sampling And Sample Handling For The Analysis of Persıstent Organıc Pollutants (PAHs, PCBs and OCPs) and Metallic Trace Elements

GEF/UNEP, 2013. Procedure for the Analysis of Persistent Organic Pollutants in Environmental and Human Matrices to Implement the Global Monitoring Plan under the Stockholm Convention. Protocol 2: Protocol for the Analysis of Polychlorinated Biphenyls (PCB) and Organochlorine Pesticides (OCP) in Human Milk, Air and Human Serum. Genova. 19 sayfa.

GTHB, 2011. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği Eki http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111229M3-8.htm

http://www.chemicalland21.com, Nisan 2016

http://www.chemistrylearner.com/acenaphthylene.html#acenaphthylene-uses, Nisan 2016

http://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/2958.pdf, Nisan 2016

http://apps.sepa.org.uk/spripa/Pages/SubstanceInformation.aspx?pid=236, Nisan 2016

http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp69-c4.pdf, Nisan 2016

http://worldoceanreview.com/en/wor-1/pollution/organic-pollutants, Nisan 2016

ICES. 2007. Report of the Workshop on Sexual Maturity Sampling (WKMAT), 15–19 January 2007, Lisbon, Portugal. ICES CM 2007/ACFM:03. 85 pp. For permission to reproduce material from this publication, please apply to the general Secretary.

IOC, 1989. Intergovernmental Oceanographic Commisison. Manual and Guides. Manual for monitoring oil and diddolved/dispersed petroleum hydrocarbons in marine waters and on beaches. Precedures for the petroleum component of the IOC Marine Pollution Monştoring System (MARPOLMON-P). 35p.

IUPAC, 2010. http://agrochemicals.iupac.org/index.php

Jia, Chunrong, Batterman, Stuart, 2010. Critical Review of Naphthalene Sources and Exposures Relevant to Indoor and Outdoor Air Int J Environ Res Public Health. 7(7): 2903–

2939.

Jurado, E., Dachs, J., Marinov, D., Zaldivar, J.M. 2007. Fate of persistentorganic pollutants in the water column: does turbulent mixing matter? Marine Pollution Bulletin 54, 441-451.

Kinacigil, H.T., Ilkyaz, A.T., Akyol, O., Matin, G., Çira, E., Ayaz, A., 2001. Growth parameters of Red Mullet (Mullus barbatus L., 1758) and seasonal cod-end selectivity of traditional bottom trawl nets in Izmir Bay (Aegean Sea). Acta Adriatica 42 (1), 113-123.

Kuo C-Y, Cheng Y-W, Chen Y-W, Lee H. 1998. Correlation between the amounts of polycyclic aromatic hydrocarbons and mutagenicity of airborne particulate samples from Taichung City,Taiwan. Environ Res Sec A 78:43–49.

Law R., Hanke G., Angelidis M., Batty J., Bignert A., Dachs J., Davies I., Denga Y., Duffek A., Herut B., Hylland K., Lepom P., Leonards P., Mehtonen J.,. Piha H, Roose P., Tronczynski J., Velikova V.ve Vethaak D., 2010. Marine Strategy Framework Directive Task Group 8 Report Contaminants And Pollution Effects. 171 sayfa. Joint Report Prepared under the Administrative Arrangement between JRC and DG ENV (no 31210 –2009/2010), the Memorandum of Understanding between the European Commission and ICES managed by DG MARE, and JRC's own institutional funding.

Luch A., 2005. The carcinogenic effects of polycyclic aromatic hydrocarbons.Imperial College Press. 489 Sayfa.

Lohmann, R., Northcott, G.L., Jones, K.C. 2000. Assessing the contribution of diffuse domestic burning as a source of PCDD/Fs, PCBs, and PAHs to the UK atmosphere. Environmental Science and Technology 34 (14), 2892–2899.

Long, E. R., & MacDonald, D. D. (1998). Recommended uses of empirically derived, sediment quality guidelines for marine and estuarine ecosystems. *Human and Ecological Risk Assessment*, *4*(5), 1019- 1039.

Long, E.R., D.D. MacDonald, C.G. Severn and C.B. Hong. 2000. Classifying the probabilities of acute toxicity in marine sediments with empiricallyderived sediment quality guidelines. EnvironmentalToxicology and Chemistry 19:2598-2601

Lykousis V., Anagnostou C., Pavlakis P., Rousakis G., Alexandri M., 1995. Quaternary sedimentary history and neotectonic evolution of the eastern part of Central Aegean Sea, Greece. Marine Geology, 128: 59-71.

MacDonald, D.D., L.M. Di Pinto, L.J. Field, C.G. Ingersoll, E.R. Long and R.C. Swartz. 2000. Development and evaluation of consensus-based sediment effect concentrations for polychlorinatedbiphenyls (PCB). Environmental Toxicology and Chemistry 19:1403-1413.

Megginson, C., McKenzie, C., and Wells, D. 1994. Practical steps to improve the quality control of the chromatography for chlorobiphenyl and organochlorine pesticide analysis. Marine Pollution Bulletin, 29: 228-234.

Martínez-Gómez C., Fernández B., Benedicto J., Valdés J., Campillo J.A., León V.M., Vethaak A.D., 2012. Health status of red mullets from polluted areas of the Spanish Mediterranean coast, with special reference to Portmán (SE Spain) Marine Environmental Research 77, 50-59.

Menzie CA, Potocki BB, Santodonato J. 1992. Exposure to carcinogenic PAHs in the

environment. Environ Sci Technol 26:1278–1284.

Neff, J. M. 2003. Polycyclic aromatichydrocarbons in the ocean. In Bioaccumulation in marine organisms—Effect of contaminants from oil well produced water, pp. 241–318. Amsterdam: Elsevier.

OSPAR JAMP (Joint Assessment & Monitoring Programme), 2002. Guidelines for Monitoring Contaminants in Sediments. 108p.

Peter S. Ross & Linda S. Birnbaum (2003) Integrated Human and Ecological Risk Assessment: A Case Study of Persistent Organic Pollutants (POPs) in Humans and Wildlife, Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 9:1, 303-324, DOI:10.1080/727073292

Pierre C., B. Marc, M.-M. Francoise, E. Romain, M. Kelig, M. Nicolas, T. Herve, C. Daniel, 2015. Are red mullet efficient as bio-indicators of mercury contamination? A case study from the French Mediterranean. Mar. Poll. Bull., 91, 1, 191-199.

Pies, C., Hoffmann, B., Petrowsky, J., Yang, Y., Ternes, T. A., & Hofmann, T. (2008). Characterization and source identification of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in river bank soils. *Chemosphere*, *72*(10), 1594-1601.

Ravindra, K., Sokhi, R., & Van Grieken, R. (2008). Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: source attribution, emission factors and regulation. *Atmospheric Environment*, *42*(13), 2895-2921.

Ribas-Fitó N., M Sala, M Kogevinas, J Sunyer, 2001. Polychlorinated biphenyls (PCBs) and neurological development in children: a systematic review. J Epidemiol Community Health 2001;55:537–546

Rizzo S., Basile S., Caruso A., Cosentino C., Tranchina L., Brai M., 2009. Dating of a Sediment Core by 210Pbex Method and Pb Pollution Chronology in the Palermo Gulf (Italy). Water Air Soil Pollution 202: 109–120.

Sancar Ü., 2010. Karadeniz ve Marmara Denizi'nde Son 20000 yılda meydana gelen Paleoşinografik ve Paleoiklimsel Değişimler. İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya yer bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Kalıcı Organik Kirleticilere İlişkin Stockholm Sözleşmesi, Ulusal uygulama Planı, 2014.

Ţigănuş, D., Coatu, V., Lazăr, L., Oros, A., & Spînu, A. D. (2013). Identification of the Sources of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Sediments from the Romanian Black Sea Sector. *Cercetări Marine*, *43*, 187-96.

Wang XL, Tao S, Dawson RW, Xu FL. 2002. Characterizing and comparing risks of polycyclic aromatic hydrocarbons in a Tianjin wastewater-irrigated area. Environ Res 90:201–206

UNEP/FAO/IAEA/IOC, 1991: Sampling of selected marine organisms and sample preparation for the analysis of chlorinated hydrocarbons. Reference Methods for Marine Pollution Studies No. 12 Rev.2., UNEP, 1991.pge 23.

UNEP/IAEA, 1982. Determination of DDTs, PCBs and other hydrocarbons in marine

sediments by gas-liquid chromatography. (Draft) Reference Methods for Marine Pollution Studies No. 17. UNEP, 1982 RSRM 17 * (E) 10 pages.

UNEP, 2006. Methods for sediment sampling and analysis. UNEP(DEC)/ WG. 282/Inf.5/Rev.1.

UNEP/GEF, 2007: Guidance for Analysis of Persistent Organic Pollutants (POPs). UNEP Chemicals Branch, DTIE page 24

UNEP, 1992. UNEP Determination of Petroleum Hydrocarbons in Sediment Ref. Meth. Mar. Pollut. Stud. No. 20, UNEP, Nairobi, Kenya.

US EPA, 1993. US EPA Provisional Guidance for Quantitative Risk Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, Office of Research and Development, Washington, DC (1993) EPA/600/R/089

Van den Berg M, Birnbaum LS, Denison M, De Vito M, Farland W, Feeley M, Fiedler H, Hakansson H, Hanberg A, Haws L, Rose M, Safe S, Schrenk D, Tohyama C, Tritscher A, Tuomisto J, Tysklind M, Walker N, Peterson RE. The 2005 World Health Organization reevaluation of human and Mammalian toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds. Toxicol Sci. 2006;93(2):223–41.

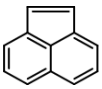
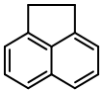
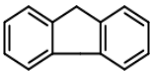
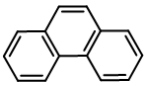
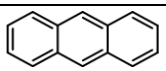
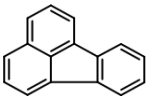
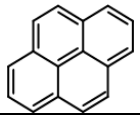
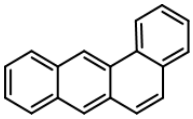
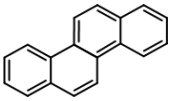
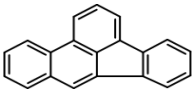
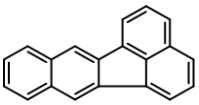
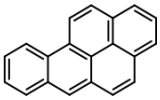
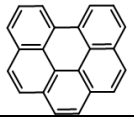
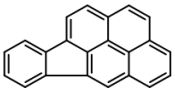
Wilcock, R. J., Corban, G. A., Northcott, G. L., Wilkins, A. L., Langdon, A. G. 1996. Persistence of polycyclic aromatic compounds of different molecular size and water solubility in surficial sediment of an intertidal sandflat. Environ. Toxicol. Chem.15, 670–676. OSPAR, JAMP Guidelines for Monitoring Contaminants in Biota.

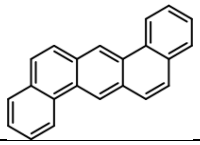
WHO, 2015. The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification 2004. UNEP, IPCS, IOMC, 60sayfa. ISBN.9241546638

Yunker, M. B., Backus, S. M., Pannatier, E. G., Jeffries, D. S., & Macdonald, R. W. (2002). Sources and significance of alkane and PAH hydrocarbons in Canadian arctic rivers. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *55*(1), 1-31

EKLER

EK-1: EPA Poliaromatik Hidrokarbon Listesi

No	Bileşik	Kısaltma	Molekül Yapısı
1	Naftalin	NAP	
2	Asenaftilen	ACL	
3	Asenaften	ACE	
4	Floren	FL	
5	Fenantren	PHE	
6	Antrasen	ANT	
7	Floranten	FLA	
8	Piren	PYR	
9	Benz(a)Antrasen	BaA	
10	Krisen	CHR	
11	Benzo(b)Floranten	BbF	
12	Benzo(k)Floranten	BkF	
13	Benzo(a)Piren	BaP	
14	İndeno(1,2,3cd)Piren	IP	
15	Dibenz(ah)Antrasen	DbahA	

16	Benzo(ghi)Perylene	BghiP	

EK-2: Organoklorlu Pestisit Listesi

No	Bileşik	Kısaltma
1	alpha-Hexachlorocyclohexane	α-HCH
2	beta-Hexachlorocyclohexane	β-HCH
3	gamma-Hexachlorocyclohexane	γ-HCH
4	delta-Hexachlorocyclohexane	δ-HCH
5	epsilon-Hexachlorocyclohexane	ε-HCH
6	Pentachlorobenzene	PeCB
7	Hexachlorobenzene	HCB
8	Pentachloroanisole	PCA
9	Octachlorostyrene	OCS
10	4,4′-Dichlorodiphenyltrichloroethane	4,4′-DDT
11	2,4′-Dichlorodiphenyltrichloroethane	2,4′-DDT
12	4,4′-Dichlorodiphenyldichloroethane	4,4′-DDD
13	2,4′--Dichlorodiphenyldichloroethane	2,4′-DDD
14	4,4′-Dichlorodiphenyldichloroethene	4,4′-DDE
15	2,4′-Dichlorodiphenyldichloroethene	2,4′-DDE
16	trans-Chlordane	t-CHL
17	cis-Chlordane	c-CHL
18	oxy-Chlordane	OXC
19	Heptachlor	
20	cis-Heptachloroepoxide	c-HE
21	trans-Heptachloroepoxide	t-HE
22	Aldrin	
23	Dieldrin	
24	Endrin	
25	Endosulfan-I	(END)-I
26	Endosulfan-II	(END)-II
27	Endosulfan-sulfate	(END)-S
28	Methoxychlor	MOC
29	Mirex	

EK-3: Kullanılan Malzemelerin ve Çalışma Alanının Temizlenmesi

Örnekleme sırasında, analiz boyunca kullanılacak cam malzemelerin, kullanılan kimyasalların, çözücülerin ve örneklere kirlilik bulaştıracağı düşünülen diğer malzemelerin temizlenmesi, girişimin azaltılması ve mümkün olduğunca en doğru sonuç alınabilmesi için gereklidir. Organiklerin analizinde kullanılacak kimyasal malzemelerin temizliği ile ilgili detaylar aşağıda listelenmiştir:

- Tüm cam malzemeler deterjan ile yıkanıp, çeşme suyu ile durulanmalıdır.
- Derecesiz ve ısıya dayanıklı kaplar 350° C'de 4 saat boyunca kül fırınında bekletilerek organik kirlilikten arındırılmalıdır.
- Dereceli cam kaplar kromik asitte bir gece bekletilip, önce çeşme suyu ile durulanıp ardından saf su ile çalkalanmalıdır.
- Temizlik işleminden sonra, tüm cam malzemelerin ağızları alüminyum folyo veya cam kapaklar ile kapatılarak saklanmalıdır.
- Kullanımdan hemen önce aseton, daha sonra n-hekzan veya n-pentan gibi non-polar bir çözücü (genellikle ekstraksiyonda kullanılan çözücü) ile çalkalanır.
- En son çalkalamada kullanılan hekzan çözücüsü istenirse UV spektrometrede analize tabi tutularak camdan gelen olası kirlilikler tespit edilebilmelidir (Değiştirilmiş IOC, 1989; HELCOM, 2015).
- Kullanılan çözücülerin saflığını kontrol etmek için çözücü ilk hacmin %10'u kalacak şekilde konsantre edilerek HPLC ya da GC'de örnek gibi analiz edilmelidir. Ölçüm sonucunda, çözücünün içindeki organik konsantrasyonunun girişim yapacak konsantrasyonda olmaması gerekmektedir (HELCOM, 2015).
- Laboratuvar havasının da organik kirleticiler açısından kontrol edilmesi ölçümlerin doğruluğu açısından önemlidir. Laboratuvar havasının kontrol edilmesi amacıyla bir petri kabına 2 gr C18 ile işaretli silika jel konulur ve 2 hafta laboratuvarda açıkta bekletilir. Daha sonra silika jel 10 mL, %10'luk dietileter/hekzan ile elue edilir. Eluat konsantre edilir ve organik kirletici konsantrasyonu GC-MS'te ölçülür. Bu konsantrasyon <1 ng'dan az ise laboratuvar havasının analiz şartlarına uygun olduğu kabul edillebilir (HELCOM, 2015).
- Tüm kimyasallar ve adsorpsiyon materyallerinin saf ve temiz olup olmadığı kontrol edilmeli, kirli olanlar ise, kullanılmadan hemen önce temizlenmelidir. Örneğin, sokslet ektraksiyonunda kullanılan selüloz kartuşlar ve cam yünü önceden sistemde ekstrakte edilerek temizlenmelidir. Sokslet ektraksiyonunda selüloz kartuş yerine cam kartuş ya da delikli cam filtre (G1 glass filter) kullanımı tercih edilmelidir. Önceden temizlenmiş malzemelerin uzun süre saklanması durumunda havadan kirleneceği düşünüldüğünden, kullanmadan önce temizlenmesi daha uygun olacaktır. Tüm bu kontaminasyon kaynakları, özellikle uçucu bileşiklerde blank değerini yükselteceği için bu ayrıntıların uygulanması önem taşımaktadır. Sudaki organik kirleticilerin konsantrasyonu düşük olduğu için blank örnek sonuçlarının yüksek olması doğru sonuca ulaşılmasını daha da zorlaştıracaktır.

EK-4: Clean-up Yöntemleri

Bir çok durumda özellikle sediman ve biyota örneklerinde çok basamaklı saflaştırma metodu olan clean-up ya da fraksiyonlamaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bazı durumlarda hem clean-up hem de fraksiyonlama aynı anda yapılmalıdır. Sediman ve biyotanın ekstraksiyonu sırasında hedef kirleticilerin yanında birçok istenmeyen girişim yapan bileşikler de ekstrakte edilir. Bu istenmeyen ve girişim yapan bileşikler clean-up ile örnekten uzaklaştırılarak maksimum hassasiyet ve saflık sağlanmalıdır. Ekstrakte edilmiş örnek içerisinde bulunan ve final örneği etkileyen parametreler;

- Yağlar, kolona, enjektöre ve dedektöre zarar verebilir.
- Diğer kontaminantlarla hedef kirleticiler birlikte elue olduğunda girişim yaparak hedef analitin bozulmasına neden olabilir.

Ekstraksiyon sonrasında farklı alt grup bileşiklerin birbirleriyle girişim yapmaması için fraksiyonlama yapılır. Fraksiyonlama aşamasında geleneksel teknikler yani alümina, silika jel, florosil veya karbon kolon kullanılır. Alümina, silika jel ve florosil, farklı kolon çaplarında, farklı göz genişliğinde ve farklı aktivite seviyelerinde hazırlanabilir. Bazen bir kaçı bir arada bazen de tek tek kullanılabilirler. Alkalin (sabunlaşma; saponification) ya da sülfürük asit uygulamasının ardından, örnekte bazen parçalanma yığınlarını tutmak için adsorpsiyon kolonlarına da ihtiyaç duyulur. Onaylı EPA Metot 3630C, 3610B ve 3620B'de (silika jel, florosil ve alümina ile clean-up) katı örneklerden istenmeyen organiklerin arındırılmasıyla ilgili metotlar yer almaktadır. Bazı kolonların hazırlanma basamakları aşağıda detaylarıyla verilmiştir.

1. Silika Gel Ve Alümina Kolon Dolgu Malzemelerinin Hazırlanması

Silika gel ve alümina önce metanol ile daha sonra hekzan ile 8'er saat Sokslet ekstraksiyonu ile önceden temizlenmelidir. Çözücünün buharlaştırılması için önce 60°C' de daha sonra 200°C' de kurutulan bu adsorbanlar, koyu renkli (amber) şişelerde saklanmalıdır. Bu adsorbanlar, kullanmadan önce, 200°C 'de 4 saat aktive edilmeli ve kısmen %5 su ile deaktive edilmiş olmalıdır.

1.1. Asidik silika (%40 H_2SO_4 (w/w)) Hazırlanması

- Yuvarlak tabanlı 1 L hacimli bir şişe içine 300 g silika jel konarak üzerine 200 g H_2SO_4 eklenir.
- 1 cm^3 ten daha geniş topaklar oluşmayacak şekilde elle çalkalanarak karışım homojen hale getirilir.
- Daha sonra bir kaç saat için bir çalkalama makinesi üzerinde silika jel çalkalanır.
- Bir gece desikatörde bekletilir.

1.2. %8 su içeren Al_2O_3 'ün hazırlanması (GEF/UNEP, 2013)

- Yuvarlak tabanlı balon içerisine 92 g AI_2O_3 ve 8 g demineralize su ilave edilir.
- 1 cm^3 ten daha geniş topaklar oluşmayacak şekilde elle çalkalanarak karışım homojen hale getirilir.

- Daha sonra bir kaç saat için bir çalkalama makinesi üzerinde AI_2O_3 çalkalanır.
- Bir gece desikatörde bekletilir.

1.3. %1,5 su ile deaktive edilmiş silikanın hazırlanması (GEF/UNEP, 2013)

- Yuvarlak tabanlı balon içerisine yaklaşık 500 g silika jel konur.
- Silika jel 1 gece 140 °C' de fırında ısıtılır ve daha sonra bir desikatör içinde oda sıcaklığında soğumaya bırakılır.
- 98,5 g silika jel içine 1,5 g demineralize su eklenir.
- 1 cm^3 ten daha geniş topaklar oluşmayacak şekilde elle çalkalanarak karışım homojen hale getirilir.
- Daha sonra bir kaç saat için bir çalkalama makinesi üzerinde silika jel çalkalanır.
- Bir gece desikatörde bekletilir.

2. Silika gel ve Alümina kolon hazırlanması

Clean-up kromatografi kolonu olarak, cam musluğunun yakınına dolgu maddesinin kaçışını engelleyecek bir cam yünü parçası eklenmiş ya da fritli 50 mL lik (1 cm çaplı) cam büret tercih edilir. Ön işlemleri yapılmış 5 gr (ya da 10 mL) silika gel ve onun üzerine 10 g (ya da 10 mL) alümina (önceden temizlenmiş) eklenir. Hazırlanan kolonun en üstüne çözücüler döküldüğü zaman ilk tabakanın dağılmasını önlemek için 1 g susuz Na_2SO_4 eklenmesi gerekmektedir. Her bir örnek ve blank için hazırlanan kolonlar ayrı olmalıdır.

3. Silika Jel Kolonun Hazırlanması

3.1. PAH

10 gram silika jel daha önce diklorometan ile doldurulmuş cam kolona (10 mm iç çap, 25 cm uzunluk) eklenir. Üzerine 1-2 cm olacak şekilde susuz Na_2SO_4 eklenir. Kolon 40 mL hekzan ile yıkanır (2 mL/dakika hızla) ve hekzan atılır. Bir önceki aşamadan uçurulan örnek kolona eklenir, üzerine 25 mL hekzan ilave edilir ve eluant atılır. Daha sonra kolona hekzan:diklorometan (3:2) eklenir ve kolondan çıkan eluant toplanır.

3.2. PCB ve Pestisit

100/200 çaplı silika jel, yayvan bir kapta ağzı alüminyum folyo ile kapatılarak 16 saat 130ºC'de aktive edilmelidir. Deaktivasyon için %3,3 ultra saf su ile (reagent water) cam bir kapta 6 saat boyunca çalkalanarak homojenlik sağlanmalıdır. Hazırlanan silika jel desikatör içerisinde ağzı kapalı şekilde saklanmalıdır. 3 gr deaktive silica jel altı cam pamuğu ya da cam frit ile kapalı 10 mm iç çaplı kolona dökülür. Üzerine 2-3 cm yüksekliğinde susuz Na_2SO_4 eklenir. Kolon 10 mL hekzan ile yıkanır. Kolonun kurumaması için kolon altındaki çeşme yada ağzı kapatılarak tüm hekzanın süzülmesi engellenir. Kolonu elue eden hekzan atılır. Hekzan içindeki örnek ekstraktı (1-2 mL) kolona eklenir. Örnek şişesi 1-2 mL hekzan ile yıkanıp kolonun üzerine eklenir. Kolon dakikada 5 mL akış hızında 80 mL hekzan ile elue edilir (1. Fraksiyon), eluat atılır. Kolon daha sonra 50 mL hekzan

ile tekrar yıkanır (fraksiyon 2), eluat toplanır. Son olarak kolon 15 mL diklorometan ile elue edilir (fraksiyon 3).

4. Sabunlaştırma (Saponification)

- Total organik ekstrakt hacmine bağlı olarak örneğe 5-10 mL %60 KOH çözeltisi eklenir.
- Tek fazlı bir sistem oluşturmak için yaklaşık 10-15 mL etanol ilave edilir.
- Ayırma hunisi temizleme amacıyla 100 mL pentan ile durulanır.
- Örnek ayırma hunisi içine alınır ve 50 mL su ve 10 mL pentan eklenir. Çalkalanıp, iki fazın ayrılmasını beklenir, ayrılan su fazı atılır.
- Tekrar edilen işlemde bu aşamada sadece 50 mL su eklenir, Çalkalanır, 2 fazın ayrılmasını beklenir, ayrılan su fazı atılır.
- Örnek döner buharlaştırıcıda 2 mL'ye kadar uçurulur, alifatik ve aromatik fraksiyonların ayrılması amacıyla kolon kromatografisi ile fraksiyonlama işlemine geçilir.

5. Sedimandan Kükürt ve Kükürtlü Bileşiklerinin Uzaklaştırılması

Kükürt gideriminde 2 farklı kimyasal içeren teknik kullanılmaktadır: bakır tozu ve tetrabütilamonyum sülfit (TBA-sülfit). Bunların içerisinde pestisit ve organik bileşiklere en az zarar veren TBA-sülfit ile yapılan işlemdir. Bakır tozu, organofosforluların ve bazı pestisitlerin parçalanmasına neden olmaktadır.

5.1. Bakır Tozunun Hazırlanması (EPA 3660B)

Bakır tozunu istenmeyen, eser düzeydeki organik kirlilikten temizlemek için nitrik asitle yıkanır ve organikçe temiz distile su (reagent water) ile çalkalanır. Daha sonra asetondan geçirilir ve azot gazı altında kurutulur.

5.2. Bakır Süspansiyonunun Hazırlanması (Alternatif Yöntem) (UNEP, 1992)

Bakırın aktivasyonu aşamaları aşağıdaki adımlar izlenerek gerçekleştirilir.

- 6-7 gram bakır (örnek başına) 250 mL'lik behere alınır.
- Üzerini tamamen kapatacak kadar konsantre asit (hidroklorik veya nitrik asit) ile çalkalanır ve dökülür.
- Tekrar asit eklenerek 20 dakika ultrasonik su banyosunda bekletilir, daha sonra dökülür. Bu işlem 3 kez tekrarlanır.
- Üzerini kapatacak kadar saf su eklenip çalkalanır ve dökülür. Bu işlem 3 kez tekrarlanır.
- Tekrar saf su eklenir,10 dakika ultrasonik çalkalayıcıda bekletilir ve dökülür. Tekrarlama işlemi dökülen suyun pH değeri saf suyun pH değerine yaklaşıncaya kadar devam eder.
- Daha sonra bakırın üzerini tamamen kapatacak şekilde aseton eklenir, 10 dakika ultrasonik çalkalayıcıda bekletilir ve dökülür. Bu işlem 3 kez tekrarlanır.

- Son olarak, bakırın üzerini tamamen kapatacak şekilde n-hekzan eklenir. 10 dakika ultrasonik çalkalayıcıda bekletilir. Bu işlem 3 kez tekrarlanır.

NOT: Bakırın örnek hazırlama işlemlerinden bir gün önce aktive edilmesi tavsiye edilir. Kararan bakır işlemlerde kullanılmamalıdır. Aktive edilmiş bakırın saklanması aşamasında havayla teması kesilmesi gerekmektedir. Bu nedenle hekzan içerisinde

5.3. Tetrabütilamonyum (TBA)-sülfit kullanımı (EPA 3660B)

3,39 g Tetrabütilamonyumhidrojen sülfat (tetrabutylammonium hydrogen sulfate (TBA); $[CH_3(CH_2)_3]_4NHSO_4$) 100 mL organik maddelerden arındırılmış destile suda (organic free reagent) çözülür. Hazırlanan solventin organik maddelerden arındırıldığından emin olmak için 3 kez 20 mL hekzan ile ektrakte edilir. Hekzan fazı atılır. Daha sonra 25 g sodyum sülfit (Sodium sülfite (Na_2SO_3) solüsyona eklenir. Hazırlanan solvent PTFE kapaklı amber şişede saklanır. Hazırlanan solüsyon oda sıcaklığında en az 1 ay saklanabilir.

NOT: Çözücü hacimleri 1 mL'nin altına indiğinde yarı uçucu bileşikler kaybedilebilir. Bakır, organofosfor ve bazı organoklorlu pestisitleri degrede edebilirken, TBA-sülfit metodu pestisitler ve organik bileşiklerde daha az miktarda degredasyona sebep olmaktadır.

EK-5: Clean-up İşleminde PCB ve Pestistlerin Fraksiyonlardaki Dağılımı

Bileşik	Fraksiyon-1	Fraksiyon-2	Fraksiyon-3	Toplam Geri Kazanım
α-HCH			82 (1,7)	82 (1,7)
β-HCH			107 (2,1)	107 (2,1)
γ-HCH			91 (3,6)	91 (3,6)
δ-HCH			92 (3,5)	92 (3,5)
Heptaklor	109 (4,1)			109 (4,1)
Aldrin	97 (5,6)			97 (5,6)
Heptaklor epoksit			95 (4,7)	95 (4,7)
Teknik klorden	14 (5,5)	19 (6,8)	29 (5,0)	62 (3,3)
Endosülfan I			95 (5,1)	95 (5,1)
4,4'-DDE	86 (5,4)			86 (5,4)
Dieldrin			96 (6,0)	96 (6,0)
Endrin			85 (10,5)	85 (10,5)
Endosülfan II			97 (4,4)	97 (4,4)
4,4'-DDD			102 (4,6)	102 (4,6)
Endrin aldehit			81 (1,9)	81 (1,9)
Endosulfan sülfat			93 (4,9)	93 (4,9)
4,4'-DDT		86 (13,4)	15 (17,7)	101 (5,3)
4,4'-Methoksiklor			99 (9,9)	99 (9,9)
Toksofen		15 (2,4)	73 (9,4)	88 (12,0)
Aroklor-1016	86 (4,0)			86 (4,0)
Aroklor-1260	91 (4,1)			91 (4,1)

EK-6: Kuru Ağırlık ve Ekstrakte olabilen Organik Madde Tayini

1. Kuru Ağırlık Tayini (EPA 3530C)

Organik kirletici sonuçları sediman örneklerinde yaş ya da kuru ağırlık olarak ifade edilir. Sediman örnekleri ekstraksiyon için tartılırken eş zamanlı olarak kuru ağırlığın da belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla, 5-10 gram örnek bir kroze içinde tartılır ve 105º C'de etüvde gece boyunca kurutulur. Kurutulan örnek sabit tartıma gelinceye kadar desikatör içinde bekletilir. Kuru ağırlık aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$\%\ \text{Kuru ağırlık} = \frac{\text{Kurutulmuş örnek (gram)}}{\text{Islak örnek (gram)}} \times 100$$

2. Ekstrakte olabilen Organik Madde (EOM) (Değiştirilmiş UNEP/IAEA, 1982)

Sokslet, ultrasonik ya da mikrodalga ektraksiyon sonrasında 1-2 mL ekstrakt önceden darası alınmış kaplara konarak ve solventin uçması sağlanarak sabit tartıma gelinceye kadar beklenir. Son tartımdan kabın darası çıkartılarak kalan miktar (bakiye) yaklaşık ±1 µg doğrulukla tartılır. Eğer bakiye 2 µg'dan az ise o zaman ekstrakt miktarı artırılarak orjinal ekstraktın zenginleştirilmesi sağlanmalıdır. EOM miktarı aşağıdaki formül ile hesaplanabilir:

$$\text{EOM (µg/g)} = \frac{\text{Bakiye ağırlığı (µg)} \times \text{Ekstrakt hacmi (mL)} \times 1000}{\text{Uçurulmuş hacim (µL)} \times \text{Ekstrakte edilen örnek miktarı (g)}}$$

EK-7: Sedimanda pH ve Redoks Potansiyeli Ölçümleri

1. pH Ölçümü

Sedimanın pH değeri, ilgili numunenin toksik değerinin tahmin edilebilmesi için önemlidir, bu sebeple ölçülmelidir ve pH ölçümü numune alındığında arazide yapılmalıdır. Sedimanda pH ölçümü için iki tane yöntem mevcuttur. Bunlardan birincisi numune alınır alınmaz, pH elektrodunun daldırılması ile yapılandır. Bu yöntemde pH elektrodu sediman örneğine yaklaşık 2 cm kadar batırılması ile ölçülür. İkinci yöntemde ise 10 gram sediman alınır ve 25 ml destile su ilave edilip, 22 °C ± 2 °C'de 60 dakika manyetik karıştırıcı ile karıştırılır. 2 saat kadar çökelme için bekletildikten sonra pH metre kullanılarak ölçüm yapılır.

2. Redoks Potansiyeli (Eh) Ölçümü

Sedimanın redoks potansiyeli (Eh), bu parametrenin kararsız doğasından dolayı, numune alınır alınmaz ölçülmelidir. Redoks potansiyeli platinyum elektrodu ve pH/milivolt metre kullanılarak ölçülebilir. Elektrodun, numuneye 2 cm batırılması ile ölçüm işlemi yapılır, elektrot değeri sabitlendiğinde, okunan değer not edilir. Her ölçümden sonra elektrotlar destile su ile yıkanmalıdır.

EK 8: Sediman için Numune Alma Tutanağı Örneği

Proje:
Örnekleme Tarihi:
Saat:
Örnekleme Yapan:
Hava Koşulları:

Numune Alma Yeri Tanımı:
Su Kütlesi Adı:
Nehir Uzunluğu:
Enlem - Boylam:
Örnekleme Yeri Açıklama:

Ortam Bilgileri (Su):
İletkenlik:
Çözünmüş Oksijen:
pH:
Sıcaklık:
Debi:

Sediman Örnekleme Bilgileri:
Sediman Üzerindeki Suyun derinliği:
Sediman Örnekleme Derinliği:
Örnekleme Ekipmanı:
Numune Tipi: Anlık numune □ Kompozit numune □
Şahit Numune Alındı mı?: Evet □ Hayır □
Şahit Numune ID/İsim:
Tekrarlanan Numune Alındı Mı? Evet □ Hayır □
Tekrarlanan Numune ID/İsim:
Numune Bilgisi:
Sediman pH:
Renk (Munsell toprak rengi grafik sayısı):
Doku (Parçacık boyutu tanımı):
Koku:
Ek Yorumlar:

EK-9: Türkiye için Belirlenen Öncelikli Kirleticiler Listesi

No	CAS No	Kimyasal
1	15972-60-8	Alaklor
2	120-12-7	Antrasen
3	1912-24-9	Atrazin
4	71-43-2	Benzen
5	32534-81-9	Bromlu difenileter
6	7440-43-9	Kadmiyum ve bileşikleri*
7	85535-84-8	C10-13-Kloroalkanlar
8	470-90-6	Chlorfenvinphos
9	2921-88-2	Chlorpyrifos (Chlorpyrifos-etil)
10	107-06-2	1,2-dichloroe-an
11	75-09-2	Diklorometan
12	117-81-7	Di(2-etilhekzil)fitalat (DEHP)
13	330-54-1	Diuron
14	115-29-7	Endosulfan
15	206-44-0	Floranten
16	118-74-1	Hekzakloro-benzen
17	87-68-3	Hekzakloro-bütadien
18	608-73-1	Hekzakloro-siklohekzan
19	34123-59-6	Isoproturon
20	7439-92-1	Kurşun ve bileşikleri
21	7439-97-6	Cıva ve bileşikleri
22	91-20-3	Naftalin
23	7440-02-0	Nikel ve bileşikleri
24	84852-15-3	Nonilfenol (4-Nonilfenol)
25	140-66-9	Oktilfenol ((4-(1,1' ,3,3' -tetrametilbütil)-fenol))
26	608-93-5	Pentakloro-benzen
27	87-86-5	Pentakloro-fenol
28	-	Poliaromatik hidrokarbonlar (PAH)
	50-32-8	Benzo(a)piren
	205-99-2	Benzo(b)floranten
	207-08-9	Benzo(k)floranten
	191-24-2	Benzo(g,h,i)perilen
	193-39-5	Indeno(1,2,3)piren
29	122-34-9	Simazin
30	36643-28-4	Tributilkalay bileşikleri (Tributilkalay-katyonu)
31	12002-48-1	Trikloro-benzenler
32	67-66-3	Trikloro-metan
33	1582-09-8	Trifluralin
34	115-32-2	Dikofol
35	1763-23-1	Perflorooktan sülfonik asit ve türevleri (PFOS)
36	124495-18-7	Kinoksifen
37		Dioksinler ve dioksin benzeri bileşikler

No	CAS No	Kimyasal
38	74070-46-5	Aklonifen
39	42576-02-3	Bifenoks
40	28159-98-0	Sibutrin
41	52315-07-8	Sipermetrin
42	62-73-7	Diklorvos
43		Hekzabromo-siklododekan (HBCDD)
44	76-448/1024-57-3	Heptaklor ve heptaklor epoksit
45	886-50-0	Terbutrin

EK-10: Avrupa Birliği Öncelikli Kirleticiler Listesi

Tablo-10-1: AB İlk belirlenen öncelikli kirleticiler

No	CAS No	Kimyasal
1	15972-60-8	Alachlor
2	120-12-7	Anthracene
3	1912-24-9	Atrazine
4	71-43-2	Benzene
5	32534-81-9	Brominated diphenylether (congener numbers 28, 47, 99, 1s00, 153 and 154)
6	7440-43-9	Cadmium and its compounds
7	85535-84-8	Chloroalkanes, C10-13
8	470-90-6	Chlorfenvinphos
9	2921-88-2	Chlorpyrifos (Chlorpyrifos-ethyl)
10	107-06-2	1,2-Dichloroethane
11	75-09-2	Dichloromethane
12	117-81-7	Di(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP)
13	330-54-1	Diuron
14	115-29-7	Endosulfan
15	206-44-0	Fluoranthene
16	118-74-1	Hexachlorobenzene
17	87-68-3	Hexachlorobutadiene
18	608-73-1	Hexachlorocyclohexane
19	34123-59-6	Isoproturon
20	7439-92-1	Lead and its compounds
21	7439-97-6	Mercury and its compounds
22	91-20-3	Naphthalene
23	7440-02-0	Nickel and its compounds
24	25154-52-3/ 104-40-5	Nonylphenols 4-nonylphenol
25	1806-26-4 140-66-9	Octylphenols 4-(1,1',3,3'-tetramethylbutyl)-phenol)
26	608-93-5	Pentachlorobenzene
27	87-86-5	Pentachlorophenol
28	yok 50-32-8 205-99-2 191-24-2 207-08-9 193-39-5	Polyaromatic hydrocarbons Benzo(a)pyrene Benzo(b)fluoranthene Benzo(g,h,i)perylene Benzo(k)fluoranthene Indeno(1,2,3-cd)pyrene
29	122-34-9	Simazine
30	yok 36643-28-4	Tributyltin compounds
31	12002-48-1	(Tributyltin-cation) Trichlorobenzenes
32	67-66-3	Trichloromethane (chloroform)
33	1582-09-8	Trifluralin

Tablo 10-2: Öncelikli kirleticilere eklenen kirleticiler.

No	CAS No	Adı
1	56-23-5	Carbon-tetrachloride
2	Yok 50-29-3	DDT total para-para-DDT
3	309-00-2	Aldrin
4	60-57-1	Dieldrin
5	72-20-8	Endrin
6	465-73-6	Isodrin
7	127-18-4	Tetrachloro-ethylene
8	79-01-6	Trichloro-ethylene

EK-11: Değerlendirme Amacı ile Kullanılan Yöntemler

1. Toksisite Eşdeğeri Hesaplaması

Dioksin/Furan ve PCB'ler için aşağıdaki formül ve Tablo 1'deki TEF değerleri kullanılarak hesaplanır. Daha sonra hesaplanan TEQ değeri ulusal ve uluslararası sınır değerler ile karşılaştırılır.

$$\square\square\square = \sum_{\square}(\square\square\square\square_{\square} \times \square\square\square_{\square}) + \sum_{\square}(\square\square\square\square_{\square} \times \square\square\square_{\square}) + \sum_{\square}(\square\square\square_{\square} \times \square\square\square_{\square})$$

Tablo 11-1. Dioksin ve Dioksin Benzeri PCB'ler için TEF değerleri (WHO 1998 ve 2005).

Bileşik	**WHO 1998**	**WHO 2005**	**KOK'lara ilişkin Yönetmelik taslak değerleri (2016)**
2,3,7,8-TCDD	1	1	1
1,2,3,7,8-PeCDD	1	1	1
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,1	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,1	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,1	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,01	0,01	0,01
OCDD	0,0001	0,0003	0,0003
2,3,7,8-TCDF	0,1	0,1	0,1
1,2,3,7,8-PeCDF	0,05	0,03	0,03
2,3,4,7,8-PeCDF	0,5	0,3	0,3
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,1	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,1	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0,1	0,1	0,1
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,1	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,01	0,01	0,01
1,2,3,6,7,8,9-HpCDF	0,01	0,01	0,01
OCDF	0,0001	0,0003	0,0003
3,3',4,4'-tetraCB (PCB 77)	0,0001	0,0001	
3,4,4',5-tetraCB (PCB 81)	0,0001	0,0003	
3,3',4,4',5-pentaCB (PCB 126)	0,1	0,1	
3,3',4,4',5,5'-hexaCB (PCB 169)	0,01	0,03	
2,3,3',4,4'-pentaCB (PCB 105)	0,0001	0,00003	
2,3,4,4',5-pentaCB (PCB 114)	0,0005	0,00003	
2,3',4,4',5-pentaCB (PCB 118)	0,0001	0,00003	
2',3,4,4',5-pentaCB (PCB 123)	0,0001	0,00003	
2,3,3',4,4',5-hexaCB (PCB 156)	0,0005	0,00003	
2,3,3',4,4',5'-hexaCB (PCB 157)	0,0005	0,00003	
2,3',4,4',5,5'-hexaCB (PCB 167)	0,00001	0,00003	
2,3,3',4,4',5,5'-heptaCB (PCB 189)	0,0001	0,00003	

PAH'lar için ise TEQ değeri aşağıdaki formül ve TEF değerlerine göre hesaplanır.

$$\square\square\square = \sum_{\square}(\square\square\square_{\square} \times \square\square\square_{\square})$$

Tablo 11-2. Kanserojen PAH bileşiklerine ait TEF değerleri (US EPA, 1993).

Bileşik	**TEF**
Benzo(a)pyrene	1
Benzo(a)anthracene	0,1
Benzo(b)fluoranthene	0,1
Benzo(k)fluoranthene	0,1
Chrysene	0,01
Dibenzo(a,h)anthracene	0,1
Indeno(1,2,3cd)pyrene	0,1

2. Sediman için Değerlendirmelerde Kullanılan Sınır Değerler

Tablo 11-3. Sediman için ERL ve ERM değerleri (Long ve MacDonald, 1998).

Bileşik	**ERL-ERM (ng/g)**
Naphthalene	160-2100
Acenaphthylene	44-640
Acenaphthene	16-500
Fluorene	19-540
Phenanthrene	240-1500
Anthracene	85,3-1100
Fluoranthene	600-5100
Pyrene	665-2600
Benzo(a)anthracene	261-1600
Chrysene	384-2800
Benzo(a)pyrene	430-1600
Dibenzo(a,h)anthracene	63,4-260
T-PAH	4022-44792
Toplam DDT	1,58-46,1
Toplam PCB	22,7-180
Chlordane	0,5-6
Dieldrin	0,02-8
Endrin	0,02-8
Lindane	0,32-1

11-3. PAH Kaynaklarının Belirlenmesi Amacıyla Kullanılan Bazı İndisler

PAH oranları	Kaynak	Referans
FL / (FL+PYR)	>0,5 pirolitik <0,5 petrojenik	Ravindra vd., 2008
PHE / ANT	<10 pirolitik >10 petrojenik	Tiganuş vd., 2013
ANT / (ANT+PHE)	>0,1 pirolitik <0,1 petrojenik	Pies vd., 2008
ANT / 178	>0,1 pirolitik <0,1 petrojenik	Tiganuş vd., 2013
BaA / 228	>0,2 pirolitik <0,2 petrojenik	Tiganuş vd., 2013
FLA / PYR	>1 pirolitik <1 petrojenik	Baumard vd., 1998
FLA / (FLA+PYR)	>0,5 pirolitik <0,5 petrojenik	Budzinski vd., 1997
BaA / (BaA + CHR)	> 0,2 pirolitik < 0,2 petrojenik	Yunker vd., 2002
IP / (IP + BghiP)	> 0,2 pirolitik < 0,2 petrojenik	Yunker vd., 2002
LMW/HMW PAH*	>1 pirolitik <1 petrojenik	Zhang vd., 2008
Toplam PAH index**	>4 pirolitik <4 petrojenik	Mannino vd., 2008

* LMW : 2-3 halkalı PAH bileşikleri, HMW: 4-5 halkalı PAH bileşikleri

** Toplam PAH İndeksi= $\frac{\frac{FL}{(FL+PYR)}}{0,4} + \frac{\frac{ANT}{178}}{0,1} + \frac{\frac{BaA}{228}}{0,2} + \frac{\frac{IP}{(IP+BghiP)}}{0,2}$

11-4 : Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Tebliği (RG:29 aralık 2011) ekinde gıda amaçlı su rünlerinde incelenmesi gereken parametreler ve sınır değerleri (GTHB, 2011)

Gıda			**Maksimum limit değeri**
	Dioksinler ve PCB'ler		**Max. Limit**
	Toplam Dioksin (WHO/PCDD/F-TEQ)	**Dioksin benzeri PCB'lerin toplamı ((WHO/PCDD/F-PCB-TEQ)**	**PCB28, PCB52, PCB101, PCB138, PCB153 ve PCB180 (ICES-6 toplamı)**
(5.3.) Balık eti, balıkçılık ürünleri ve bunlardan üretilen ürünler ve kabuklular. (yılan balığı tatlısu balıkları, balık karaciğeri ve ürünleri, deniz ürünlerinden elde edilen yağlar hariç) Balıkçılık ürünleri[25] ve balıkların kas etleri[23, 24] Max. Limit; kabuklularda başlı gövde kısmı hariç karın ve karın uzantısı kas etine uygulanır. Yengeç ve yengeç benzeri kabuklularda (Brachyura ve Anamura) appendages kas etine uygulanır.	3,5 (pg/g yaş ağırlık	6,5 (pg/g yaş ağırlık	75 (ng/g yaş ağırlık
(5.4) Tatlı su balıkları ve bunların ürünleri (denizlerden tatlı suya göç eden ancak tatlı suda yakalanan balık ve ürünleri hariç	3,5 (pg/g yaş ağırlık	6,5 (pg/g yaş ağırlık	125 (ng/g yaş ağırlık
(5.5) Yılan balığı eti (Anguilla anguilla) ve bunların ürünleri	3,5 (pg/g yaş ağırlık	10,0 (pg/g yaş ağırlık	300 (ng/g yaş ağırlık
(5.6.) Balık karaciğer ve bunların ürünleri (Bölüm 5.7'de belirtilen hariç)	--	20,0 (pg/g yaş ağırlık	200 (ng/g yaş ağırlık

(5.7.) Deniz ürünlerinden elde edilen yağlar (İnsan tüketimine sunulan balık yağı, balık karaciğeri yağı ve diğer deniz canlılarından elde edilen yağ)	1,75 (pg/g yağ	6,0 (pg/g yağ	200 (ng/g yağ
	Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH)		
(6.1.)	**Benzo(a)piren, benzo(a)anthrasen, benzo(b)floranthen ve krisen**	**Benzo(a)piren**	**Benzo(a)piren, benzo(a)anthrasen benzo(b)floranthen ve krisen toplamı**
(6.1.5.) Tütsülenmiş balık eti ve Bölüm 6.1.6. ve 6.1.7.'de belirtilen balıkçılık ürünleri hariç tütsülenmiş balıkçılık ürünleri. Max. Limit ; tütsülenmiş kabuklularda başlı gövde kısmı hariç karın ve karın uzantısı kas etine uygulanır. Tütsülenmiş yengeç ve yengeç benzeri kabuklularda (Brachyura ve Anamura) ise appendages kas etine uygulanır		5,0 µg/kg yaş ağ.(2014'e kadar) 2,0 µg/kg yaş ağ. (1/9/2014 tarihinden sonra)	30,0 µg/kg yaş ağ. (1.9.12012 tarihinden sonra) 12 µg/kg yaş ağ. (1.9.2014 tarihinden sonra)
(6.1.6.) Tütsülenmiş çaça balığı ve tütsülenmiş konserve çaça balığı (Sprattus sprattus), çift kabuklu yumuşakçalar (taze soğutulmuş veya dondurulmuş) son tüketiciye sunulan ısıl işlem görmüş et ve et ürünleri		5,0 µg/kg yaş ağ. (1.9. 2012 tarihinden sonra)	30,0 µg/kg yaş ağ. (1.9. 2012 tarihinden sonra)

Tütsülenmiş çift kabuklu yumuşakçalar		6,0 µg/kg yaş ağ.	35,0 µg/kg yaş ağ. (1.9. 2012 tarihinden sonra)

İhraç edilen su ürünlerinden sadece alabalık, çipura ve levrek ulusal kanunlar ve AB direktifi çerçevesinde belirlenen kirleticiler yönünden takip edilmektedir. Ayrıca yine kültürü yapılan bazı omurgasız canlılarda bu kapsamda incelenmektedir. Adı geçen su ürünlerinde yapılan örnekleme programları her yıl GTHB tarafından belirlenmektedir

Bölüm 11
Ötrofikasyon İzleme Kılavuzu

Hazırlayanlar:

Kılavuz Lideri

Prof. Dr. Dilek EDİGER	İstanbul Üniversitesi

Kılavuz Ekibi

Doç. Dr. Çolpan POLAT BEKEN	TÜBİTAK MAM
Dr. Mustafa MANTIKÇI	TÜBİTAK MAM
Dr. Vildan TÜFEKÇİ	TÜBİTAK MAM
Hakan ATABAY	TÜBİTAK MAM
Prof. Dr. Filiz KÜÇÜKSEZGİN	Dokuz Eylül Üniversitesi
Doç. Dr. İdil ERDEN PAZI	Dokuz Eylül Üniversitesi
Prof. Dr. Muzaffer FEYZİOĞLU	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Nebil YÜCEL	İskenderun Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Süleyman TUĞRUL	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Ersan KUZYAKA	TÜBİTAK MAM
Dr. İbrahim TAN	TÜBİTAK MAM
Hacer SELAMOĞLU ÇAĞLAYAN	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

İÇİNDEKİLER

TABLO DİZİNİ 2
ŞEKİL DİZİNİ 2
KISALTMALAR 3
TANIMLAR 4
1 GİRİŞ 5
2 AMAÇ 6
3 ÖRNEKLEME STRATEJİSİ (İZLEME ALANI, İSTASYON SAYISI, DERİNLİKLER ve ÖRNEKLEME SIKLIKLARI) 9
3.1 İstasyon Noktası ve Derinlikleri Belirleme 11
3.2 Örnekleme Dönemlerini Belirleme 11
4 ÖTROFİKASYON DEĞİŞKENLERİ ÖRNEKLEME, KORUMA ve ANALİZ YÖNTEMLERİ 13
4.1 Klorofil-a 13
4.1.1 Örnekleme ekipmanları 13
4.1.2 Saklama ve ön işlemler 13
4.1.3 Ölçüm yöntemi 14
4.2 Besin Tuzları 16
4.2.1 Örnekleme ekipmanları 16
4.2.2 Saklama ve ön işlemler 16
4.2.3 Ölçüm yöntemi 16
4.3 Çözünmüş Oksijen 18
4.3.1 Örnekleme ekipmanları 18
4.3.2 Saklama ve ön işlemler 19
4.3.3 Ölçüm yöntemi 19
4.4 Fitoplankton 19
5 VERİ KALİTESİ 19
6 RAPORLAMA 22
7 ÖLÇÜM SONUÇLARI DEĞERLENDİRME METODLARI 23
7.1 Su Kalitesi/Ekolojik Kalite Sınıflama Metotları 23
7.2 Trofik Durum Sınıflama Metotları 24
7.3 Su Çerçeve Direktifine Göre 5 Sınıflı Ekolojik Kalite Değerlendirmesi 25
7.4 Hassas Alan ve Az Hassas Alan Değerlendirmesi Yöntemi 28
KAYNAKLAR 32
EK Yapılan Deniz İzleme Çalışmalarına Göre Trofik Seviye Sınır Değerleri 34

TABLO DİZİNİ

Tablo 1 AB Direktifleri, Sözleşmeler ve Ulusal düzeyde Ötrofikasyonun Değerlendirilmesi 6
Tablo 2 Ötrofikasyon ile birlikte değerlendirilen bileşenlerin DSÇD – İÇD "Durum, Etki" ve "Baskı" Tanımlayıcıları ile olan ilişkisi 7
Tablo 3 Bölgesel Sözleşme (Barcelona ve Bükreş sözleşmeleri) gereklilikleri 8
Tablo 4 Deniz özelinde belirlenen izleme kriterleri 12
Tablo 5 TRIX İndeksine Göre Belirlenen Ötrofikasyon Riski Skalası 24

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1 Su Örnekleme Ekipmanları (A: Niskin Şisesi, B: Rozet sistemi) 13
Şekil 2 Klorofil-a ölçüm basamakları 14
Şekil 3 Çözünmüş oksijen örnekleme ekipmanları ve Winkler yöntemi ile ölçüm basamakları 18

KISALTMALAR

AB	:Avrupa Birliği
BSC	:Karadeniz'in Kirliliğe Karşı Korunması Komisyonu-Black Sea Commission
BSIMAP	:Karadeniz Bütünleşik İzleme ve Değerlendirme Programı-Black Sea Integrated Monitoring and Assessment Programme
CIL	:Soğuk Ara Su Tabakası-Cold Intermediate Layer
CRM	:Sertifikalı Referans Madde-Certified Reference Material
DDA	:Deniz Değerlendirme Alanı
DEKOS	:Deniz ve Kıyı Suları Kalite Durumlarının Belirlenmesi ve Sınıflandırılması Projesi
DSÇD	:Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi
DBİP	:Denizlerde Bütünleşik İzleme Programı (2011-2019)
EO	:Barselona Sözleşmesi Kapsamında Belirlenen Ekolojik Hedefler
EO1	:Ekolojik Hedef 1-Biyoçeşitlilik
FI_{max}	:Floresans Maksimum Derinliği
HELCOM	:Helsinki Komisyonu
HD	: AB Habitat Direktifi
IMAP	:Akdeniz Bütünleşik İzleme ve Değerlendirme Programı -Integrated Monitoring and Assessment Programme for the Mediterranean
İÇD	:İyi Çevresel Durum
KAAY	:Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği Hassas ve Az Hassas Su Alanları Tebliği
LAK	:Laboratuvarlar Arası Karşılaştırma Testleri
LOD	:Tayin Limiti-Limit of Detection
LOQ	:Ölçüm Limiti-Limit of Quantification
OSİB	: Orman ve Su İşleri Bakanlığı
OSPAR	:Oslo ve Paris Antlaşması-Oslo and Paris Conventions
RAMSAR	:Özellikle Su Kuşları Yaşama Ortamı Olarak Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanlar Hakkında Sözleşme
SDD	:Seki Disk Derinliği
YSKY	:Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği
TRIX	:Denizler için trofik indeks
UNEP	:Birleşmiş Milletler Çevre Programı

TANIMLAR

LOD	:Tayin limiti örnekte ölçülebilen fakat kesin olarak miktarı belirlenemeyen en düşük miktardır.
LOQ	:Ölçüm limiti sonucun belirli bir güvenilirlikle raporlanabildiği en küçük değerdir
Ötrofikasyon	:Deniz, göl gibi herhangi bir büyük su ekosisteminde, başta karalardan gelenler olmak üzere, çeşitli nedenlerle besin maddelerinin büyük oranda artması sonucu, plankton ve alg varlığının aşırı şekilde çoğalmasıdır.

1 GİRİŞ

Geçiş, kıyı ve deniz sularının besin tuzlarınca (özellikle azotlu ve fosforlu bileşiklerce) insan odaklı baskılar ile zenginleşmesi sonucu artan alg biyokütlesi ve birincil üretim ötrofikasyon sürecinin başlangıcı olup bu artışlara bağlı olarak değişen besin maddesi dengeleri de hem organizmalar arasındaki dengeyi hem de su kalitesini etkilemektedir. Bu yönü ile ötrofikasyon tüm denizel ekosistemin sağlık ve kalitesini etkileyen bir durumdur. Bu nedenle ötrofikasyonun izlenmesi ve değerlendirmesinde bütünleşik bir izleme programı baskı, durum ve etkileri takip etmek açısından gereklidir. Diğer yandan, kıyı ve deniz sularındaki fiziksel durum (karışım, su hareketleri, su kalış süresi, farklı su kütlesi özellikleri, tuzluluk değişimleri) ötrofikasyonun saptanması ve değerlendirmesini daha karışık hale getirir.

Oslo ve Paris Antlaşması (OSPAR) bu bütüncül yaklaşımı ötrofikasyon göstergelerini 4 kategoride toplayarak gerçekleştirmiştir (OSPAR, 2009). Birinci grup gösterge besin maddesi zenginleşme seviyesini (nehir ve noktasal girdiler, ortamdaki kış dönemi seviyeleri ve oranları), ikinci grup bu zenginleşmenin doğrudan etkilerini (klorofil a seviyesi, takibi gerekli görünen fitoplankton türünün artış eğilimini, makroalg ve makrofitlerin oportünistik tür yayılımını ve uzun ömürlü türlerden kısa ömürlü türlere kayışı), üçüncü grup bu zenginlemenin dolaylı etkilerini (oksijen azlığı ve hipoksik koşulların varlığını, buna bağlı balık ve makroomurgasızların ölüm ve azalışlarını, sedimanda organik madde zenginleşmesi) dördüncü grup ise bu zenginleşmenin olası etkilerini (algal toksinlerin midye ve balıkları etkiler hale gelmesi) içermektedir.

Benzer yaklaşım Avrupa Birliği Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (AB-DSÇD) karar (Commission Decision, 2010) ve kılavuz dökümanlarında (Zampoukas vd. 2014) da yer almaktadır. Ayrıca, UNEP/MAP (2016) taslak bütüncül izleme ve değerlendirme kılavuzunda da aynı yaklaşım sergilenmekte, OSPAR'da belirtilen göstergelerin kullanımının yanı sıra model eme, uzaktan algılama ve yerinde otomatik ölçüm cihazları ile alansal ve zamansal kapsamın arttırılmasının gerekliliğinin altı çizilmektedir.

UNEP/MAP COP 18 kararları ile onaylanan ekolojik hedefler doğrultusunda, ötrofikasyon için iyi çevresel durumun (İÇD) tanımına göre, insan kaynaklı ötrofikasyon en az seviyeye indirilecek ve özellikle ekosistem üzerindeki ters etkiler, biyoçeşitlilik kaybı, oksijen azlığı ve alg patlamalarının sıklığı önlenecektir. Bu kapsamda kabul edilen ortak göstergelere göre asgari bir izleme ve değerlendirme programının IMAP 2016 içinde oluşturulması sağlanmıştır (UNEP/MAP, 2016). Bu göstergeler; besin tuzları seviye ve oranları, klorofil-a seviyeleri, çözünmüş oksijen ve ışık durumu ile sınırlı olup OSPAR veya DSÇD göstergeleri göz önünde bulundurularak ve UNEP/MAP (2016)'daki öneriler doğrultusunda daha da geliştirilmesi gereklidir.

Asgari ötrofikasyon göstergelerinden olan klorofil-a fitoplankton biyokütlesi için en sıkça kullanılan, basit ve güvenilir bir göstergedir ve tüm bölge denizleri (OSPAR, HELCOM, UNEP/MAP, BSC) ve Avrupa denizleri (EEA) değerlendirmelerinde yaygın olarak kullanılır. Besin tuzu konsantrasyonları deniz sularının trofik durumunu değerlendirmek ve ötrofikasyonun nedenini belirlemek için kullanılabilir. Bu maddelerin seviyelerinin özellikle yüzey sularının zenginleştiği dönemlerde (örn: kış dönemleri) izlenmesi kritiktir. Çözünmüş oksijenin özellikle alt ve dip sulardaki konsantrasyonu ekosistem sağlığının bir göstergesi olarak kullanılır. Bu değişken

ve göstergelerin tümü AB Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi iyi çevresel durum göstergeleri ile Su Çerçeve Direktifi (SÇD) ekolojik kalite değişkenleri arasında yer almaktadır.

Bu kılavuz döküman Türkiye'yi çevreleyen Denizler için Bütünleşik İzleme Programı izleme gereksinimleri çerçevesinde ötrofikasyon düzeyinin takibine destek sağlamak amacı ile hazırlanmıştır. Fitoplankton, makrofitobentoz ve makrozoobentoz için aynı kapsamda hazırlanan ilgili diğer kılavuzların kullanılması hedeflenmelidir.

2 AMAÇ

Deniz suyunda ötrofikasyon göstergesi olan kritik değişkenler (besin tuzları, klorofil-a, çözünmüş oksijen, SDD ve fitoplankton), potansiyel antropojenik girdilerin etkilerinin belirlenmesi, mekansal dağılım ve zamansal eğilimlerin izlemesi ve bu değişkenler arasındaki ilişkiyi anlamak ve ötrofikasyon durumu tespiti için Bölgesel Sözleşmeler (Barcelona ve Bükreş) ve ulusal yönetmelikler kapsamında SÇD ve DSÇD ile ilişkili olarak izlenmektedir. Tablo 1, ötrofikasyon izleme değişkenlerinin ulusal ve bölgesel ölçekte nasıl ele alındığını özetlemektedir. Bu tabloya ek olarak OSPAR ve HELCOM bölgeleri için geliştirilen ve uzun dönemdir uygulanan ötrofikasyon izleme ve değerlendirme programları mevcuttur.

Tablo 1 AB Direktifleri, Sözleşmeler ve Ulusal düzeyde Ötrofikasyonun Değerlendirilmesi

AB – DSÇ D (1., 4., 5. ve 6. İÇD Tanımlayıcılarının ötrofikasyon izleme bileşeni ile ilgili olarak) Tanımlı özellikler/göstergeler	**AB-SÇD**	**AB-HD**	**RAMSAR**	**IMAP UNEP/MAP (2016)**	**BSC (2016)**	**Ulusal (İlgili yönetmelik ve programlar çerçevesinde)**
Fitoplankton tür kompozisyonu, bolluk, -biyokütle veya bunun göstergesi olarak " klorofil a", Diatom/dinof. Oranındaki sapma	Biyolojik kalite elemanı (BKE) olarak değerlendirilir		+	Sadece Klorofil-a seviyesi ve yönelimleri dikkate alınmıştır. Diğer göstergeler ekolojik objektif (EO1) ile ilişkilidir.	BSIMAP kapsamında biyo-çeşitlilik ile ilgili olarak	Kıyı ve geçiş suları için: Yerüstü Su Kontrolü Yönetmeliği 2016 ve Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelik, 2014. Türkiye Denizleri Bütünleşik İzleme Programı (2011-2019) dahilinde ve IMAP, BSIMAP ile ilişkili olarak
Düşük berraklıktan etkilenen deniz çayırlarının bolluğu ve yayılımı ile oportunistik alglerin çoğalması	BKE olarak	+	+	Ekolojik objektif (EO1) ile ilişkilidir.	Biyolojik çeşitlilik ile ilgili olarak	YSKYY(2016), DBİP dahilinde ve BSIMAP, IMAP ile ilişkili olarak
Besin maddeleri seviyeleri, direk ve dolaylı etkileri	Ekolojik kalite sınıflandırmasını destekler		+	Seviye ve yönelimleri. Etkiler: Klorofil-a olarak	Fraksiyon ve oranlardaki seviyeler	YSKY, KAAY ve DBIP dahilinde: Besin maddelerinin tüm fraksiyonlarının seviye takibi
Çözünmüş oksijenin seviyesi Riskli katmanlarda seviye değişimleri incelenir; dip vb.	Ekolojik kalite sınıflandırmasını destekler		+	+	Seviyelerin takibi: ara/alt tabakalar	YSKYY ve DBIP dahilinde: ara / alt tabakalarda seviyelerdeki zaman bağlı değişimlerin takibi
Değerlendirme araçları					TRIX, HEAT/ BEAST	KAAY ve ilgili tebliği T RIX, HEAT /BEAST

Tablo 2'de ötrofikasyonun diğer İÇD baskı ve durum/etki tanımlayıcıları ile ilişkisi sunulmuştur. Ötrofikasyon göstergelerinin bir kısmı (besin maddeleri, oksijen, klorofil-a, fitoplankton) nehir, kıyı ve deniz sularının hidrografisi, fiziksel koşullar ve bunlardaki değişimler ile ilgilidir. Pelajik ve bentik biyolojik yaşam diğer baskılardan olan yabancı türlerin varlığı ve dağılımları ile diğer kirleticilerin yoğunlukları ile de ilgilidir. Deniz tabanı ışık durumu ve sediman kirlilik durumu da bu canlıların popülasyon ve yayılımlarını etkiler. Bu baskılar, örtofikasyonun yol açtığı oksijen azalması sonucu ile birleşince bu ekosistemler üzerinde çok yönlü baskılar oluşmaktadır.

Tablo 2 Ötrofikasyon ile birlikte değerlendirilen bileşenlerin DSÇD – İÇD "Durum, Etki" ve "Baskı" Tanımlayıcıları ile olan ilişkisi

Ekosistem bileşenleri ve fonksiyonları	**"Baskı" Tanımlayıcıları**	T2. Yabancı Türler	T5. Ötrofikasyon	T7. Hidrografik değişimler	T8. Kirleticiler	T9. Deniz ürünlerindeki kirleticiler	T10. Deniz çöpü	T11. Gürültü ve enerji
	"Durum" ve "Etki" Tanımlayıcıları							
Denizel prosesler (T, S, su hareketleri, bulanıklık)								
Su kalitesi (besin elementleri, ÇO)								
Pelajik/haraketli türler (plankton)	T1.Biyoçeşitlilik T4.Besin ağı							
Deniz tabanı habitat, topluluk ve türleri	T1.Biyoçeşitlilik T4. Besin ağı T6. Deniz tabanı bütünlüğü							
Ekosistem fonksiyonları (kıyısal savunma, besin maddelerinin döngüleri)								

Karadeniz Stratejik Eylem Planı (SAP 2009)'nda yer alan "Ötrofikasyon azaltılmalı" hedefi ile ilişkili olarak çok sayıda yönetimsel hedef belirlenmiş her hedefin kısa-orta-uzun dönem gerçekleşme planlaması da yapılarak taraf ülkeler tarafından onaylanmıştır. Bunlardan bir tanesi de düzenli izleme programının oluşturulmasıdır. Karadeniz Bütünleşik İzleme ve Değerlendirme Programı (BSIMAP) bu işlevi yerine getirmekle birlikte şu anda revizyon aşamasında olup ötrofikasyona yönelik BSC danışma kurullarının (PMA AG, CBD AG ve LBS AG) 2015 yılında önerdikleri ortak izleme ve değerlendirme göstergeleri mevcuttur. Buna göre, kış dönemi besin tuzları seviyeleri, yaz dönemi derin oksijen seviyeleri, TRIX ve BEAST gibi bölgeye özgü olarak geliştirilecek/yenilenecek trofik ve ekolojik durum değerlendirme araçları ile ötrofikasyon değerlendirmesi istenirken noktasal kaynaklar ile nehir azot ve fosfor girdilerinin takibi istenmiştir. Ayrıca biyolojik çeşitlilik bileşeninin incelenmesi için fitoplankton, makrofitobentoz ve makrozoobentoz topluluk yapılarının değerlendirilmesine yönelik göstergeler de sunulmuştur.

Akdeniz ve Karadeniz'de mevcut izleme programlarında (Bölgesel Sözleşmeler Barselona Sözleşmesi-Akdeniz ve Bükreş Sözleşmesi-Karadeniz için) asgari düzeyde izlenmesi gereken değişkenler ve değerlendirmeye yönelik gereksinimler belirlenmiş ve Tablo 3'te verilmiştir. Bu sentez tablodaki (Zampoukas vd. 2014) bilgiler Karadeniz ve Akdeniz bölge denizi izleme ve değerlendirme programlarında şu anda geçerli olmakla birlikte iyi ve kötü çevresel durum için farklı izlemeler henüz oluşturulmamıştır. BSIMAP ve IMAP' a dayalı şu anki duruma göre hazırlanmıştır. DSÇD EK 1 de verilen iyi çevresel durum 5 nolu tanımlayıcı ötrofikasyon için esaslar ve göstergeler aşağıda sıralanıp ayrıca Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3 Bölgesel Sözleşme (Barselona ve Bükreş sözleşmeleri) gereklilikleri

Parametre	**Karadeniz**		**Akdeniz**	
Su kolonunda besin tuzu konsantrasyonu	İyi Çevresel Durum	Kötü Durum	İyi Çevresel Durum	Kötü Durum
Toplam N (µmol l^{-1})	+	+	-	-
NH_4-$N^{2,4}$(µmol l^{-1})	+	+	+	+
NO2-$N^{2,4}$ (µmol l^{-1})	+	+	+	+
NO_3-$N^{2,4}$ (µmol l^{-1})	+	+	+	+
Total P (µmol l^{-1})	+	+	(+)	(+)
PO_4-$P^{3,4}$ (µmol l^{-1})	+	+	+	+
SiO_4-Si ^{4} (µmol l^{-1})	+	+	+	+
Ötrofikasyon etkilerinin gözlendiği değişkenler				
Klorofil-a (µg l^{-1})	+	+	+	+
Secchi Disk Derinliği (m)	+	+	+	+
Fitoplankton tür ve baskınlıkları, toksik tür çoğalmaları (cell l^{-1})	+	+	+	+
Çözünmüş oksijen-dip ya da oksijen tüketiminin en fazla olduğu derinlik seviyesinde	+	+	+	+
Destekleyici parametreler				
Sıcaklık	+	+	+	+
Tuzluluk	+	+	+	+

+ : İzlenmesi isteniyor ; **(+):** İzlenmesi opsiyonel ; **- :** İzlenmiyor

<u>Ötrofikasyon Tanımlayıcısı Göstergeler:</u>

Fiziko-kimyasal Göstergeler:

- Besin Tuzları yükleri: İnsan kaynaklı baskının artışıyla artış gösterir.
- Besin Tuzları derişimleri: İnsan kaynaklı baskının artışıyla artış gösterir.
- Besin Tuzları Oranları (N:P:Si): Evsel atıklarla N/P oranı artar; baraj yapımları Si/N oranını düşürür; Temiz nehirlerde Si/N/P oranı yüksektir. Barajlar ve evsel atıklar bu oranı azaltır. Nehir kirliliğinin ve yayılı kaynakların azalması N/P oranını yükseltir. Alıcı ortam için arzulanan durum yüksek Si/N/P oranlarıdır.

- Işık geçirgenliği: Karasal kirliliğin artması azaltıcı etki yapar.
- Çözünmüş oksijen: Besin elementleri girdisi yüzey sularında organik madde sentezini, birikimini ve oksijen derişimini artırır. Fakat dip sulara fazla miktarda organik madde çöker ve dip suda oksijen azalır, oksijen eksikliği belirgin hale gelir.

Biyolojik Göstergeler:

- Klorofil derişimi: Besin tuzları yüklerinin ve derişiminin artışı fitoplankton biyokütle göstergesi olan klorofil derişimini artırır.
- Oportünistik makroalgler: Artar ve doğal bentik floranın üzerini örter.
- Floristik kompozisyon: Tür dağılımda belirgin kaymalar olur. Silikat azalması diatom yoğunluğunu azlatır. Zararlı plankton patlamaları olur. Bentikten pelajik türlere kayma olur.

Bu göstergeler Avrupa Komisyonu resmi belgesi olan COM-Decision 2010/477/EU'da "iyi çevresel durum tanımlayıcısı: ötrofikasyon durumu" değerlendirme kriter ve göstergeleri arasında olup , DSÇD EK 1 de verilen iyi çevresel durum tanımlayıcı ötrofikasyon için esaslar ve göstergeler Tablo 1'de verilmiştir.

2011 yılı öncesinde tüm denizlerimizde çok düzenli olmamakla birlikte gerçekleştirilen deniz izlemelerinde ötrofikasyon parametreleri (besin tuzları, ÇO, Chl-a, SDD) sistematik olarak çalışılmıştır. Ancak önceki yıllarda eksiklik kıyı sularını temsil eden yerlerdeki veri eksikliğidir. Ayrıca besin tuzu parametrelerinde TP ve amonyak verisi eksikliği bulunmaktadır. DSÇD'de önerilen ötrofikasyon göstergesi parametreler (Besin Tuzları, Chl-a, ÇO ve SDD) ülkemiz denizlerinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 2011 yılı itibariyle başlatılan Bütünleşik Deniz İzleme faaliyetleri kapsamında yaygın istasyon ağı ile yılda iki kez (kış ve yaz) sistematik olarak ölçülmektedir.

3 ÖRNEKLEME STRATEJİSİ (İZLEME ALANI, İSTASYON SAYISI, DERİNLİKLER VE ÖRNEKLEME SIKLIKLARI)

Besin tuzu konsantrasyonlarını izlemede karasal ve atmosferik girdilerin yanı sıra her bölgenin oşinografik özellikleri de dikkate almalıdır. Besin tuzlarının izlenmesi karadan olan girdileri anlayabilmek için kıyıdan denize doğru tuzluluk geçişleri boyunca yapılmalıdır. Kirlilik yükü fazla olan nehirlerin etkilediği deniz alanları dikkate alınmalıdır. Risk temel i izleme yaklaşımı baskı altında olduğu bilinen veya olası baskılara maruz kalacak olan alanların izlenmesini gerektirir ve bu izlemelerin temel prensiplerinden birisi olarak kabul edilmektedir.

Ötrofik veya bu potansiyele sahip alanlar, daha çok 20-30 m derinliğe sahip kıyı sular, tabakalaşmanın olduğu nehir etkisindeki bölgeler, uzun su kalış süresine sahip koy/körfez gibi bölgeler ile doğal su hareketleri ile alt sulardan yüzeye su taşınımı olan alanlar (upwelling bölgeleri), ötrofikasyon izleme için öncelik teşkil etmelidir. Bu nedenle; DEKOS projesi kapsamında belirlenen kıyı su tiplerinin (özellikle denizlere göre olan derinlik, tuzluluk kriterleri) de örnekleme alanlarının belirlenmesinde dikkate alınmalıdır.

Soğuk denizlerde izleme periyodu özellikle besin tuzları için kış dönemlerinde, birincil üreticiler için ilkbahar-yaz dönemlerinde ve oksijen için yaz-sonbahar dönemlerinde gerçekleştirilebilir. Bu denizlerde birincil üretimin artış gösterdiği dönemler ilkbahar ve yazdır. Ancak bizim denizlerimiz gibi daha ılıman denizlerde birincil üretim kış boyunca da önemli artışlar gösterebildiğinden izlemelerin yıl boyu sık olarak organize edilmeleri önerilmektedir (UNEP/MAP, 2016).

Özellikle yüzey karışım tabakası sularının besin elementlerince zenginleşmesinin düzenli olarak izlenmesi gereklidir. Su kolonunda besin tuzu örnekleme derinliği stratejisinde haloklin ve/ veya termoklin varlığı dikkate alınmalıdır. Zamansal ve uzamsal çözünürlüğe sahip veri elde etmek üzere planlama yapılmalıdır. Karadeniz'de su kolonu örneklemesinde uzmanlar tarafından belirlenmiş olan yoğunluk değerlerine göre örnekleme yapılmalıdır.

Özellikle besin elementlerinin seviyeleri için bölgeye özgü zamansal bir eğilim izleme programı dikkate alınmalıdır. (DSÇD ile uyumlu, örneğin 6 yıl). Böylece belirli bir süre boyunca konsantrasyonlardaki değişim tespit edilebilecektir.

Ötrofikasyon süreçlerini değerlendirmek için uzun süreli besin tuzu ve klorofil konsantrasyonları değişiklikleri takip edilmelidir. İzleme programı klorofil-a konsantrasyonlarının mevsimsel ve yıllar arasında değişkenliği ve aynı zamanda hidrodinamik süreçler (front, patch) gibi etkileri görmek üzere kurgulanmalıdır. Ötrofik bölge dışından referans örnekleme istasyonlarının izlenmesi, iklim değişikliği gibi diğer baskıların etkisini belirlemek için önemlidir. Bölgesel olarak zaman içinde azalış/artış eğilimi belirlemek üzere uzun dönemli ölçümler planlanmalıdır. Daha önce yapılmış olan çalışmaların sonuçlarından istasyon yerleri ve dönemleri hakkında bilgi edinilebilir. Fitoplankton büyüme mevsiminde uygun istasyonlarda yeterli sayıda klorofil örneklemesi, yatay ve dikey (su kolonunda) olarak mekansal dağılımını açıklayacak şekilde planlanmalıdır. Karasal girdi ve karışımın yüksek olduğu kış aylarında besin tuzları derişimleri yatay ve dikey (su kolonunda) olarak mekansal dağılımını açıklayacak şekilde planlanmalıdır. Ötrofikasyonun direk etkilerinin görüleceği su kolonu ışık geçirgenliği (Seki Disk Derinliği) ölçülmelidir. Baskın ve zararlı fitoplankton türlerinin varlığı tespit edilmelidir.

Denizlerde besin tuzlarının sınırlayıcı (limiting nutrient) olmadığı durumlarda, molar besin tuzları oranları tüm fitoplanktonlarda C:N:P; 106:16:1 (Redfield oranı) olduğu bilinmektedir (Redfield 1934).

Besin tuzu oranları denizlerin biyojeo-kimyasal döngülerinin anlaşılması bakımından önemlidir. Redfield oranı diye bilinen (C:N:P 106:16:1) oran denizlerde dolaşım modelleri ile karbon ve besin akışlarının tahmin edilebilmesi, ve de denizlerde sınırlandırıcı bir besin elementinin varlığını belirlemede yardımcı olur. Besin tuzu oranları ile farklı bölgeler arasındaki fitoplankton çoğalmaları ve oksijen eksikliği durumunu anlamak için de kullanılabilmektedirler. Diatomlar diğer besin elementlerinin yanı sıra silisik asit ise hücre duvarları için biyojenik silika oluşturmak için kullanırlar. Diatomlar için önerilen oranlar C: Si: N: P = 106: 15: 16: 1 olarak verilmiştir (Brzezinski, 1985).

Bu oranlardan önemli sapmalar potansiyel sınırlayıcı besin tuzu hakkında fikir vermesi ve bununda özellikle fitoplankton biyokütlesini, tür kompozisyonunu ve sonunda ekosistemin besin ağı dinamiklerini etkileyeceği, vede evsel atıklar, nehir girdileri ile baraj yapımlarının alıcı ortama etkilerini belirleyebilmek için denizlerimizde gerek yüzey gerekse su kolonu

boyunca ölçümü gerçekleştirilen besin tuzlarının birbirlerine olan oranlarının hesaplanması ve değerlendirilmesi önemlidir.

3.1 İstasyon Noktası ve Derinlikleri Belirleme

Prensip olarak bilgi; veri toplama, eski veriler, modelleme ve uzman bilgisi bir bütün olarak elde edilmelidir. İzleme programlarında veri toplamak için model çalışması yapan uzmanlardan tavsiye alınması önerilmektedir. Modelin etkili çalışmasını ve validasyonunu sağlayacak gerekli sayıda ve yerde veri alınması için modelleme uzmanlarıyla birlikte karar alınması önemlidir (*http://www.helcom.fi/stc/files/Publications/Proceedings/BSEP133.pdf).*

Türkiye Denizlerinde 2000'li yıllardan bu yana devam eden izleme programlarında örnekleme yapılan noktalar deniz özelinde denizin oşinografik özellikleri ve baskılarda göz önüne alınarak belirlenmiştir. DEKOS projesi kapsamında her deniz özelinde belirlenmiş olan Su Yönetim Birimlerini (SYB) temsil edecek sayıda istasyonlarda örneklemeler yapılmalıdır. Benzer tipolojik özellikler ve baskılar altındaki SYB'ler için uygun referans istasyonu belirlenmelidir. Örnekleme alanı belirlenirken yayılı ve noktasal kaynaklar ile yapısal faaliyetler göz önünde bulundurulmalıdır.

İzleme programlarında mekânsal dağılımı belirlemek için besin tuzları tuzluluk geçişleri boyunca (nehir etkisinden açığa doğru) izlenmelidir. Aynı zamanda bölgenin oşinografik özellikleri de (akıntı özellikleri, su kalış süresi gibi) dikkate alınmalıdır. Her deniz değerlendirme alanı (DDA) belirlenirken özellikle su dolaşımı ve hareketleri ile ilgili özellikler de dikkate alındığından (ÇŞB-ÇYGM ve TÜBİTAK MAM, 2014), DDA'ların kıyıdan açığa doğru bir hat içermesine, eğer bu gerekli değilse (yani bir tuzluluk geçişi mevcut değilse) DDA'nın su dolaşım özelliğini tanımlayacak en iyi istasyon ağı ile izlenmesi uygun olacaktır. Derinlik seçimleri ise su kolonu özelliklerini (yüzey karışım tabakası temsiliyeti, tabakalaşma derinliği, soğuk ara su tabakası, floresans maksimum, ışıklı tabaka derinliği gibi) dikkate alarak yapılmalıdır.

3.2 Örnekleme Dönemlerini Belirleme

Bölgeye özel izleme sıklığı, zamana göre artış/azalış eğilimini gösterecek periyotta olmalıdır. Var olan verilere uygulanacak istatiksel analiz ile uygun sayıda izleme istasyonu ve sıklığına karar verilmelidir.

Risk odaklı izleme stratejisi benimsenmeli, ötrofikasyon riski olan bölgeler daha sık, göstermeyen bölgeler daha seyrek olarak izlenmelidir. Şimdiye değin deniz özelinde yapılan izleme çalışmalarına göre riskli alanlar (körfez, ve nehir etkisinden etkilenen alanlar) minimum mevsimlik, risk içermeyen sular daha seyrek izlenebilir.

Bu izleme kriterlerinin her deniz için ayrı ayrı değerlendirilerek hazırlanan özet bilgiler Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4 Deniz özelinde belirlenen izleme kriterleri

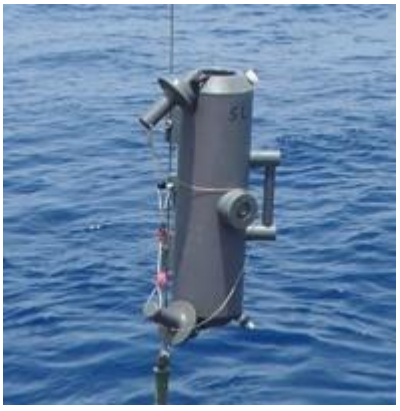
Deniz	Risk yaklaşımlı alanlar: Derinlik, tuzluluk, kapalılık	Döne m / Sıklık / Derinlik				
		Be sin E.	Fitoplankton biyokütle .	Işık	Oksijen	Makroalg
Karadeniz	D (m): <30-40 T (psu): <16.2 - 17.5 Nehir etki alanları, kıyı boyu akıntı alanları, liman bölgeleri ve bağlantılı alanları	Kış, ilkbahar, sonbahar 3-4 /yıl 0,10 m. ve özel derinlikler : CIL / Fl_{max}., σ_t=14,5; 15,6; 16,2; σ_t>16,2 (mak. 300 m derinliğe kadar)	Tüm yıl 3-4 / yıl 0,10 m. ve özel derinlikler : CIL, Fl_{max}	Kış ilkbahar, yaz 3-4 / yıl	Yaz, sonbahar 2 /yıl 0,10 m. ve özel derinlikler: CIL, Fl_{max}. σ_t=14,5; 15,6; 16,2; σ_t>16,2	Ilkbahar, yaz 2 / yıl 0-3 m ve ışıklı dip tabakasına kadar (20 m)
Marmara Denizi	D (m): <15 – 30 > Tüm kıyı su kütleleri, körfezler	Kış, ilkbahar, sonbahar 3-4 /yıl 0,5,10 m., özel derinlikler : CIL / Fl_{max} , 40, 100, 200,300, 500, 750, 1000	Tüm yıl 3-4 / yıl 0,5,10 m. özel derinlikler : CIL / Fl_{max}	Kış ilkbahar, yaz 3-4 / yıl	Yaz, sonbahar 2 /yıl 0,5 m. ve özel derinlikler: CIL/ Fl_{max}, haloklin baş. ve bitiş, dip, 100, 300, 500 m	Ilkbahar, yaz 2 / yıl 0-3 m ve ışıklı dip tabakasına kadar (15-20 m)
Ege Denizi	T (psu): <34.5 - 37.5 D(m): <40-50 Koy ve körfezler, balık çiftlikleri ve nehir etki alanları	Kış, ilkbahar, sonbahar 3-4 /yıl 0,5,10 m., Fl_{max}, ışıklı tabakanın bittiği derinlik, 100, 300, 500	Tüm yıl 3-4 / yıl 0,5,10 m., Fl_{max}, ışıklı tabakanın bittiği derinlik	Kış ilkbahar, yaz 3-4 / yıl	Yaz, sonbahar 2 /yıl Su kolonu boyunca tespit edilen tipik su kütlelerinde en fazla 5 - derinlikte	Ilkbahar, yaz 2 / yıl 0-3 m ve ışıklı dip tabakasına kadar (30-40 m)
Akdeniz	T (psu): <34.5 - 37.5 D(m): <40-50 Koy ve körfezler, nehir ve liman/ marina etki alanları	Kış, ilkbahar, sonbahar 3-4 /yıl 0,5,10 m., Fl_{max}, ışıklı tabakanın bittiği derinlik, 100, 300, 500	Tüm yıl 3-4 / yıl 0,5,10 m., Fl_{max}, ışıklı tabakanın bittiği derinlik	Kış ilkbahar, yaz 3-4 / yıl	Yaz, sonbahar 2 /yıl Su kolonu boyunca tespit edilen tipik su kütlelerinde en fazla 5 - derinlikte	İlkbahar, yaz 2 / yıl 0-3 m ve ışıklı dip tabakasına kadar (30-40 m)

4 ÖTROFİKASYON DEĞİŞKENLERİ ÖRNEKLEME, KORUMA ve ANALİZ YÖNTEMLERİ

4.1 Klorofil-a

4.1.1 Örnekleme ekipmanları

Niskin şişesi, rozet sistemi gibi uygun bir su örnekleyici ile örnekleme yapılır. Örnekler opak ışık geçirmeyen cam veya yüksek kalite polietilen şişelere konulur. Şişeler doldurulmadan örnek ile en az 2 kere iyice çalkalanır ve içinde daha önceki örneklemelerden kalıntı kalmadığından emin olunur. Kirli/üretken bölge örnekleme şişelerinin açık deniz/üretimi az bölge şişelerinden ayrı tutulması ve saha çalışmaları başlamadan önce şişelerin asit ile genel temizliğinin yapılması gereklidir. Bunun için su örneklemeleri için genel olarak 1M HCl ile yıkama ardından 2-3 kez de iyonize su ile çalkalama ve kurutma önerilir (UNEP/MAP MED POL, 2005). Şekil 1'de su örnekleme ekipmalarının görselleri verilmektedir.



A **B**

Şekil 1 Su Örnekleme Ekipmanları (A: Niskin Şisesi, B: Rozet sistemi)

4.1.2 Saklama ve ön işlemler

Su örnekleri bekletilmeden filtrelerden süzülmelidir. Süzme işlemi fazla ışıklı olmayan ortamda yapılmalıdır. Süzme çok hızlı olmamalı pompanın basınç hızı 0.5 den yüksek olmamalıdır. Whatman GF/F veya Celluloz Acetate membrane tipi filtreler (gözenek açıklığı 0.7 µm) kullanılmalıdır. Süzme miktarı ortamda var olan fitoplankton yoğunluğuna göre değişmekle birlikte 1 L'den az olmamalıdır. Açık denizlerde süzülen su hacmi 2-5 L aralığında olmalıdır. Süzme işleminden önce su hacmi 1-2 litrelik mezür ile ölçülmelidir. Filtreler <-20°C de 21 günden daha fazla bekletilmemelidir. Daha fazla bekleme durumunda klorofilin bozunmasını önlemek amacıyla filtreler <-80°C de saklanmalıdır. Filtrelerin ekstraksiyonu %90 lık aseton ile yapılır. 15 Ml'lik deney tüpü içine yerleştirilen filtrelerin üzerine 5 ml %90lık aseton konup, 1 dk vortex ile karıştırılır. Hacim 10 ml ye tamamlanıp buzdolabında (4°C) 1 gece bekletilir. Santrifüj den önce örneklerin oda sıcaklığına gelmesi sağlanır ve sonra 10dk 4000-5000 rpm de santrifüj edilir. Bütün bu işlemler düşük ışıklı/direk ışık almayan ortamlarda yapılır (S.M 10200 H). Klorofil-a'nın numune alımından analizine kadar olan ölçüm basamakları Şekil 2'de görülmektedir.

Şekil 2 Klorofil-a ölçüm basamakları

4.1.3 Ölçüm yöntemi

Klorofil ölçümü için standart prosedürler Strickland ve Parsons (1972), UNESCO (1994), HELCOM (1988) ve ISO 10260 (1992) 'de verilmektedir. Standart klorofil ölçümü basamakları örnekleme, süzme, saklama, eksraktsiyon ve ölçümdür. Ölçüm yöntemleri spektrofotometrik ve florometrik olarak gerçekleştirilir. Florometrik yöntem fotometrik yöntemden daha hassas olması sebebiyle oligotrofik özellikteki sular için kullanılmalıdır (Jeffrey, ve diğ., 1997). Oligotrofik özellikte olan Akdeniz ve Ege Denizi'nde florometrik yöntem kullanılması önerilmektedir.

Spektrofotometrik yöntem:

Santrifüj edilerek ölçüme hazırlanan klorofil örnekleri Klorofil analizi için minimum 4 cm'lik hücre kullanarak, bant genişliği 2 nm ya da daha az olan bir spektrofotometre kullanılmalıdır. % 90 lık aseton ile 750, 663, 645 ve 630 nm de blank set edilir. Örneklerin absorbans değerleri okunur ve 663, 645 ve 630 nm de okunan değerlerde 750 nm de okunan değer çıkarılır (Jeffrey and Humphrey,1975).

Klorofil hesabı:

Chlorophyll a = $(11{,}85*(E_{664}-E_{750})-1{,}54*(E_{647}-E_{750})-0{,}08(E_{630}-E_{750}))*Ve/Vf$

Ve: Ekstraksiyon hacmi (ml)

Vf: Süzülen su miktarı (litre)

Yukarıdaki formüllerden elde edilen değer extrakt hacmi (mL) ile çarpılıp, süzülen deniz suyu miktarına bölündüğünde klorofil konsantrasyonu µg/L olarak elde edilir.

Spektroflorometrik yöntem:

Santrifüj edilerek ölçüme hazırlanan klorofil örneklerinin analizi için klasik florometrik ölçüm tekniği uygulanır (Strickland ve Parsons, 1972). Florometre klorofil-a standardı kullanılarak kalibre edilir. Bunun için minimum 6 farklı derişimde klorofil standardı (ticari olarak satılan) hazırlanır ve bu standartların derişimleri spektrofotometrede belirlenir. Klorofil-a standardı kullanılarak florometrenin eksitasyon ve emisyon dalga boyları belirlenir (ex:420-430-em 660-669 nm aralığında olması beklenir). Kalibrasyon eğrisi çıkartılır. Örnekler belirlenen eksitasyon ve emisyon dalga boylarında ölçülür ve aşağıda verilen formül yardımıyla derişimler hesaplanır.

Ölçüm öncesi florometrenin % 90 aseton ile sıfır ayarı yapılmalıdır. Standart derişimleri örneklenen numulerin derişim aralığında belirlenir.

$$\text{Chl-a } (\mu gL^{-1}) = \frac{FI \times s^{-1} \times Ve}{Vf}$$

FI, florosans değeri
s: kalibrasyon eğrisi (1 / eğim)
Ve, ekstraksiyon hacmi (mL)
Vf, süzülen su miktarı (litre)

In-situ fluorometre su kolonunda klorofilin hangi derinlikte maksimum verdiğini gösterir ve klorofilin hangi derinliklerden örneklenmesi için çok yararlı bir cihaz olup, bu veriler klorofil konsantrasyonu olarak kullanılacaksa mutlaka kalibre edilmesi gereklidir.

Klorofil için uydu verilerinin kullanılması dikkatlice yapılmalıdır. Genelde uydu verileri klorofil-a yı yüksek olarak algılamaktadır. Uydu verileri kullanıldığında bölgeye özel algoritma kullanılarak klorofil tahmini yapılmalıdır. Gerçek zamanlı klorofil-a ölçümleri ile uydu verilerinin karşılaştırılması için farklı zamanlarda en az mevsimlik ölçümlerle alınmış veri setleriyle detaylı incelenmesi ve bölgesel algoritma üretilmesi gerekmektedir.

Fitoplankton pigmentleri ekstrakt edildiğinde klorofil-a ile birlikte klorofil-a nın bozunma ürünlerinide (phaeophytin a) içerir. Genel ikle, phaeopigments ölçüm esnasında asit ilave edilerek (acidification metod), klorofil-a'dan ayırt edilmektedir. Bu tür ölçümde klorofil-a 'aktif klorofil-a' diye verilmelidir. Ancak laboratuarlar arası karşılaştırma sonuçları phaeopigments ölçümlerinin az güvenilir olduğunu göstermiştir. Bu nedenle acidification metod zaman alıcı ve sonuçların güvenilir olmaması bakımından önerilmemektedir. Asitli olmayan ölçüm metodunda klorofil-a ve bozunma ürünleri birlikte belirlenmektedir. Standart spektrofotometrik ve spektroflorometrik ölçümlerde klorofil-a bozunma ürünlerinden ayırt edilemediği için "toplam klorofil-a" olarak ifade edilmelidir. Klorofil-a HPLC metodu ile belirlendiğinde 'klorofil-a' diye verilmelidir.

4.2 Besin Tuzları

4.2.1 Örnekleme ekipmanları

Besin tuzu örneklemesi (Amonyum-Azotu, Nitrit+Nitrat-Azotu, Nitrit-Azotu, orto-Fosfat, toplam –Fosfor, toplam Azot ve Reaktif Silikat) su kolonu ve yüzeyde rozet örnekleyici (niskin şişesi) ile alınmalıdır (Şekil 1).

4.2.2 Saklama ve ön işlemler

Deniz suyu örnekleri seyreltik asitle yıkanmış polietilen (HDPE) şişelere alınmalıdır. Örnekleme şişeleri deniz suyu ile en az 2-3 kere kapak kapalı olarak çalkalanmalı, örnekleme bundan sonra yapılmalıdır. Örnekleme sırasında şişelere elden su akması veya kapaklara el teması engellenmelidir.

Şişelerin ikinci ve sonraki kullanımları öncesinde distile su dolu büyük bidonlarda bir süre (en az 1 gün) bekletilerek şişe çepelerine tutunmuş bileşiklerin suya geçmesi sağlanmalıdır. Esas yıkamanın bu aşamadan sonra yapılmalıdır.

Aynı gün içerisinde analiz edilecek ise +4˚C'de, daha sonra analiz edilecek ise, laboratuvarda analiz edilene kadar -20 ˚C' de örnekler korunmalıdır. Nitrit Azotu ve amonyum azotu analizleri dondurmadan aynı gün içerisinde (tercihen örneklemeden hemen sonra) yapılmalıdır. Amonyum Azotu ve Nitrit Azotu örnekleri alınırken, polietilen şişelere hava aldırmadan şişenin ağzına kadar doldurulmalı ve örnek bir süre taşırılmalıdır. Dondurulmuş numunelerin en az 24 saat boyunca oda sıcaklığında yavaş yavaş çözülmesi önerilmektedir. Ancak tüm besin elementlerinde numunelerin hemen analiz edilmesi tercih edilmelidir.

Azotlu bileşikler için saklama kaplarının cam veya pyrex olması önerilir. Böylelikle polietilen kapların çeperlerinden oluşabilecek kayıplar önlenebilir. Eğer alınacak örnekler dondurulacaksa şişeler tam doldurulmadan eğik durumda dondurulabilir. Ancak bu yöntem çok sayıda örnek için oldukça masraflı olabileceğinden temizlemesi birkaç aşamadan oluşan polietilen şişeler gene de tercih edilebilir.

Örnekler partiküllü ise 0.45 membran filtreden süzülerek analiz edilmesi önerilmektedir (UNEP/MAP, 2015).

4.2.3 Ölçüm yöntemi

Besin tuzları analizleri spektrofotometre veya otoanalizör cihazı kullanılarak ölçülmelidir. Besin tuzları analizlerinde hesaplamalar, her bir değişken için günlük olarak hazırlanan kalibrasyon standartlarından yararlanılarak yapılır. Kalibrasyon standartları, örneğin tuzluluk değerine, uygun tuzlu su/ açık deniz suyu ile ve örneklenen numunelerin konsantrasyon aralığına göre hazırlanır. Analiz öncesi belirli konsantrasyonda sertifikalı bir standart ile doğrulama yapılır. Ayrıca blank çalışması yapılarak (özellikle toplam azot ve toplam fosfor analizleri için), gerekli ise analiz sonuçları blanke göre düzeltmeler yapılır.

Amonyum (NH_4-N)

Kolorimetrik Fenat Metodu (10 cm cell) Flow injection method ile spektrofotometre veya kompleks tampon, alkali fenol ve hipoklorit eklenen sürekli akış enjeksiyon analizörüne

(otoanalizör) enjekte edilir. Otoanalizörle yapılan ölçümler modifiye edilmiş Bertholat reaksiyon metodunun otomatik olarak ölçülmesi prensibine dayanır. Monokloramin ile klorlanmış olan amonyak fenol ile reaksiyona girer. Oksidasyondan sonra oksidatif olarak bağlanan yeşil renkli bir kompleks oluşur. Reaksiyon nitropursiyad tarafından kataliz edilir. Klorlama için sodyum hipoklorit kullanılır. Oluşan bu kompleks formun absorbsiyonu 630 nm'de ölçülür (S. M 4500-NH3-F 21. Baskı 2005 MTS 163,S.M. 4500-NH3 H:2005).

Nitrit+Nitrat (NO_2+NO_3-N)

Kadmiyum indirgeme; Kolorimetrik metodu ile spektrofotometre veya oto analizör ile ölçüm yapılır. Bu metot, Nitrat ve nitritin kadmiyum indirgeme metodu ile tayinini içeren bir metottur. Numunenin, granül halinde bakır kadmiyum içeren bir kolondan geçirilerek nitratın nitrite indirgenmesi esasına dayanır. Nitrit (orijinal numunede bulunan+indirgenmiş nitrat) α-naftiletilendiamin dihidrolorür ile bağlanmış sülfanilamid ile koyu renkli azo boya formuna dönüştürülerek (diazotlama) 540 nm'de ölçülür. Bu toplam aynı zamanda toplam oksitlenmiş azot (TON) olarak da bilinir. Tek başına nitrit (NO2-N), kadmiyum kolon kaldırılarak, yeni bir kalibrasyon ve örnek analizlerini tekrar ederek tespit edilebilir. Bu düzende, TON yönteminde belirlenen konsantrasyondan, nitrit yönteminde belirlenmiş konsantrasyon çıkartılarak nitrat konsantrasyonları belirlenir. Partikül madde yoğunluğu fazla olan su örnekleri analize girişim yapabilir. Bu örneklerin önceden filtre edilmesi gerekir. Ayrıca renkli örnekler de girişimde bulunabilir (S.M. 4500-NO3-I:2005 MTS163, Grasshoff et al. 1983,).

Orto-Fosfat (PO_4-P)

Kolorimetrik (10 cm cell) metodu ile spektrofotometre veya oto analizör ile ölçüm yapılır. Su örneklerinde fosfat amonyum molibdat ve potasyum antimonil tartarat ile reaksiyona sokularak kompleks asit oluşturulur. Bu kompleks asit askorbik asit tarafından mavi renkli bir kompleks oluşturarak indirgenir. Bu renk 880 nm dalga boyunda ölçülür (MTS 163 Grasshoff et al. 1983, S.M. 4500-P : 2005 G).

Toplam Fosfor (TP) ve Toplam Azot (TN)

Kolorimetrik (10 cm cel) Persülfat Metodu kullanılarak spektrofotometre veya otoanalizör ile ölçüm yapılmalıdır (MTS 163 Grasshoff et al. 1983, S.M. 4500 P J/2005).

TP ve TN ölçümü çözünmüş, çözünmemiş, organik ve inorganik formdaki tüm fosforların ve azotların persülfat ile yüksek sıcaklıkta parçalanarak ortaya çıkarılması prensibine dayanır. Azotlu bileşiklerin oksidasyonu alkali ortamda (bazik) meydana gelmektedir (pH>12). Fosfor oksidasyonu ise tersine asidik koşullar altında gerçekleşmektedir (pH<2). İlk başta bazik olan şartlar parçalanmanın son aşamasında sodyum hidroksidin tükenmesiyle asidik olur. Bu yüzden persulfat-borik asit-sodyum hidroksit ile hazırlanan oksidasyon çözeltisi ilavesiyle geniş pH aralığında örneklerdeki hem fosfor hem de azotlu bileşiklerin oksidasyonu sağlanmış olur. Oksidasyon işlemi sonunda açığa çıkan tüm fosfor ve azotlar otoanalizör cihazında orto fosfor (askorbik asit indirgeme yöntemi) ve nitrit+nitrat azotu (kadmiyum indirgeme yöntemi) modüllerinde aynı anda

ölçülebilir (S.M. 4500- P A, 4500- P J. Persulfate Method for Simultaneous Determination of Total Nitrogen and Total Phosphorus).

Reaktif Silikat (SiO_2)

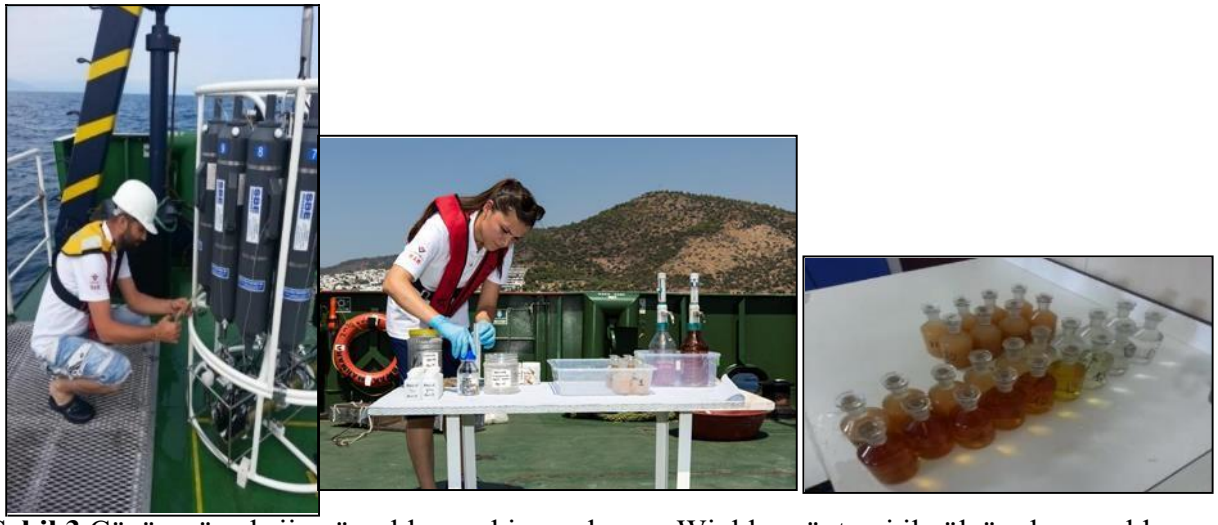
Kolorimetrik Molibdosilikat (2 cm cell) yöntemi ile spektrofotometre veya otoanalizör kullanılarak ölçülmelidir. Ortamdaki Silikat asidik ortamda Amonyum molibdat ile reaksiyona girerek molibdosilisik asite dönüşür. Oluşan bu kompleks askorbik asit ile mavi renkte molibden kompleksine indirgenir. Bu renk 810 nm'de ölçülür. Okzalik asit ilavesi ise fosfatın girişim (interfere) etmesini engeller. Toplanan örnekler polietilen veya diğer plastik şişelerde ve +4˚C'de buzdolabında tutulmalıdır. Silika için kimyasal korunması tavsiye edilmez. Dondurucu, özellikle 100 µg SiO_2/L den yüksek konsantrasyonlarda silikat konsantrasyonlarını azaltır. Numuneler 28 gün boyunca tutulabilir (SM 4500-SiO_2 C 21. Baskı 2005) .

Besin tuzlarının ölçümünde kalibrasyon standartlar ile sağlanır ve standart konsantrasyonları örneklenen numulerin konsantrasyon aralığında belirlenir. Absorbans okumaları blanke göre düzeltilir ve kalibrasyon eğrisi oluşturulur. Minimum 6 farklı standart hazırlanmalıdır.

4.3 Çözünmüş Oksijen

4.3.1 Örnekleme ekipmanları

Çözünmüş Oksijen örneklemesi su kolonu ve yüzeyde rozet örnekleyici (niskin şişesi) ile yapılmalıdır (Şekil 1). Ucuna ince hortum takılı nansen su örnekleyicisi ile istenilen derinliklerden alınan deniz suyu 50 ml'lik özel Winkler şişelerine konulmalıdır. Bu işlem sırasında hortumun ucunun oksijen şişesinin dip kısmına gelmesi sağlanarak yavaşça doldurulmalıdır. Suyun şişeden taşması (şişe hacminin 2-3 katı kadar) sağlanarak hava kabarcıklarının oluşmamasına dikkat edilmelidir (UNEP/MAP MED POL, 2005). Şekil 3'te çözünmüş oksijen örnekleme ve Winkler yöntemi ile ölçüm basamaklarına yer verilmiştir.



Şekil 3 Çözünmüş oksijen örnekleme ekipmanları ve Winkler yöntemi ile ölçüm basamakları

4.3.2 Saklama ve ön işlemler

Doldurulan şişelere önce mangan sülfat ve ardından alkali iyodat asit çözeltisi ilave edilmeli ve yaklaşık bir dakika veya 10-15 kez alt üst edilerek içindeki çözeltilerin tamamen karışması sağlanmalıdır. Çökmenin tamamlanması için karanlıkta en az 20 dakika beklenmelidir (UNEP/MAP MED POL, 2005).

4.3.3 Ölçüm yöntemi

Su örneklerinin çözünmüş oksijen içeriği Iodometrik Winkler test metoduyla ölçülmektedir. Lodometrik test en hassas ve güvenilir titrimetrik yöntemdir. Bu test cam örnekleme şişesindeki örneğe iki değerlikli manganez çözeltisinin daha sonra da kuvvetli bir alkalinin ilavesi prensibine dayanmaktadır. Mevcut çözünmüş oksijen, ekivalan (eşdeğer) miktarda iki değerlikli manganı yükseltgeyerek hidroksit çökeleğini oluşturur. İyot iyonlarının ilavesiyle ve asidik koşullarda yükseltgenmiş manganez tekrar iki değerlikli duruma döner ve bu sırada numunede bulunan çözünmüş oksijene eşit miktarda İyot açığa çıkar. Açığa çıkan İyot standart tiyosülfat çözeltisi ile titre edilir. Titrasyonun dönüm noktası nişasta yardımıyla görülebilir (SM 4500 B:2005).

CTD prob üzerindeki çözünmüş oksijen sensörü ile gerekli kalibrasyonlar yapıldıktan sonra (her sefer öncesi) ölçüm yapılabilir ancak oksijen eksikliği olan bölgelerde winkler yöntemi kullanılmalıdır.

4.4 Fitoplankton

Fitoplankton türlerinin belirlenmesi, bolluğu, zararlı alg varlığı ve tür değişimleri ve çoğalmaları ötrofikasyon göstergesi olup, plankton kılavuzunda detayları verilmiştir.

5 VERİ KALİTESİ

Analizlerde kullanılan standart olmayan metotlar için validasyon, standart metotlar için verifikasyon çalışması öncelikle yapılmalıdır. Validasyon çalışması, tayin limiti (dedeksiyon limit), ölçüm limiti, tekrarlanabilirlik, tekrar üretilebilirlik, metodun seçiciliği, matriks geri kazanımı, doğrusallık, çalışma aralığı, kalite kontrol ve sonuçların belirsizlik değerlerini içerecek şekilde yapılır. Verifikasyon çalışması ise Tayin limiti, tekrarlanabilirlik, tekrar üretilebilirlik, matriks geri kazanımı, kalite kontrol ve sonuçların belirsizlik değerlerini içerecek şekilde yapılır. Her bir parametre için ölçüm sınırları tespit edilmeli, (LOD,LOQ), gerçek matriste tekrarlanabilirlilik çalışmaları yapılmalıdır.

Validasyonu/verifikasyonu yapılmış analizlerin performansını izlemek için belirlenen periyotlarda iç/dış kalite kontrol izleme çalışmaları planlanır. Analizler için belirlenecek olan iç kalite kontrol izleme sıklığı, analizin yapılma sıklığı ve validasyon/verifikasyonu deneylerinden elde edilen sonuçlar dikkate alınarak belirlenir.

Analiz sonuçlarının güvenilirliğini arttırmak için, analizin yapıldığı gün, analize başlamadan önce yapılacak kalibrasyondan sonra iç kalite kontrol amaçlı, analiz başlangıcında sertifikalı referans malzeme (CRM) ile ölçülecek parametreler test edilmeli, uygunluk durumuna göre numunelerin analizine başlanmalıdır. CRM ile hazırlanacak olan QC standardının yanında saf sudan hazırlanan blank ile kalite kontrol çalışma yapılır. Sonuçlar kalite kontrol grafiğindeki limit değerler arasında ise numunenin analizine geçilir.

Her metot için belirlenen konsantrasyon değerinde sertifikalı referans madde ya da laboratuvarda hazırlanan referans madde kullanılarak en az 15 bağımsız analiz yapılır. Elde edilen değerlerin ortalaması ve standart sapması hesaplanır. Ortalama ±2σ değerleri hesaplanarak alt ve üst uyarı limitleri, ortalama ± 3σ değerleri hesaplanarak alt ve üst hareket limitleri belirlenir. "Kalite Kontrol Tablosu"na işlenir ve "Kalite Kontrol Grafiği" oluşturulur. Kalite kontrol tablosu ve grafiği excel programı kullanılarak işlenerek oluşturulur. Kalite Kontrol Grafiklerinin değerlendirilmesinde aşağıdaki maddeler dikkate alınır:

- 1 değer hareket limiti dışında ise,
- ardı ardına 2 değer uyarı limitleri dışında ise,
- ardı ardına 7 değer artan bir eğilimdeyse,
- ardı ardına 7 değer azalan bir eğilimdeyse,
- ardı ardına 10 değer ortalama değerin aynı yönündeyse,

analizler durdurulur. Sebep analizi sonucuna göre gerekli düzeltici faaliyetler uygulanır.

Ayrıca laboratuvarlar belli periyotlarda her bir parametrede dış kalite kontrol için interkalibrasyon programlarına katılarak başarı sağlamalıdırlar.

Dış kalite kontrol için yurtiçi/yurtdışı karşılaştırma laboratuvarı bulunamaması durumunda, sertifikalı referans malzeme kullanılarak hazırlanmış numunelerin en az 3 laboratuvarın katılımı ile analizleri yapılır. Sonuçların istatistiksel değerlendirmesi bu laboratuvarlardan biri tarafından bir rapor hazırlanarak yapılır.

Dış kalite kontrol amacı ile yaptırılan laboratuvarlar arası karşılaştırma (LAK) ve yeterlilik testleri sonuçları değerlendirilir. Sonucu uygun olmadığı belirlenen analiz sonuçları için sebep analizi sonucuna göre gerekli düzeltici faaliyetler uygulanır ve tekrar LAK ve yeterlik testine katılım sağlanır.

Örnekleme ve analizin tekrarlanabilirliğini çalışmak için, düşük ve yüksek besin sularından (örn. Referans ve kirli alanlar) alınacak aynı 10 numunenin ölçümü yapılır.

Rezervuar suyu (yıkama solüsyonu), blank, kalibrasyon ve kalite kontrol standartları, numune tuzluluğuna yakın tuzlulukta hazırlanan sentetik deniz suyu veya açık deniz suyu (düşük nutrientli deniz suyu) kullanılarak hazırlanmalıdır.

Her analiz öncesi yeni kalibrasyon standartları hazırlanmalıdır. Kalibrasyon en az beş farklı konsantrasyonda kalibrasyon standardı hazırlanmalıdır. Hesaplamalarda kalibrasyon aralığı numuneden elde edilen değerleri içerecek şekilde seçilmeli ve r2=0,99 güven aralığında olmalıdır.

Ayrıca analiz öncesi bilinen bir konsantrasyonda hazırlanmış kalite kontrol standardı ile ölçüm yapılarak cihaz kontrol edilmelidir. Kalite kontrol standardı, kendi kullanımı için laboratuvarlar tarafından hazırlanabilir. Ayrıca, her parti analiz öncesi blank örnek çalışılarak olası kontaminasyonlar hesap edilmelidir.

Laboratuvarlar ayrıca IAEA/MEL veya QUASIMEME tarafından işletilen gibi bölgesel veya uluslararası Kalite Kontrol programlarına katılmaları için teşvik edilir. Analizler için 2-3 yılda bir kez olmak üzere uluslararası karşılaştırma testlerine katılarak bu testlerden başarı sağlanmalıdır.

Ayrıca, kimyasal laboratuvarların EN ISO/IEC 17025 prosedürüne göre sertifikalandırılması önerilir.

Ötrofikasyon parametreleri ölçüm yöntemleri ile LOD ve LOQ değerleri Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Ötrofikasyon parametreleri yöntem ve LOD, LOQ değerleri

MATRİS	PARAMETRE	YÖNTEM	CİHAZ	REFERANS	LOD*-LOQ	Birim
Deniz Suyu	**ÇO**	Winkler Yöntemi	Titrasyon Cihazı	Winkler, L.W., 1988	0,02-0,3	mg/l
	SD Derinliği	30 cm çapında Seki	Seki Disk	-		m
	Chl-a	Aseton ekstrat Spektrofotometre (5-10 cm cell)	Spektrofotometre;	S.M 10200 H. 21. Baskı 2005	0,1	µg/L
	PO_4^+	Kolorimetrik (10 cm cell);Ortofosfat Tayini Metodu	Spektrofotometre; Otoanalizör cihazı	MTS 163 Grasshoff et al. 1983, S.M. 4500-P : 2005 G	0,02-0,07	µM
	TP	Kolorimetrik (10 cm cell) Persülfat Metodu	Spektrofotometre; Otoanalizör cihazı	MTS 163 Grasshoff et al. 1983, S.M. 4500 P J/2005	0,09-0,2	µM
	SiO_2	Kolorimetrik Molibdosilikat (2 cm cell)	Spektrofotometre; Otoanalizör cihazı	SM 4500-SiO_2 C 21. Baskı 2005	0,12-0,2	µM
	NO_3+NO_2-N	Kadmiyum indirgeme; Kolorimetrik	Spektrofotometre; Otoanalizör cihazı	MTS163 Grasshoff et al. 1983, S.M. 4500-NO3-I:2005	0,10-0,2	µM
	NH_4-N	Kolorimetrik Fenat Metodu (10 cm cell) Flow injection method	Spektrofotometre; Otoanalizör cihazı	S. M 4500-NH_3-F 21. Baskı 2005 MTS 163 S.M. 4500-NH3 H:2005	0,11-0,1	µM

Örnekleme ve analiz sırasında dikkat edilmesi gereken hususlar:

Örneklemeden analize kadar birçok neden veri kalitesini etkileyebileceğinden aşağıda yer alan hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir.

- Numune alma işlemi sırasında numune alma ekipmanlarından, gemi ve on-board faaliyetlerinden kaynaklanan kirlilikten kaçınılmalıdır.
- Örnekleme şişeleri seyreltik HCL asidi ile temizlenmeli ve saf su ile yıkanmalı ve kullanılmadığı zaman daima kapalı tutulmalıdır. Şişe kalitesi kullanmadan önce hem Düşük Besleyici Deniz Suyu (LNSW) hem de besin maddesi ilave edilmiş

deniz suyunu (nutrient-spiked) doldurarak kontrol edilmelidir (örnek gibi cihazda ölçülmesi tavsiye edilmektedir). Kontaminasyon için düzenli kontroller yapılmalıdır.

- Numunelerin toplanması ve filtrelenmesinden (mümkünse, bulanıksa) sonra olabildiğince çabuk analiz edilmesi önerilir. Acil analiz edilmesi mümkün değilse, numuneler daha önce ‘’kullanılmamış’’ veya ‘’test edilmiş’’ polietilen şişelerde dondurulur.
- Analizlerde içerisinde besin elementi bulunmayan kimyasal ve distile su kullanılmalıdır.
- NH_4Cl kullanılarak ölçülen nitrat analizinde aynı anda amonyum azotu ölçümü de yapılıyorsa kontaminasyon riski oluşturabileceğinden azami önem verilmelidir.
- Amonyum azotu analizinde optimum sonuçlar elde etmek için nihai reaksiyonun pH değeri belirli sınırlar içinde olmalıdır. Bu nedenle, pH'ı kontrol etmek için akış hücresi atık hattından solüsyon toplanarak pH kontrolü yapılmalıdır. Nihai pH (fenat reaktifleri ile): 11,5-11,9 ; Nihai pH (salisilat reaktifleri ile): 12,8-13,1 olmalıdır. Nihai pH çok düşükse, sodyum hidroksit konsantrasyonu artırılmalıdır.
- Analizden önce nitrat indirgeme kolon verimi (>% 90) kontrol edilmelidir. Kadmiyum kolonunun indirgeme kapasitesini kontrol etmek için, en yüksek nitrat standardı ile N miktarı aynı eşdeğerdeki nitrit analiz edilir. Kadmiyum kolonun verimi < % 90 ise ya kolon tekrar aktif edilir yada değiştirilir.
- Numunelerin dondurulması silikat türlerinin yüksek yoğunluklu numunelerde polimerleşmesine neden olabilir. Örnekler, depolimerizasyonu sağlamak için analizden yaklaşık 24 saat önce çözülmelidir.
- Eğer besin elementi analizleri spektrofotometre de ölçülecek ise, maksimum hassasiyet elde etmek için, spektrometrik analiz için kullanılan optik hücreler mümkün olduğunca uzun olmalıdır. 5-10 cm'lik hücreler önerilir ve bundan daha kısa hücreler sadece yüksek konsantrasyonlu numuneler için uygun olarak kabul edilmelidir.

6 RAPORLAMA

Besin tuzu konsantrasyonları µmol L^{-1} olarak rapor edilmelidir. Klorofil konsantrasyonu µg/L olarak verilmelidir.

Çözünmüş Oksijen ile birlikte yerinde tuzluluk, sıcaklık ve örnekleme derinliği verileri rapor edilmeli ve mg/l olarak verilmelidir. Ayrıca yüzde doygunluk değerleri de verilmelidir.

Sonuçların belirsizliği ve ölçüm limitleri raporda yer almalıdır. Veri formatı Excel olarak önerilmektedir. Raporlamada Bakanlık tarafından belirlenen uluslararası yükümlülüklere uygun raporlama formatları kullanılır.

Raporlamalar ulusal ve uluslararası ihtiyaçlara göre yapılır. Bunun için öncelikle uluslararası / bölgesel ölçekte UNEP MAP –IMAP ve MEDPOL, BSC – BSIMAP ve EEA gibi kuruluşlarla ve onların raporlama formatları ile çalışılmalıdır. Bunların yanı sıra DSÇD 'yi uygulamak ile yükümlü olan ülkeler için bir raporlama paketi geliştirilmiş olup şu an için ülkemiz için zorunluluk oluşturmamaktadır. Ancak özellikle "biyolojik çeşitlilik" ile ilgili izleme programları için gerekli olan entegre değerlendirme çalışmaları için örnek oluşturabilecek bir raporlama olarak düşünüp dikkate alınabilir. IMAP /MEDPOL ile BSIMAP raporlamalarının bu yönde yenileneceği varsayılabilir.

7 ÖLÇÜM SONUÇLARI DEĞERLENDİRME METODLARI

7.1 Su Kalitesi/Ekolojik Kalite Sınıflama Metotları

Su kalitesi DEKOS projesi kapsamında SÇD isterlerine göre geliştirilen sınıflandırılma cetvelleri kullanılarak değerlendirilebilir . Aynı yaklaşımın kullanıldığı (yüzdebirlik yöntemi) YSKY (2016) revizyonunda kabul edilen her deniz için ayrı ayrı belirlenen kalite sınıf değerlerine göre de değerlendirmelerin yapılması gereklidir. Su kalitesi izleme sonuçlarının değerlendirilmesinde, istatistiki yöntemler kullanılarak uç değerler (outlier), değerlendirme dışında bırakılmalıdır. Bunun için "box and whisker plot" yöntemi veya YSKY'de belirtildiği gibi "percentile" yüzdebirlik yöntemi kullanılarak verinin %5 ve %95'i dışında kalan değerlerle değerlendirme yapılmalıdır. Kalan verilerin aritmetik ortalaması sınıflandırmaya esas teşkil eder. Veri sayısı 10'dan az olduğunda yüzde değer hesabı yapılmaz, verilerin aritmetik ortalaması alınarak sınıflandırma yapılır. Ayrıca yüzey suyu değerlendirlemeri yapılırken, su kolonunun üst karışım kısmı değerlendirmeye alınmalıdır, bunun için 0-10 m derinliklerinde alınan verilerin aritmetik ortalama değeri kullanılabilir.

SÇD'ye uyumlu 5-sınıflı ve biyolojik kalite elemanlarına dayalı ekolojik kalite durumunun değerlendirilmesi ötrofikasyon değerlendirmelerinde özellikle önem taşır (Bölüm 7.3).

HELCOM tarafından geliştirilen bir ötrofikasyon sınıf belirleme aracı olan HEAT[1] uygulamasının (Helcom Eutrophication Assessment Tool; Fleming-Lehtinen ve diğ. 2015, Andersen ve ark. 2015), Karadeniz ülkelerinin kullanması için düzenlenmiş olan BEAST uygulaması (Black Sea Eutrophication Assessment Tool) ile değerlendirme yapılması önerilmektedir. Bu uygulama, SÇD ve DSÇD isterlerini karşılayarak zamansal ve bölgesel karşılaştırmalar yapma olanağı sunmaktadır. BEAST DSÇD 5.Tanımlayıcı olan Ötrofikasyon kriterlerini bir arada toplayarak ortamın ötrofikasyondan etkilenip etkilenmediğini ve 5-sınıflı ekolojik kalite durumunu ortaya koyabilmektedir. DSÇD tanımlayıcı 5'e göre göstergeler; 1)

[1] HEAT ve benzer şekilde BEAST metodunda insan kaynaklı girdilerden/baskılardan en düşük seviyede etkilen ve henüz doğal ekolojik (oligotrofik/mezotrofik) özelliklerini kaybetmemiş, bölgenin açık deniz özellikleri referans durum olarak belirlenir. Daha sonra ölçüm yapılan bölge sularının özellikleri bu referans ortam değerleri ile çok parametreli (besin tuzları, klorofil, SDD, tür dağılımı, dip su oksijen doygunluk değeri gibi) olarak kıyaslanır. TRIX skalasına benzer şekilde 0-1 arasında değişen (referans değer/mevcut durum oranı kullanılarak) su kalitesi sınıflaması yapılır. Ölçülen değerler bu skalada değerlendirilir ve yorumlanır (Andersen ve diğ., 2011). Baltık bölgesi kıyı ve orta bölge suları bu yaklaşımla farklı su kütlelerine (water body) ayrılmış, her bölge için REF değerleri belirlenmiştir. Bu değerler kullanılarak ölçüm yapılan noktaların ötrofik durum değerlendirmesi yapılmıştır.

tuzu düzeyleri, 2) Besin tuzu zenginleşmesinin direk etkileri (Klorofil-a, Seki disk Derinliği), ve 3) Besin tuzu zenginleşmesinin dolaylı etkikeleri (Çözünmüş Oksijen, Makrozoobentoz, Makrofit) BEAST içerisinde kullanılabilmektedir. Bu uygulamayı kullanmak için her bir gösterge için referans ve hedef değer belirlenmesi gerekmektedir. Referans değerler tarihsel veriler veya istastistiki yöntemlerle (Yüzdebirlik yöntemi) belirlenebilir. Hedefler herbir deniz için belirlenmiş veya belirlenecek olan iyi çevresel hedefler ile uyumluluk göstermelidir.

7.2 Trofik Durum Sınıflama Metodları

Trofik durum TRIX indeksi (Vollenweider et al., 1998) kullanılarak değerlendirilebilir. TRIX kıyı yüzey sularının trofik durumunun sınıflandırılmasında kullanılan bir skaladır. Bu indeks Adriyatik denizi için geliştirilmiş olup, indeksin farklı deniz tiplerine göre kalibre edilmesi önerilmektedir (Primpas ve Karydis, 2011). Bu sebepten dolayı aşağıda verilen skalaya göre (Tablo 5) değerlendirme yapılırken ihtiyatlı davranılmalı ve Türkiye denizleri özelinde sınır değerlerinin belirlenmesi çalışmalarının yapılması önerilmektedir. Ayrıca ÇŞB ve OSİB tarafından çıkarılan en güncel yönetmeliklerde (YSKYY, KAAY) verilen trofik durum belirleme cetvellerinin kullanılarak ortak bir karara varılması tavsiye edilir.

TRIX İndeksi, besin tuzlarından Toplam Fosfor (TP) ve Toplam İnorganik Azot (TIN), planktonik biyokütle göstergesi Klorofil-a (Chl-a) ve fotosentez yoğunluğu göstergesi aÇO% (oksijen doygunluğunun %100'den sapması) parametrelerini içeren logaritmik bir hesaplama metodudur.

TRIX indeksi aşağıdaki formülle hesaplanır;

TRIX = (Log10[Chl-a x aÇO% x TIN x TP] + k) / m

Chl-a: Klorofil-a derişimi (µg/L),
aÇO%: Oksijen doygunluk (%) değerinden mutlak sapma: I100-%ÇOI
TIN: Toplam inorganik azot: (NO3+NO2+NH4)-N (µg/L)
TP: Toplam fosfor (µg/L)
k: Denklem sabiti;1.5
m: Denklem sabiti; 1.2

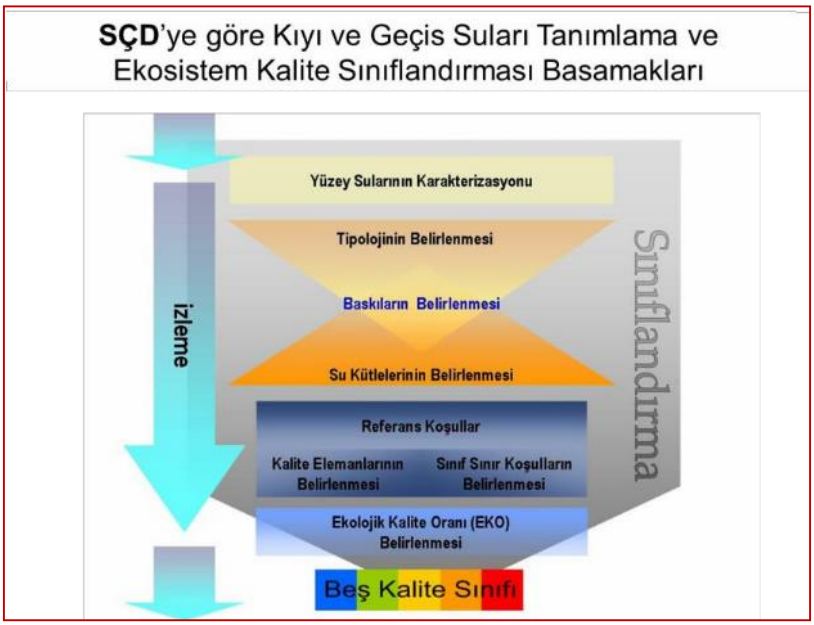
Formüldeki dört değişkene göre hesaplanan TRIX indeksi değerleri, 0-10 arasında değişen kat sayılarla ifade edilir (Tablo 5).

Tablo 5 TRIX İndeksine Göre Belirlenen Ötrofikasyon Riski Skalası

TRIX indeksi	Açıklama
< 4	Ötrofikasyon riski yok
4-6	Ötrofikasyon riski var
> 6	Ötrofik

7.3 Su Çerçeve Direktfi'ne Göre 5 Sınıflı Ekolojik Kalite Değerlendirmesi

SÇD 'nin sunduğu yönetim yaklaşımı tekrarlanan (iterative) ve uyumlulaştırılan (adaptive) bir yaklaşım niteliğindedir. Yani, yapılan ilk değerlendirmenin (sınıflandırma) ardından belirlenen "çevresel hedefler"e göre yönetim planlaması yapılır-uygulanır ve düzenli izleme ile alınan önlemlerin etkinliği kontrol edilir. Düzenli izleme sınıflandırma çalışmasının her basamağını belli aralıklarla revizyondan geçirmeyi de sağlar; yani tipolojiler, sınıf sınır değerleri ve çevresel hedefler değişebilir. Bu çalışmada izleme sürekli bilgi akışı sağlar ve tekrarlanan süreç içinde birinci veya sonuncu basamakta olması fark etmez. Baskıların belirlenmesi öncelikle risk analizi yapılmasını sağlar; yani konulan iyi çevresel hedeflerinin sağlanamaması riskini hatırlatır. İkinci olarak, tipoloji çalışmasının ardından baskı analizleri ile su kütlerinin ayrıştırılması (yönetim birimleri olarak) sağlanır. Son olarak da, referans koşulları belirleyecek uzmanlar görüş oluştururken baskıların olmadığı veya bunların etkilemediği alanları kullanabilirler. Bu anlamda, baskıların belirlenmesi çalışmanın ilk basamaklarından birisi olarak değerlendirilmeli ve farklı basamaklara girdi oluşturmalıdır. Şekil 4'te bu sürecin basamaklarını gösterilmektedir.



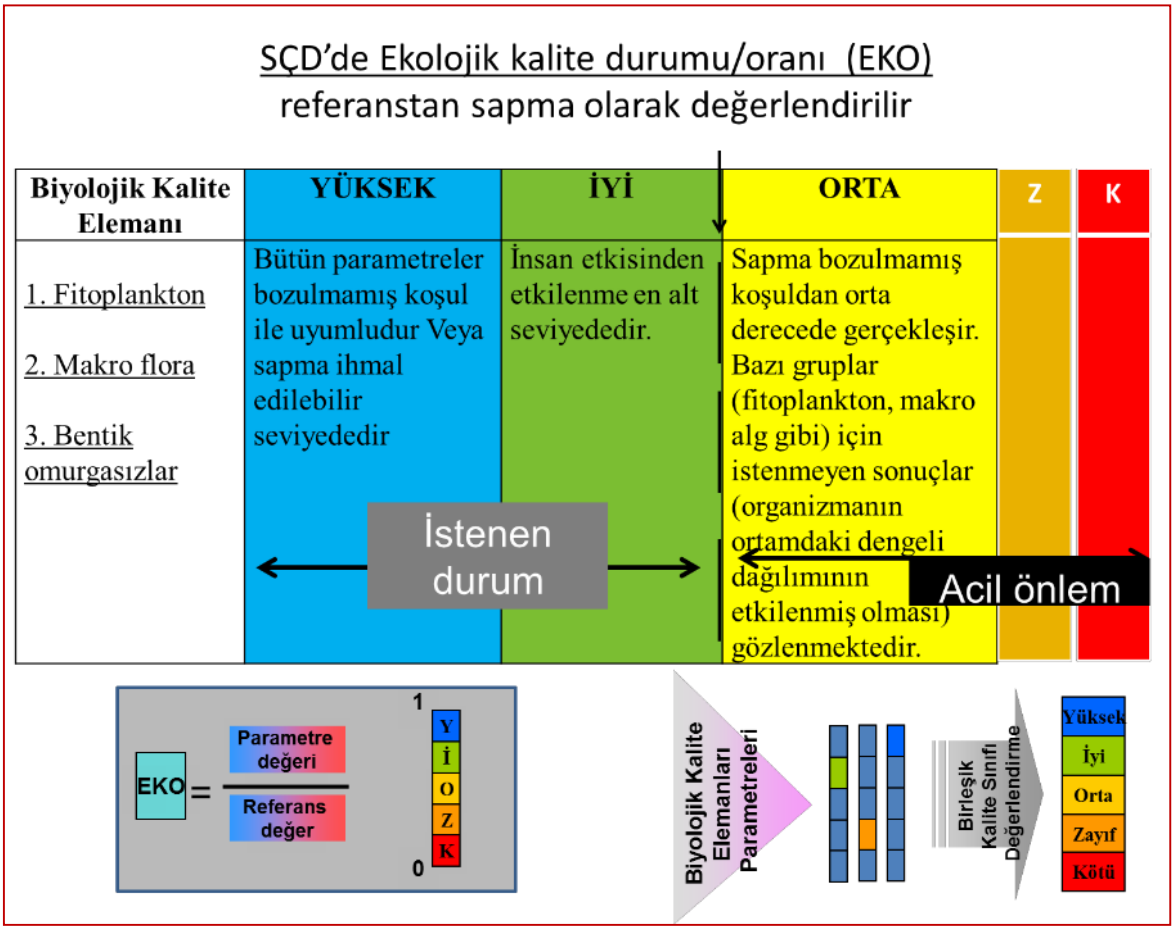
Şekil 4 SÇD uygulama basamakları

Referans koşul, bir su kütlesi tipinin Biyolojik Kalite Elemanı'nın (BKE), insan kullanımlarından ve baskılardan etkilenmemiş/bozulmamış, yüksek kalite durumunu gösteren-tanımlayan koşuldur. Su kütlelerinin ekolojik kalitelerini değerlendirmede ve sınıflandırmada sayısal dayanak olan Ekolojik Kalite Oranlarının (EKO) hesaplanması için referans koşulların belirlenmesi önemlidir. Her kategorideki su kütlesi için her tipoloji özelinde ayrı ayrı referans koşul belirlenmesi gerekir (Şekil 5).

Referans koşulların belirlenmesi için dört yaklaşım vardır. Bunlar tipolojiyi temsil edecek bozulmamış bir alan bulunması ve o bölgenin verilerinin kullanılması; tipoloji

kapsamındaki bölgenin bozulmamış dönemlerini içeren tarihi verilerin kullanımı; modelleme ile parametrelerin bozulmamış dönem değerlerinin elde edilmesi; veya uzman görüşü ile parametre metrik değerlerine karar verilmesidir (SÇD EkII 1.3; EC, 2003c). Literatür çalışmalarında bu yaklaşımların birleşik olarak kullanıldığı, uzman görüşüne verinin yetersiz kaldığı noktalarda destekleyici olarak başvurulduğu görülmüştür. Kılavuz belgelerde referans koşul belirleme yöntemlerinin (1) bozulmamış veya az bozulmuş alan verileri, (2) tarihi veri, (3) model ve (4) uzman görüşü kullanımı sıralamasında hiyerarşik olarak kullanılması önerilmektedir (EC, 2003c).

Günümüzde insan etkilerinin olmadığı alanların bulunması oldukça zordur. Üye ülkelerin tamamında yapılan çalışmalar sonucunda belirlenmiş yüksek kalite alan birkaç tanedir (EC, 2003c). Ortak denizler için farklı ülkelerin referans alanların izleme değerleri, bölgeyi temsil edecek şekilde karşılaştırmalı olarak kullanılabilir. Baskı (risk) analizleri de insan etkinliklerinden etkilenmemiş/bozunmamış alanlar bulunması için önemli başlangıç basamağı olabilir.



Şekil 5 SÇD'de ekolojik kalite durumunun belirlenmesi

Biyolojik izleme parametresi değerinin o su kütlesinin tipolojisine ait referans koşul değerine bölünmesi ile elde edilir. 0 ile 1 arasında değişen karşılaştırılabilir bir değerdir ancak su kütlelerindeki "yüksek" ve "iyi" kalite arasındaki sınırı sayısal olarak belirleyebilmek

oldukça zor bir aşamadır. Yüksek, iyi ve orta kalite farklılıklarının interkalibrasyon çalışmalarında da uyumluk göstermesi gerekir (EC, 2003c).

EKO hesaplamanın ana amaçlarından birisi büyük coğrafi alanlarda su kütlelerinin kendine özgü özellikleri ne olursa olsun kalite ve hedeflere ulaşma konusundaki karşılaştırılabilirlik sağlamasıdır. Karşılaştırılabilirlik hem izleme hem de yönetim sürecinin verimliliğini ve etkinliğini arttıran önemli bir unsurdur.

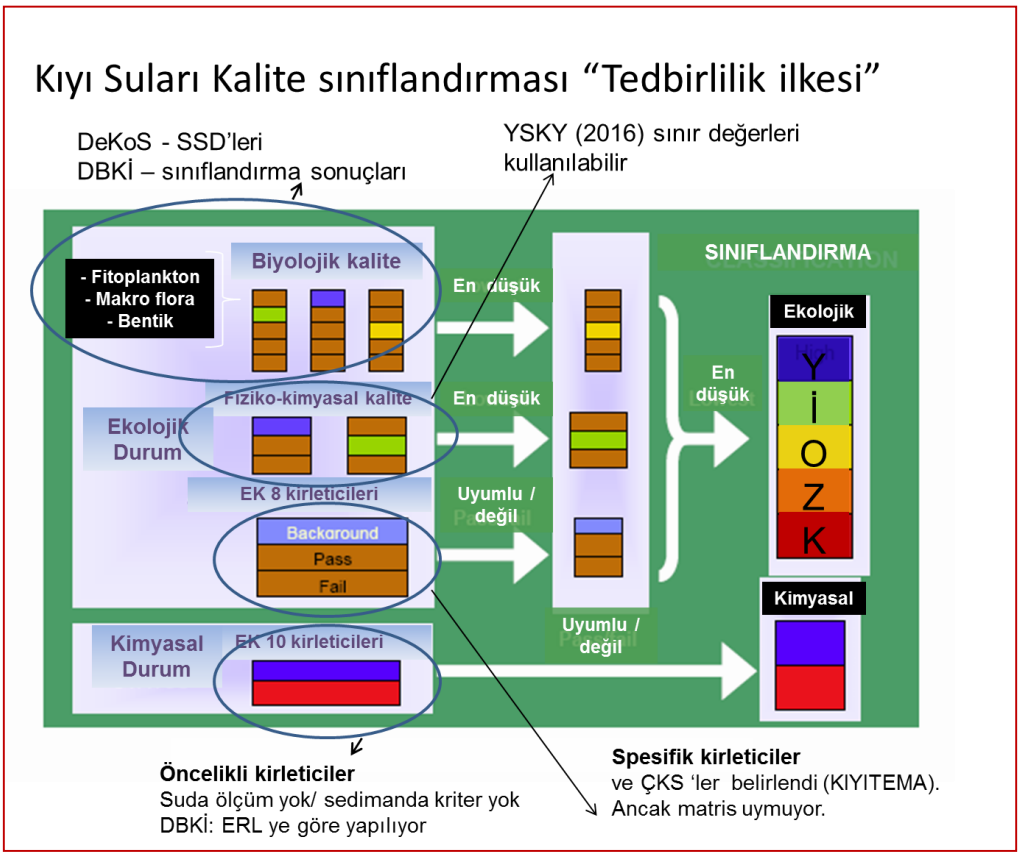
Birbirinden çok farklı kalite elemanları için hesaplanan EKO'lar karşılaştırılırken kullanılan değerlendirme metotlarını gözönünde bulundurmak gerekir. Kalite elemanlarının baskılara verdiği tepkiler farklı olacağından sınıf belirleme aşamasına geçişte değerlendirilmelere katılmalıdır. Özellikle süreklilik göstermeyen metotlarda ve indeks kullanımlarında baskı-etki ilişkisini bütünsel olarak değerlendirmekte güçlükler olabilir (EC, 2007).

Sınıflandırmada "tedbirlilik ilkesi" gözönünde bulundurulur ve kalite elemanlarının gösterdiği en kritik (düşük) kalite esas alınır. Buna göre biyolojik kalite elemanlarının her biri değerlendirilirken konu/organizma grubu uzmanının birleşik olarak bütünsel bir değerlendirme yapması ekolojik açıdan daha anlamlı olabilir. Bu durumda, her bir BKE içinde değerlendirilen parametreler için "birleşik kalite" belirlenir. Örneğin, BKE fitoplankton ise, değerlendirme için seçilen fitoplankton ile ilişkili parametreler (bolluk, tür çeşitliliği, gruplara göre sayı, klorofil) için ayrı ayrı irdelenen kalite birleşik (ortalama) olarak değerlendirilir. Bu değerlendirme her BKE için yapıldıktan sonra bunlar arasında da "tedbirlilik" ilkesi uygulanır; yani BKE lerde aynı su kütlesi için en düşük kalite "ekolojik kalite"yi belirler. Ekolojik kalite sınıfını destekler nitelikte değerlendirilmek üzere seçilen fiziko-kimyasal parametreler ise en düşük kalite sınıfı esas alınarak belirlenir (**Şekil 6**).

Bu ortak değerlendirmede biyolojik kalite elemanlarından fitoplankton için "klorofil-a" göstergesi minimumda tercih edilir. Klorofil için sınıflandırma DEKOS sınıf sınırı değer (SSD) tabloları ve/veya YSKY 2016 yönetmelik revizyonu için yapılan mevsimsel sınıflandırmalar kullanılarak yapılabilir. Bu kılavuzun EK'inde verilen deniz izleme çalışmalarında elde dilen verilere göre sınır değerlerinden yararlanılabilir. Diğer biyolojik bileşenler olan makro alg için EEI indeksi ve makrozoobentoz için de Karadeniz ve Marmara Denizi için TUBI ile m-AMBI ve Ege, Akdeniz için TUBI ile BENTIX 'in kullanılması DBKİ 2014-2016 proje sürecinde önerilmiştir.

Fizikokimyasal sınıflandırma için NOx, TP ve SD kullanılarak YSKY, 2016 ve Ek X XX kullanılabilir. Burada SÇD'ye göre en kötü kaliteye göre karar verilir ancak YSKY bu konuda be**l** i kriterler yayınlamış olup bunların dikkate alınması önceliklidir.

SÇD ortak sınıflandırma sürecinde kimyasal kirlilik durumu da ekolojik kaliteyi belirlemede kullanılır. Ancak, ülkemiz için spesifik kirleticiler ve çevre kalite standartları (ÇKS) belirlenmiş olmasına karşın (YSKY, 2016) bunların değerlendirmeleri henüz oldukça sınırlı şekilde yürümektedir. Bunun nedeni kirletici izleme çalışmalarının sediman ve biyota matrislerinde gerçekleştiriliyor olmasıdır. Bu nedenle sınıflandırmada ERL 'ye göre bir değerlendirme yapılmaktadır. Aynı yaklaşım öncelikli kirleticiler için de kullanılmaktadır.



Şekil 6 Ekolojik kalite ve kimyasal durum sınıflandırmaları ve birleşik değerlendirme

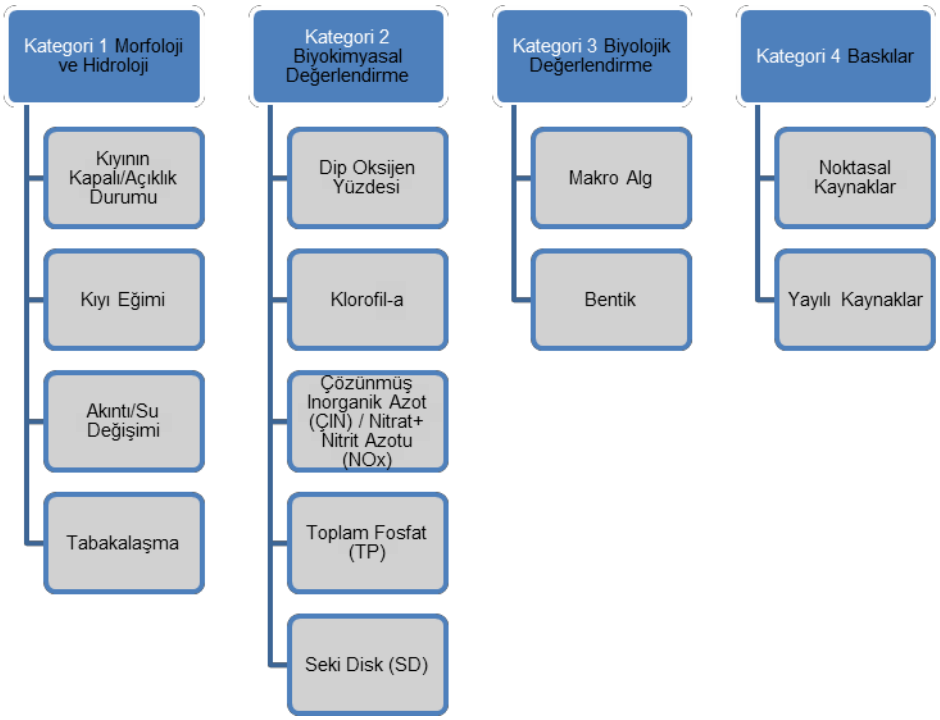
7.4 Hassas Alan ve Az Hassas Alan Değerlendirmesi Yöntemi

Ülkemiz kıyıları "Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği (KAAY) temel alınarak kıyısal alanların ötrofikasyon riski açısından değerlendirilmesi ve sınıflandırması yapılmıştır. Bu kapsamda, hassas, az hassas ve gri alanlar olmak üzere kıyılar üç sınıfa ayrılmıştır. Yönetmelik kapsamında kıyısal alanlar nicel ve nitel değerlendirmelere dayalı yöntem izlenmiştir. Ancak, sınıflandırma için yeterli bilgi/veri bulunmayan alanlar "gri alan" olarak tanımlanmıştır. Söz konusu yönetmeliğe dayalı olarak 27 Haziran 2009'da Mülga T.C Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından "Hassas ve Az Hassas Su Alanları Tebliği" yayınlanmıştır.

Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği Madde 11 (d), Madde 12 (c) ile Hassas ve Az Hassas Su Alanları Tebliği Madde 4 (a) bendinde belirlenen hassas ve az hassas su alanlarının dört yılda bir güncellenme çalışmalarının yapılması gerekliliği belirtilmiştir. Bu kapsamda, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı (OSİB) kıyı su kütlelerinin ötrofikasyon temelli sınıflandırmasını 23 Aralık 2016'da "Hassas Su Kütleleri ile Bu Kütleleri Etkileyen Alanların Belirlenmesi ve Su Kalitesinin İyileştirilmesi Hakkında Yönetmelik" içerisinde yayınlamıştır.

2016 yılında OSİB tarafından yayınlanan hassas alanların güncellenmesinde izlenen yol temel olarak 2009 yılında yayınlanan tebliğ ile aynı metodolojiye sahip olsa da bazı farklılıklar mevcuttur. En büyük farklılık, 2009 yılında değerlendirilen kıyısal alanların 2016 yılında daha küçük birimlere ayrılarak ele alınmasından kaynaklanmaktadır. Bu durum, kıyısal alanların yönetimi ve değerlendirilmesini kolaylaştırmaktadır. Ayrıca, gri alan tanımlaması kaldırılarak kıyısal alanlar hassas ve az hassas olarak sınıflandırılmıştır.

Hassas alanların güncellenmesi 2016 yılındaki yönetmelikte, 2009 yılı tebliğ parametreleri temel alınarak, dört ayrı kategoride değerlendirilmesi yapılmıştır. Bir önceki yönteme göre farklı yönü "Biyolojik Değerlendirme"nin eklenerek sınıflandırmanın yapılmasıdır. Bu kapsamda, hassas ve az hassas sınıflandırmasında oluşturulan kategoriler ve alt parametreleri Şekil 3'te gösterilmektedir.



Şekil 7 Ötrofikasyon temelli hassas/az hassas alanların sınıflandırma kategorileri (Hassas, 2016)

Hassas Su Kütleleri ile Bu Kütleleri Etkileyen Alanların Belirlenmesi ve Su Kalitesinin İyileştirilmesi Hakkında Yönetmelik kapsamında kıyısal alanların değerlendirilmesinde "Kategori 2 - Biyokimyasal Değerlendirmede" kullanılan izleme verileri (Klo-a, NOx, TP ve SD) Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY, 2016) Madde 13'ün 1. fıkrasına göre veri analizi yapılarak EK-6 Tablo 7 ve Tablo 8a,b'te yer alan parametrelerin sınır değerleriyle karşılaştırılması sonucu ötrofikasyon açısından sınıfı belirlenmektedir. Kategori 4- Baskılar ise noktasal ve yayılı kaynakların hesaplanarak uzman görüşüne ya da yüzde birlik yöntem kullanılarak ağırlıklarına göre sınıflandırması yapılabilmektedir.

Yukarıdaki açıklanan dört kategorinin değerlendirilmesi sonucunda kıyının hassasiyet derecesi belirlenmektedir. Söz konusu kriterlerin "genel değerlendirme yöntemi"

Tablo 6'da verilmektedir. Hassasiyet durumunun belirlenmesinde genel yöntem yol gösterici olup, uzman görüşüne göre kıyı hassasiyet sınıfının nihai kararı verilmektedir.

Tablo 6 Hassas/az hassas alanların belirlenmesinde kullanılan kriterlerin genel değerlendirmesi

Az Hassas Alan	Hassas Alan
Kategori 1: M orfoloji Hidromorfoloji Değerlendirme Kıyı Tipi : Açık Eğim : 1 deniz mili >1 Akıntı : Güçlü, Orta Tabakalaşma: Zayıf, orta	***Kategori 1: M orfoloji Hidromorfoloji Değerlendirme*** Kıyı Tipi: Yarı Kapalı - Kapalı Eğim : 1 deniz mili <1 Akıntı: Orta, Zayıf Tabakalaşma: Güçlü
Kategori 2: Fiziko-Kimyasal Değerlendirme* Oligotrofik, mezotrofik	***Kategori 2: Fiziko-Kimyasal Değerlendirme**** Mezotrofik Ötrofik
Kategori 3: Biyolojik Değerlendirme** Bentik Omurgasız : Çok İyi İyi veya Orta Makro Alg: Çok İyi,İyi veya Orta	***Kategori 3: Biyolojik Değerlendirme***** Bentik Omurgasız : Zayıf,Kötü veya Orta Makro Alg: Zayıf,Kötü veya Orta
Kategori 4: Kaynaklarına göre Atıksu Kirlilik Yükleri ve Dağılımları Değerlendirmesi Zayıf veya Orta Şiddette Baskı	***Kategori 4: Kaynaklarına göre Atıksu Kirlilik Yükleri ve Dağılımları Değerlendirmesi***** Orta veya Yüksek Şiddette Baskı

(OSİB-TÜBİTAK-MAM, 2015)

KAYNAKLAR

Andersen, J.H., J. Carstensen, D.J. Conley, K. Dromph, V. Fleming-Lehtinen, B.G. Gustafsson, A.B. Josefson, A. Norkko, A. Vil näs, C. Murray (2015) Long-term temporal and spatial trends in eutrophication status of the Baltic Sea. Biol. Rev. doi: 10.1111/brv.12221

Beken ve diğ., 2014 Deniz ve Kıyı Sularının Kalite Durumlarının Belirlenmesi ve Sınıflandırılması Projesi (DeKoS). ÇTÜE 5118703, Rapor No. ÇTÜE.13.155 (Final Raporu), Şubat 2014, Gebze-Kocaeli,

Brzezinski, M.A., 1985 The Si:C:N ratio of marine diatoms: interspecific variability and the effect of some environmental variables. Journal of Phycology, Vo. 21, pp. 347–357.

Fleming-Lehtinen, V.,Andersen, J. H.,Carstensen, J.,Łysiak-Pastuszak, E.,Murray, C.,Pyhälä, M.& Laamanen, M.(2015) Recent developments in assessment methodology reveal that the Baltic Sea eutrophication problem is expanding. *Ecological Indicators* **48**, 380–388.

Grasshoff, K., Ehrnardt, M., Almgren, T. 1983. Methods of seawater analysis. Verlag Chemie, Weinheim

Hassas 2016, Hassas Su Kütleleri ile Bu Kütleleri Etkileyen Alanların Belirlenmesi ve Su Kalitesinin İyileştirilmesi Hakkında Yönetmelik (23.12.2016 tarih ve 29927)

Jeffrey, S. W., Humphrey, G. F., 1975. New spectrophotometric equation for determining chlorophyll a, b, c1 and c2, Biochem. Physiol. Pflanz., 167, 194-204.

Jeffrey, S. W., Mantoura, R. F. C., Wright, S. W. 1997. Phytoplankton pigments in oceanography: Guidelines to modern methods. UNESCO Publishing Paris, 37–84.

OSPAR Eutrophication Series 2012 MSFD Advice Manual and Background document on Good environmental status - Descriptor 5: Eutrophication, 25p.

OSPAR Commission Eutrophication Monitoring Guidelines Oxygen 2013 ref no 2013-5

OSPAR Commission Eutrophication Monitoring Guidelines Nutrients 2013 ref no 2013-4

OSPAR Commission Eutrophication Monitoring Guidelines Chlorophyll-a in water

2012 ref no 2012-11.

OSPAR 2009. Eutrophication Status of the OSPAR Maritime Area: Second Integrated Report. Sampling and Analysis Techniques for the Eutrophication Monitoring Strategy of MED-POL, 2005, MAP Technical Reports Series No. 163

Redfield A.C., 1934 On the proportions of organic derivations in sea water and their relation to the composition of plankton. In *James Johnstone Memorial Volume*. (ed. R.J. Daniel). University Press of Liverpool, pp.176–192.

S.M 10200 H Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 2012 (22nd Edn) Spektrofotometrik metot

Strickland, J.D.H. and Parsons,T.R. 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Bull. Fish. Res. Board Can., 167, 1–130.

Türkiye'de Havza Bazında Hassas Alanların ve Su Kalitesi Hedeflerinin Belirlenmesi Projesi. Proje Nihai Raporu, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü (Proje Sahibi Kurum: OSİB-SYGM).

UNEP/MAP 2015. Draft Integrated Monitoring and Assessment Guidance, UNEP(DEPI)/MED IG.22/Inf.7.

Vollenweider, R.A., Giovanardi, F., Montanari, G. and Rinald, A. 1998. Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters, with special reference to the NW Adriatic Sea, Proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. Environmetrics, 9: 329-357. WFD, 2000. Directive 2000/60/EC of The European Commission.

Zampoukas, N., vd. 2014. Technical guidance on monitoring for the Marine Strategy Framework Directive, JRC Scientific and Policy Reports, Report EUR 26499 EN.

EU, 2010. COMMISSION DECISION of 1 September 2010 on criteria and methodological standards on good environmental status of marine waters (2010/477/EU).

EK Deniz İzleme Çalışmalarında Elde Edilen Verilere Göre Trofik Seviye Sınır Değerleri

Tablo 1. Ege Denizi ve Akdeniz Mevsimlik (Tuzluluk ≥38.5, kıyı) Klorofil-a Sınır Kalite Değerleri (µg/L) *(Yapılan tüm çalışmanın özeti)*

Chl-a (µgL^{-1})	**Ege Denizi ve Akdeniz**							
	Veri sayısı (N)	**5**	**10**	**25**	**50 (median)**	**75**	**90**	**95**
Kış	38	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4
İlkbahar	48	0,2	0,2	0,3	0,5	0,9	1,3	1,5
Yaz	115	0,1	0,1	0,1	0,2	0,5	1,0	1,3
Sonbahar	171	0,0	0,1	0,1	0,3	0,6	1,1	1,6
Tüm mevsimler	372	0,1	0,1	0,1	0,3	0,6	1,0	1,5
								Tuzluluk ≥38.5, kıyı

ÖNERİLEN - Ege Denizi ve Akdeniz Kıyı Suları Ötrofikasyon Kriterleri [(a)]

Su kalitesi Sınıfı	**TP (µg/l)**	**NOx (µg/l)**	**Chl a (µg/l)**	**SD (m)**
İyi – I	<5	<5	<0,5	>14
Orta – II	5,0-7,0	5-10	0,5 – 1,0	14-9
Zayıf – III	7,1-11,0	10,1-20	1,1-2,0	8,9-5
Kötü - IV	>11	>20	>2,0	<5

[(a)]Notlar:

1. TP: Toplam fosforu, NOx: Oksitlenmiş anorganik azotlu bileşikleri (NO_3-N ve NO_2-N), SD: Secchi derinliğini, Chl a: Klorofil-a seviyesini tanımlar.
2. Kalite seviyeleri arasındaki sınırlar uzun dönemli izleme verilerinin yüzdebirlik yöntemi analizi ile belirlenmiştir. Bunlar; İyi-I=<%50, Orta-II=%50-75, Zayıf-III=%75-90, Kötü-IV=>%90 olarak tanımlanmıştır.
3. Değişkenlerin her birinin farklı kalite seviyesini göstermesi durumunda klorofil–a belirleyicidir.
4. En az iki değişkenin kalite seviyesinin aynı çıkması durumunda, bu kalite seviyesi geçerlidir. Ancak; klorofil–a seviyesinin, aynı olan parametrelerden daha yüksek çıkması durumunda, klorofil–a belirleyicidir.
5. Dört değişkenin dikkate alınması ve iki kalite seviyesinin çıkması durumunda (ikişer değişken için aynı kalite seviyesi) düşük kalite seviyesi geçerlidir.
6. Tabloda verilen su kalitesi sınıflandırmasının yapılması için besin elementi ölçümlerinin Aralık-Şubat (kış döneminde, eğer geç kış yaşanmış ise ilkbahar koşulları oluşmadan), Klorofil - a ölçümlerinin Mart-Mayıs (ilkbahar dönemi), Seki derinliğinin de ilkbahar-yaz döneminde yapılması esastır. Tablodaki değerlerle karşılaştırma yapmak için 0-10 m değerlerinin ortalamasına başvurulur.
7. Ege Denizi ve Akdeniz kıyı su kütlelerini (DeKoS, 2014) değerlendirirken tuzluluk kriteri uygulanır. Tuzluluk ≥ 38-38,5 psu'daki ölçümler dikkate alınır.
8. Ege Denizi ve Akdeniz için kış verileri çok sınırlı olduğundan toplanan tüm yıllık veriler değerlendirmelere katılarak sınır değerler belirlenmiştir. En az 2-3 yıl daha kış verisi toplandıktan sonra besin elementlerinin sınır değerleri tekrar gözden geçirilecektir.

Tablo 2. Karadeniz Mevsimlik (Tuzluluk ≥ 17, kıyı) Klorofil-a Sınır Kalite Değerleri (µg/L) *(Yapılan tüm çalışmanın özeti)*

Chl-*a* (µgL^{-1})	**Karadeniz**							
	Veri sayısı (N)	**5**	**10**	**25**	**50 (median)**	**75**	**90**	**95**
Kış	326	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,4	1,7
İlkbahar	129	0,3	0,4	0,6	0,8	1,1	2,1	2,5
Yaz	295	0,2	0,3	0,4	0,6	0,9	1,2	1,6
Sonbahar	956	0,3	0,4	0,6	0,9	1,2	1,6	1,9
Tüm mevsimler	1706	0,3	0,4	0,5	0,8	1,1	1,5	1,9
								Tuzluluk ≥ 17, kıyı

ÖNERİLEN - Karadeniz kıyı suları Ötrofikasyon Kriterleri [(b)]

Su kalitesi Sınıfı	**TP (µg/l)**	**NOx (µg/l)**	**Chl a (µg/l)**	**SD (m)**
İyi – I	<8	<14	<1	>7
Orta – II	8-12	14-20	1,0-1,5	7-5
Zayıf – III	12-16	21-34	1,6-3,0	4,9-3,0
Kötü - IV	>16	>34	>3,0	<3

Tablo 3. Marmara Denizi Mevsimlik Klorofil-a Sınır Kalite Değerleri (µg/L) *(Yapılan tüm çalışmanın özeti)*

Chl-*a* (µgL^{-1})	**Marmara Denizi**							
	Veri sayısı (N)	**5**	**10**	**25**	**50 (median)**	**75**	**90**	**95**
Kış	227	0,9	1,1	1,6	2,2	3,4	4,8	6,1
İlkbahar	134	1,9	2,0	2,5	3,4	4,3	5,9	6,9
Yaz	132	0,3	0,4	0,8	1,4	2,0	3,0	4,3
Sonbahar	81	0,4	0,7	0,9	1,2	2,0	3,7	5,6
Tüm mevsimler	574	0,6	0,8	1,3	2,1	3,4	4,7	6,1

ÖNERİLEN - Marmara Denizi Kıyı Suları Ötrofikasyon Kriterleri [(b)]

Su kalitesi Sınıfı	TP (µg/l)	NOx (µg/l)	Chl a (µg/l) (ilkbahar)	Chl a (µg/l) (sonbahar)	SD (m)
İyi – I	<14	<14	<3,0	<1,0	>6
Orta – II	14-21	14-20	3,0 - 4,3	1,0-2,0	6,0-4,5
Zayıf – III	22-30	21-34	4,4-6,0	2,1-4,0	4,4-3,0
Kötü - IV	>30	>34	>6,0	>4,0	<3

(b) Notlar:

9. TP: Toplam fosforu, NOx: Oksitlenmiş anorganik azotlu bileşikleri (NO_3-N ve NO_2-N), SD: Secchi derinliğini, Chl a: Klorofil-a seviyesini tanımlar.
10. Kalite seviyeleri arasındaki sınırlar uzun dönemli izleme verilerinin yüzdebirlik yöntemi analizi ile belirlenmiştir. Bunlar; İyi-I=<%50, Orta-II=%50-75, Zayıf-III=%75-90, Kötü-IV=>%90 olarak tanımlanmıştır.
11. Değişkenlerin her birinin farklı kalite seviyesini göstermesi durumunda klorofil–a belirleyicidir.
12. En az iki değişkenin kalite seviyesinin aynı çıkması durumunda, bu kalite seviyesi geçerlidir. Ancak; klorofil–a seviyesinin, aynı olan parametrelerden daha yüksek çıkması durumunda, klorofil–a belirleyicidir.
13. Dört değişkenin dikkate alınması ve iki kalite seviyesinin çıkması durumunda (ikişer değişken için aynı kalite seviyesi) düşük kalite seviyesi geçerlidir.
14. Tabloda verilen su kalitesi sınıflandırmasının yapılması için besin elementi ölçümlerinin Aralık - Şubat (kış döneminde, eğer geç kış yaşanmış ise ilkbahar koşulları oluşmadan), Klorofil- a ölçümlerinin Mart-Mayıs (ilkbahar dönemi), Seki derinliğinin de ilkbahar-yaz döneminde yapılması esastır. Tablodaki değerlerle karşılaştırma yapmak için 0-10 m değerlerinin ortalamasına başvurulur.
15. Karadeniz kıyı su kütlelerini (DeKoS, 2014) değerlendirirken tuzluluk kriteri uygulanır. Tuzluluk ≥ 17 psu'daki ölçümler dikkate alınır.
16. Marmara Denizi kıyı su kütleleri (DeKoS, 2014) yüzey suları, Karadeniz, dikey karışım ile alt tabakada birikmiş besin maddelerinin yüzey sularına taşınması ve kara kökenli diğer girdilerin etkisi ile farklı baskılara maruz kalmaktadır ve bu suların tuzluluk değerleri ciddi ve anlık sayılabilecek değişikler sergileyebilir. Bu nedenle, Marmara Denizi kıyı su kütleleri için tuzluluk kriteri konulmamıştır. Tablo 9.b'deki NOx değerleri sadece Karadeniz suyu etkisini dikkate alması durumunda Marmara Denizi için de kullanılabilir. Marmara Denizi için ayrıca iki ayrı dönemde (ilkbahar ve sonbahar) değerlendirme yapılabilir. Bu ayrımın oluşturulmasındaki en önemli neden mevsimsel farklılıkların fazla olmasıdır. Eğer veri bu dönemlerden bir tanesi için mevcutsa, değerlendirme ona göre yapılır. Eğer her iki dönem için de mevcutsa o zaman düşük kalite seviyesi klorofil kalitesini belirler.

Deniz ve Kıyı Suları Kalite Durumlarının Belirlenmesi ve Sınıflandırılması Projesi (DeKoS) Final Raporu'nda (DeKoS, 2014) belirlenmiş olan mevsimlik Klorofil-a Sınır Kalite Değerleri (µg/L) Doğu Karadeniz (Sürmene) ve Orta Karadeniz (Sinop) (Ediger ve diğ. 2015), Marmara Denizi (Küçükçekmece, Büyükçekmece, Tuzla kıyıları ve İzmit Körfezi) ve İzmir Körfezi (iç ve dış) için aşağıdaki tablolarda verilmiştir (Tablo 4 – Tablo 9).

Tablo 4. Doğu Karadeniz (Sürmene) Mevsimlik Klorofil-a Sınır Kalite Değerleri (µg/L)

DK (Sürmene)					
	HIGH	**GOOD**	**MODERATE**	**POOR**	**BAD**
KIŞ	**10%**	**25%**	**50%**	**75%**	**90%**
	0,31	0,42	1,11	1,56	2,10
	<0,31	0,32-0,42	0,43-1,11	1,12-1,56	>1,56
EQR %10 (0,27)	0,90	0,66	0,25	0,17	0,13
DK (Sürmene)					
	HIGH	**GOOD**	**MODERATE**	**POOR**	**BAD**
İLKBAHAR	**10%**	**25%**	**50%**	**75%**	**90%**
	0,41	0,63	0,82	0,97	1,44
	<0,41	0,42-0,63	0,64-0,82	0,83-0,97	>0,97
EQR %10 (0,11)	0,28	0,18	0,14	0,12	0,08
DK (Sürmene)					
	HIGH	**GOOD**	**MODERATE**	**POOR**	**BAD**
YAZ	**10%**	**25%**	**50%**	**75%**	**90%**
	0,22	0,28	0,52	1,00	1,23
	<0,22	0,23-0,28	0,29-0,52	0,53-1,0	>1,0
EQR %10 (0,11)	0,53	0,41	0,22	0,11	0,09
DK (Sürmene)					
	HIGH	**GOOD**	**MODERATE**	**POOR**	**BAD**
SONBAHAR	**10%**	**25%**	**50%**	**75%**	**90%**
	0,24	0,44	0,73	1,10	1,75
	<0,24	0,25-0,44	0,45-0,73	0,74-1,1	>1,1
EQR %10 (0,28)	1,14	0,63	0,38	0,25	0,16
DK (Sürmene)					
	HIGH	**GOOD**	**MODERATE**	**POOR**	**BAD**
TÜM VERİ	**10%**	**25%**	**50%**	**75%**	**90%**
	0,23	0,39	0,74	1,17	1,79
	<0,23	0,24-0,39	0,40-0,74	0,75-1,17	>1,17
EQR %10 (0,18)	0,80	0,47	0,25	0,16	0,10

Tablo 5. Orta Karadeniz (Sinop) Mevsimlik Klorofil-a Sınır Kalite Değerleri (µg/L)

OK (Sinop) KIŞ					
	HIGH	GOOD	MODERATE	POOR	BAD
Sinop	10%	25%	50%	75%	90%
OK	0,61	0,77	1,13	1,84	2,92
	<0,61	0,62-0,77	0,78-1,13	1,14-1,84	>1,84
EQR %10 (0,35)	0,58	0,45	0,31	0,19	0,12

OK (Sinop) İLKBAHAR					
	HIGH	GOOD	MODERATE	POOR	BAD
Sinop	10%	25%	50%	75%	90%
OK	0,14	0,58	1,07	1,80	2,67
	<0,14	0,15-0,58	0,59-1,07	1,08-1,8	>1,8
EQR %10 (0,1)	0,71	0,17	0,09	0,06	0,04
OK (Sinop) YAZ					
	HIGH	GOOD	MODERATE	POOR	BAD
Sinop	10%	25%	50%	75%	90%
OK	0,21	0,32	0,48	0,87	1,47
	<0,21	0,22-0,32	0,33-0,48	0,49-0,87	>0,87
EQR %10 (0,11)	0,53	0,34	0,23	0,13	0,07

OK (Sinop) SONBAHAR					
	HIGH	GOOD	MODERATE	POOR	BAD
Sinop	10%	25%	50%	75%	90%
OK	0,30	0,70	0,84	1,74	2,16
	<0,3	0,31-0,7	0,71-0,84	0,85-1,74	>1,74
EQR %10 (0,27)	0,90	0,39	0,32	0,16	0,13
OK (Sinop) TÜM VERİ					
	HIGH	GOOD	MODERATE	POOR	BAD
Sinop	10%	25%	50%	75%	90%
OK	0,23	0,49	0,92	1,74	2,48
	<0,23	0,24-0,49	0,50-0,92	0,93-1,74	>1,74
EQR %10 (0,16)	0,70	0,33	0,18	0,09	0,07

Tablo 6. Marmara Denizi (Küçükçekmece, Büyükçekmece ve Tuzla kıyıları) Mevsimlik Klorofil-a Sınır Kalite Değerleri (µg/L)

referans koşullara göre B2 10% chl=0,73					
kış	HIGH	GOOD	MODERAT	POOR	BAD
MKC	10%	25%	50%	75%	90%
<30m	1,50	2,29	3,69	5,58	8,61
	<1,5	1,51-2,29	2,29-3,69	3,70-5,58	>5,59
EQR	0,49	0,32	0,20	0,13	0,08

referans koşullara göre B2 10% chl=0,73					
kış	HIGH	GOOD	MODERAT	POOR	BAD
MY1-2-MB	10%	25%	50%	75%	90%
>30m	1,68	2,55	3,97	5,53	7,29
	<1,68	1,69-2,55	2,56-3,97	3,98-5,53	>5,53
EQR	0,43	0,29	0,18	0,13	0,10

referans koşullara göre B2 10% chl=0,61					
ilkb	HIGH	GOOD	MODERAT	POOR	BAD
MKC	10%	25%	50%	75%	90%
<30m	2,39	3,05	3,97	6,10	8,65
	<2,39	2,4-3,05	3,06-3,97	3,98-6,1	>6,1
EQR	0,26	0,20	0,15	0,10	0,07

referans koşullara göre B2 10% chl=0,61					
ilkb	HIGH	GOOD	MODERAT	POOR	BAD
MY1-2-MB	10%	25%	50%	75%	90%
>30m	0,77	1,12	2,09	3,59	6,81
	<0,77	0,78-1,12	1,13-2,09	2,10-3,59	>3,59
EQR	0,80	0,55	0,29	0,17	0,09

referans koşullara göre B2 10% chl=0,54					
yaz	HIGH	GOOD	MODERAT	POOR	BAD
MKC	10%	25%	50%	75%	90%
<30m	1,92	2,20	2,88	5,58	9,86
	<1,92	1,93-2,20	2,21-2,88	2,89-5,58	>5,58
EQR	0,28	0,25	0,19	0,10	0,05

referans koşullara göre B2 10% chl=0,54					
yaz	HIGH	GOOD	MODERAT	POOR	BAD
MY1-2-MB	10%	25%	50%	75%	90%
>30m	0,40	0,56	1,06	1,77	3,37
	<0,4	0,4-0,56	0,57-1,06	1,07-1,77	>1,77
EQR	1,36	0,96	0,51	0,31	0,16

referans koşullara göre B2 10% chl=0,80					
sonb	HIGH	GOOD	MODERAT	POOR	BAD
MKC	10%	25%	50%	75%	90%
<30m	1,58	2,08	3,46	4,79	6,91
	<1,58	1,58-2,08	2,09-3,46	3,47-4,79	>4,79
EQR	0,51	0,38	0,23	0,17	0,12

referans koşullara göre B2 10% chl=0,80					
sonb	HIGH	GOOD	MODERAT	POOR	BAD
MY1-2-MB	10%	25%	50%	75%	90%
>30m	0,63	0,95	1,67	2,57	4,11
	<0,63	0,64-0,95	0,96-1,67	1,68-2,57	>2,57
EQR	1,27	0,85	0,48	0,31	0,19

Tablo 7. İzmit Körfezi Mevsimlik Klorofil-a Sınır Kalite Değerleri (µg/L)

referans koşullara göre 10% chl=0,3					
İÇ KÖRFEZ	HIGH	GOOD	MODERAT	POOR	BAD
YAZ	10%	25%	50%	75%	90%
	0,54	1,40	3,19	4,81	6,68
<30m	<0,54	0,55-1,4	1,41-3,19	3,2-4,81	>4,81
EQR	0,56	0,21	0,09	0,06	0,04

referans koşullara göre 10% chl=0,22					
ORTA KÖRFEZ	HIGH	GOOD	MODERAT	POOR	BAD
YAZ	10%	25%	50%	75%	90%
	0,33	0,50	1,10	2,06	2,97
>30m	<0,33	0,34-0,5	0,51-1,1	1,11-2,06	>2,06
EQR	0,68	0,44	0,20	0,11	0,07

referans koşullara göre 10% chl=0,66					
İÇ KÖRFEZ	HIGH	GOOD	MODERAT	POOR	BAD
SONBAHA	10%	25%	50%	75%	90%
	1,10	1,90	4,50	10,91	15,32
<30m	<1,09	1,1-1,9	1,91-4,5	4,51-10,91	>10,91
EQR	0,61	0,35	0,15	0,06	0,04

referans koşullara göre 10% chl=0,26					
ORTA KÖRFEZ	HIGH	GOOD	MODERAT	POOR	BAD
SONBAHAR	10%	25%	50%	75%	90%
	0,20	0,60	1,10	2,90	3,86
>30m	<0,2	0,2-0,60	0,61-1,10	1,1-2,9	>2,90
EQR	1,00	0,33	0,18	0,07	0,05

referans koşullara göre 10% chl=2,27					
İÇ KÖRFEZ	HIGH	GOOD	MODERAT	POOR	BAD
KIŞ	10%	25%	50%	75%	90%
	2,25	4,39	6,86	14,32	19,37
<30m	<2,25	2,26-4,39	4,4-6,86	6,87-14,32	>14,32
EQR	0,94	0,48	0,31	0,15	0,11

referans koşullara göre 10% chl=1,8					
ORTA KÖRFEZ	HIGH	GOOD	MODERAT	POOR	BAD
KIŞ	10%	25%	50%	75%	90%
	1,92	2,43	4,20	5,38	7,02
>30m	<1,92	1,93-2,43	2,44-4,2	4,21-5,38	>5,38
EQR	0,94	0,74	0,43	0,33	0,26

referans koşullara göre 10% chl=0,29					
İÇ KÖRFEZ	HIGH	GOOD	MODERAT	POOR	BAD
İLKBAHAR	10%	25%	50%	75%	90%
	1,19	4,31	6,57	9,75	13,36
<30m	<1,19	1,2-4,31	4,32-6,57	6,58-9,75	>9,75
EQR	0,53	0,15	0,10	0,06	0,05

referans koşullara göre 10% chl=0,78					
İÇ KÖRFEZ	HIGH	GOOD	MODERAT	POOR	BAD
İLKBAHAR	10%	25%	50%	75%	90%
	0,84	1,23	3,01	4,59	8,68
>30m	<0,84	0,85-1,23	1,24-3,01	3,02-4,59	>4,59
EQR	0,92	0,64	0,26	0,17	0,09

İZMİT referans koşullara göre 10% chl=0,65					
	HIGH	GOOD	MODERAT	POOR	BAD
İÇ KÖRFEZ	10%	25%	50%	75%	90%
TÜM VERİ	0,87	2,43	4,95	10,80	15,32
<30m	<0,87	0,88-2,43	2,44-4,95	4,96-10,80	>10,8
EQR	0,75	0,27	0,13	0,06	0,04

İZMİT referans koşullara göre 10% chl=0,3					
	HIGH	GOOD	MODERAT	POOR	BAD
ORTA KÖRFEZ	10%	25%	50%	75%	90%
TÜM VERİ	0,36	0,80	1,95	4,07	5,98
>30m	<0,36	0,36-0,80	0,81-1,95	1,95-4,07	>4,07
EQR	0,83	0,37	0,15	0,07	0,05

Tablo 8. İzmir Körfezi Mevsimlik (<30 m) Klorofil-a Sınır Kalite Değerleri (µg/L)

<30m İzmir Körfezi (İç körfez)					
	HIGH	GOOD	MODERATE	POOR	BAD
Tüm Veri	10%	25%	50%	75%	90%
	0,16	0,52	1,50	4,14	8,29
	<0,16	0,17-0,52	0,53-1,5	1,54-4,14	>4,15
EQR %10 (0,12)	0,74	0,23	0,08	0,03	0,01

<30m İzmir Körfezi (İç körfez)					
	HIGH	GOOD	MODERATE	POOR	BAD
KIŞ	10%	25%	50%	75%	90%
	0,20	0,61	1,48	3,21	5,69
	<0,20	0,21-0,61	0,62-1,48	1,49-3,21	>3,21
EQR %10 (0,14)	0,68	0,23	0,09	0,04	0,02
<30m İzmir Körfezi (İç körfez)					
	HIGH	GOOD	MODERATE	POOR	BAD
İLKB.	10%	25%	50%	75%	90%
	0,25	0,68	1,91	6,46	9,52
	<0,25	0,26-0,68	0,69-1,91	1,92-6,46	>6,46
EQR %10 (0,102)	0,42	0,15	0,05	0,02	0,01

<30m İzmir Körfezi (İç körfez)					
	HIGH	GOOD	MODERATE	POOR	BAD
YAZ	10%	25%	50%	75%	90%
	0,13	0,56	1,30	4,29	6,99
	<0,13	0,14-0,56	0,57-1,30	1,31-4,29	>4,29
EQR %10 (0,10)	0,75	0,18	0,08	0,02	0,01

<30m İzmir Körfezi (İç körfez)					
	HIGH	GOOD	MODERATE	POOR	BAD
SONB	10%	25%	50%	75%	90%
	0,18	0,41	1,39	3,56	6,86
	<0,18	0,18-0,41	0,42-1,39	1,40-3,56	>3,56
EQR %10 (0,122)	0,69	0,30	0,09	0,03	0,02

Tablo 9. İzmir Körfezi Mevsimlik (>30m) Klorofil-a Sınır Kalite Değerleri (µg/L)

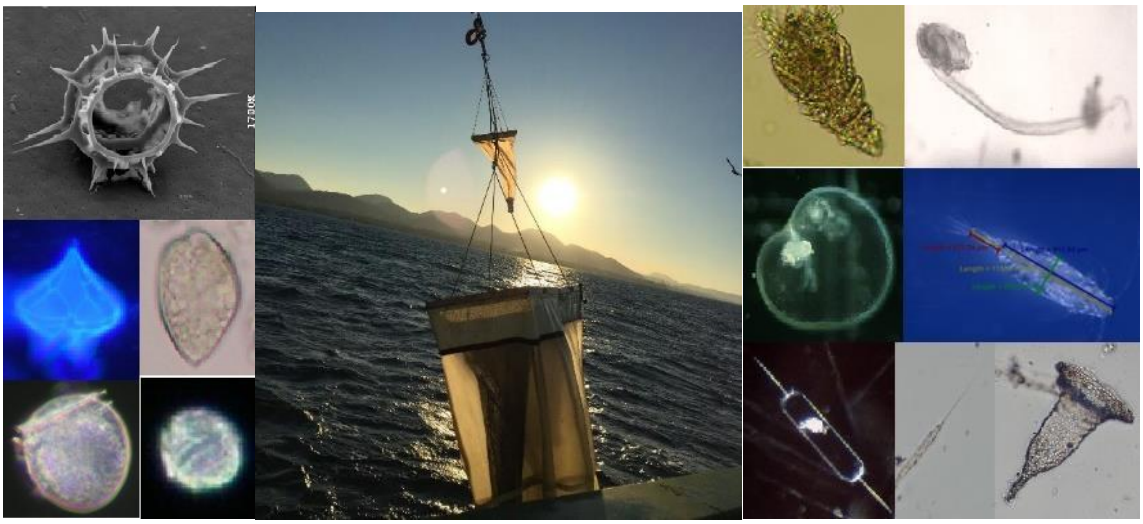
>30m İzmir Körfezi (Dış Körfez)					
	HIGH	GOOD	MODERATE	POOR	BAD
Tüm Veri	10%	25%	50%	75%	90%
	0,11	0,16	0,41	1,08	1,79
	<0,11	0,12-0,16	0,17-0,41	0,42-1,08	>1,08
EQR %10 (0,12)	0,64	0,44	0,17	0,06	0,04

>30m İzmir Körfezi (Dış Körfez)					
	HIGH	GOOD	MODERATE	POOR	BAD
KIŞ	10%	25%	50%	75%	90%
	0,14	0,33	0,69	1,44	1,99
	<0,14	0,15-0,33	034-0,69	0,70-1,44	>1,44
EQR %10 (0,10)	0,69	0,29	0,14	0,07	0,05
>30m İzmir Körfezi (Dış Körfez)					
	HIGH	GOOD	MODERATE	POOR	BAD
İLKB.	10%	25%	50%	75%	90%
	0,13	0,17	0,45	1,12	1,88
	<0,13	0,14-0,17	0,18-0,45	0,46-1,12	>1,12
EQR %10 (0,12)	0,90	0,70	0,27	0,11	0,06

>30m İzmir Körfezi (Dış Körfez)					
	HIGH	GOOD	MODERATE	POOR	BAD
YAZ	10%	25%	50%	75%	90%
	0,07	0,11	0,17	0,39	1,08
	<0,07	0,08-0,11	0,12-0,17	0,18-0,39	>0,39
EQR %10 (0,07)	1,00	0,65	0,43	0,19	0,07

>30m İzmir Körfezi (Dış Körfez)					
	HIGH	GOOD	MODERATE	POOR	BAD
SONB	10%	25%	50%	75%	90%
	0,10	0,21	0,42	0,91	1,64
	<0,10	0,11-0,21	0,22-0,42	0,43-0,91	>0,91
EQR %10 (0,07)	0,72	0,35	0,17	0,08	0,04

Bölüm 12
Plankton İzleme Kılavuzu



Hazırlayanlar

Kılavuz Lideri

Prof. Dr. Ali Muzzaffer Feyzioğlu	Karadeniz Teknik Üniversitesi

Kılavuz Eki

Dr. Vildan Tüfekçi	TÜBİTAK MAM
Yrd. Doç. Dr. İlknur Yıldız	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. .Dr. Seyfettin Taş	İstanbul Üniversitesi
Doç. Dr. İzzet Noyan Yılmaz	İstanbul Üniversitesi
Prof. Dr. Neslihan Balkıs	İstanbul Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Ertuğrul Ağırbaş	Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Fatih Şahin	Sinop Üniversitesi
Doç. Dr. Hilal Aydın	Celal Bayar Üniversitesi
Prof. Dr. Muhammet Türkoğlu	Çanakkale 18 Mart Üniversitesi
Prof. Dr. Şengül Beşiktepe	Dokuz Eylül Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Ülgen Aytan	Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
Prof. Dr. Melek İşinibilir	İstanbul Üniversitesi
Dr. Ahmet Şahin	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Funda Üstün	Giresun Üniversitesi
Dr. Özgür Baytut	On Dokuz Mayıs Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr.Arzu Aydın Uncumusaoğlu	Sinop Üniversitesi
Filiz Korkmaz	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

İÇİNDEKİLER

TABLO DİZİNİ 3
ŞEKİL DİZİNİ 3
KISALTMALAR 4
1 GİRİŞ 5
2 AMAÇ 7
3 PLANKTON İLE İLGİLİ TANIMLAR 8
3.1 Fitoplankton 9
3.2 Zooplankton 9
3.2.1 Boyutlarına Göre Planktonik Organizmalar 9
4 ÖRNEKLEME STRATEJİSİ 9
4.1 Örnekleme Alanları ve Mesafeleri 10
4.2 Örnekleme derinlikleri 10
4.3 Örnekleme Dönemleri 16
4.4 Örnek Miktarı 16
5 ÖRNEKLEME EKİPMANLARI 16
5.1 Örnekleme Şişeleri 17
5.2 Plankton kepçesi 17
5.3 Sürekli Plankton Kaydedici (CPR) 18
6 ÖRNEKLERİN SAKLANMASI 18
7 TÜRLERİN TAYİNİ 19
8 PLANKTON ÖRNEKLERİN SAYIM YÖNTEMLERİ 20
9 RAPORLAMA 22
10 DEĞERLENDİRME 22
10.1 Komünite indeksleri ve istatistiksel analizler 22
10.1.1 Shannon-Weaver çeşitlilik indeksi 22
10.1.2 Baskınlık indeksi 22
10.1.3 Pielou-Evennes indeks* 23
10.1.4 Varlık Yokluk- Frekans İndeksi 23
10.1.5 Çevresel parametrelerle olan ilişkisinin değerlendirilmesi (Spearman korelasyon katsayıları) 23
10.2 Diatom/Dinoflagellat oranı 24
10.3 Zararlı ve aşırı üreme potansiyeli olan türlerin tespiti, bolluğu, görülme ve aşırı üreme sıklıkları 26
10.4 Benzerlik indeksleri 24
10.4.1 Bray-Curtis benzerlik indeksi 24
10.5 İndikatör türlerin belirlenmesi 24

10.6 Su Kalitesi ve Ekolojik Değerlendirmesi (çok iyi, iyi, orta, zayıf, kötü) 25
11 KALİTE GÜVENCESİ.....25
KAYNAKLAR.....27

TABLO DİZİNİ

Tablo 1 AB Direktifleri, Sözleşmeler ve Ulusal düzeyde Ötrofikasyonun Değerlendirilmesi 8
Tablo 2. Boyutlarına göre planktonik organizmalar.....9
Tablo 3 Deniz izlemelerinde plankton örnekleme ve izleme metedolojisi 11
Tablo 4 Farklı fitoplankton sayma kamaralarının karakteristik ölçüleri 21

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1. A. Niskin örnekleme şişesi ve B. Çokluörnekleme şişeleri 17
Şekil 2. Çeşitli tiplerdeki Plankton kepçeleri, A. 20 ve 200 µm'lik Bongo plankton kepçesi, B. 100 µm kapanabilen plankton kepçesi, C. 300 µm göz açıklığında Hensen tipi plankton kepçesi ve D. Sürekli Plankton Kaydedici (CPR) 18
Şekil 3. Epifloresan mikroskobu ile direk sayım yöntemi ve bilgisayar analizleri.....20
Şekil 4 A. Flowcytometre cihazı ve B. Analiz ekranı 20
Şekil 5. Plankton sayım kamaralaına örnekler: A. Sedgewick-Rafter, B. Utermöhl sedimantasyon kamarası, C. Zooplankton sayım kamarası 21

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
CPR	: Sürekli Plankton Kaydedici
DDA	: Deniz Değerlendirme Alanları
DEKOS	: Deniz ve Kıyı Suları Kalite Durumlarının Belirlenmesi ve Sınıflandırılması Projesi
İÇD	: İyi Çevresel Durum
HABs	: Zararlı Alg Aşırı Üremeleri (Harmful Algal Blooms)
MDS	: Metrik olmayan çok boyutlu ölçeklendirme (Multi Dimensional Scaling)
OMZ	: Oksijen Minimum Zonu
PCI	: Plankton Renk İndeksi (Plankton Color Index)
SÇD	: Su Çerçeve Direktifi
SYB	: Kıyı Su Yönetim Birimi
YSKY	: Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği

1 GİRİŞ

Planktonik organizmaların kısa jenerasyon ve yaşam süresine sahip olmaları ve yaşadıkları ortamda meydana gelen değişikliklere çok çabuk tepki vermeleri açısından izleme programlarında en önemli indikatör canlılar olarak değerlendirilebilir. Plankton aşırı çoğalmaları özellikle kapalı deniz alanlarında gözlenen ve son birkaç on yıldır özellikle kıyısal alanlarda ortaya çıkan ekolojik sorunların değerlendirilmesinde kullanılabilirler. Çevresel faktörlerin sucul ortama etkilerinin belirlenmesi ve ekosistemlerin geri dönüşümlerinin ne derece sağlanabildiği bu grup canlıların izlenmesi ile belirlenebilir. Planktonun mevcut durumunun tespit edilmesi amacı ile izleme programlarının oluşturulması kıyısal bölgelerin sağlıklı işleyip işlemediğinin anlaşılması ve ileride ortaya çıkacak olan daha büyük sorunların belirlenmesi veya ekosistemdeki kötü gidişin geri dönüşünün olup olmadığının ortaya konması açısından önemlidir. Mikroskobik bitkiler ve hayvanlardan oluşan plankton denizlerdeki besin ağında önemli rol oynar. Plankton komunitelerinin takip edilmesi sadece plankton ve habitatların durumunu değil aynı zamanda iyi çevre durumunun (İÇD) başarısının belirlenmesine de katkı sağlar (European Commission, 2008; DEFRA,2014).

Bu kılavuzun temel amaçlarından birisi, su kolonu ekosistem yapısında besin zincirinin ilk iki halkasını oluşturan fitoplankton ve zooplanktonun bolluk ve tür çeşitlililiği ile topluluk yapılarının anlaşılmasına yönelik çalışmalara destek olmaktır. Bu bağlamda, biyolojik çeşitlilik ve besin ağı için iyi çevresel durum (T1, T4) hedeflerinin tanımlanması ve takibinde izlenmesi gereken bileşenlerdir. Ayrıca, fitoplankton ötrofikasyonun etki göstergeleri ile takibi için önemli olup tür çeşitlilikleri, temel grupların baskınlık durum değişimleri, zararlı türlerin üremesi ve aşırı çoğalma (bloom) gibi durumların incelemesini içerir. Bu yönü ile de ötrofikasyonun İÇD tanım ve hedefleri (T5) ile birebir ilişkilidir.

Plankton ve Denizlerimiz

Suda serbest halde yaşayan, hareket organelleri olsa bile sınırlı hareket edebile, bu nedenle de su hareketlerinin etkisiyle yer değiştirebilen tüm organizmalara plankton denir. Bunlardan fototrof olarak yaşamını sürdürenlere fitoplankton adı verilir. Fitoplankton, besin zincirinde inorganik maddedyi kullanarak organik maddeyi üreten birincil üreticilerdir. Besin zincirinin ilk halkasını oluşturan bu fotosentetik organizmaların gerçekleştirdiği fotosentez ile son ürün olarak oksijenin serbest kalmasıyla diğer canlıların solunumu için oksijen üretimi sağlanırken, organik maddenin oluşumu yoluyla da ekosistemin besin tabanı meydana getirilir. Fitoplankton sucul ortamda meydana gelen fizikokimyasal değişimlere ani reaksiyon gösterdiğinden su kalitesi izleme çalışmalarında indikatör organizma olarak kullanılmaktadır. Fitoplankton zengin karbonhidrat özellikle de yağ içeriğine sahiptirler. Besin değeri yüksek olan bu canlılar sucul komunite için önemli besin kaynağıdır. Fitoplanktonik organizmalar ekosistemdeki bu özelliklerinden dolayı deniz çalışmalarının temelini oluşturmuştur. Okyanus ve denizlerdeki fitoplankton topluluklarının çalışılmasındahedeflerden en çok uygulananı, biyomas yapıları ve taksonomik kompozisyonlarında gözlenen mevsimsel varyasyonlar, biyolojik özellikler, aşırı çoğalmalar ve bölgeler arası gösterdikleri farklılıklar gibi biyo-ekolojik özelliklerin araştırılmasıdır. Denizel ortamda bazı fitoplankton türlerinin hücre sayılarının aşırı miktarda artmasına bağlı olarak ortaya çıkan "alg aşırı üremesi"nin takibi de yapılmaktadır. Alg aşırı üremeleri, özellikle kapalı koy ve körfez gibi yerlerde toksik olmayan türlerin aşırı üremesiyle oluşan anoksik koşullara bağlı olarak balık ve bentik canlılarda kitlesel ölümlere sebep olabilir. Aşırı çoğalmalarda en önemli olay bel i türlerin

toksin üretme potansiyeline sahip olmasıdır. Üretilen toksinler zehirlenme türüne göre besin zinciri yoluyla kabuklu organizmalar, balıklar ve insan üzerinde zararlı etkiler oluşturabilmektedirler.

Son yıllarda, denizlerimizde fitoplankton çalışmaları bu yönde artış göstermiştir. Fitoplankton çalışmalarındaki bu artış Akdeniz, Marmara Denizi ve Karadeniz kıyılardan fitoplankton türleri için daha sık yeni tür kayıtlarının rapor edilmesine neden olmuştur (Polat 2007, 2004; Deniz vd., 2006; Taş vd., 2006; Uysal vd., 2003; Bargu vd., 2002; Polat ve Koray 2003, 2002; Bizsel ve Bizsel 2002; Bizsel ve Cirik 2002). Ayrıca yine kıyı sularımızdan farklı kıyılarımızdaki özellikle zararlı alg aşırı üremeleri (HABs) ile ilgili araştırmaların da arttığı gözlenmektedir (Türkoglu ve Koray, 2004; Polat vd., 2006; Feyzioğlu ve Öğüt, 2006). Bunun yanında Marmara Denizi'nde potansiyel zararlı alglerin durumuda ortaya konmuştur (Taş ve Yılmaz 2005)

Türkiye sahillerinde yapılan diğer araştırmalarda ise İstanbul Boğazı ve etrafındaki bölgede plankton dinamiğini irdelemiştir (Uysal, 1987, 1993; Uysal ve Sur, 1995). Karaçam ve Düzgüneş (1990), Trabzon sahilinde, yüzeyde bulunan fitoplankton türlerini ve yoğunluklarını tespit etmişlerdir. Benli (1987) ise, Sinop açıklarında sediman toplama aygıtı ile çöken plankton miktarını ve çöküm hızlarını ortaya koymuştur. Tuncer ve Feyzioğlu (1989), Doğu Karadeniz'in Türkiye kıyılarında mevcut fitoplankton popülasyonlarının dağılımları ile ilgili; Feyzioğlu (1990), Doğu Karadeniz fitoplankton türlerinin kalitatif ve kantitatif yönden irdelenmesi; Feyzioğlu ve Tuncer (1994), Doğu Karadeniz bölgesinde Trabzon kıyılarındaki fitoplankton türlerinin mevsimsel değişimleri ve Feyzioğlu (1996), Doğu Karadeniz Türkiye kıyısal ekosistemindeki fitoplankton türlerinin dinamiğindeki mevsimsel değişimler ile ilgili çalışmalar yapmışlardır. Bat ve Ark (2011) yaptıkları çalışmada planktonik organizmaların tüm denizlerdeki durumunu düzenleyerek yayınlamışlardır. Doğu Karadeniz bölgesi mikroplankton komünite yapısı mevsimsel olarak incelenmesi 2013 yılı süresince alınan örneklerle çalışılmıştır (Esensoy 2014).

Marmara Denizi'nde fitoplanktonun mevsimsel değişimi Deniz ve Taş (2009) tarafından incelenmiştir. Mikrozooplankton konusunda çalışmalar sonderece sınırlıdır. Bu çalışmalara en temel araştırma Gökçe Ada sahillerinde Tintinnidlerin communite yapısı ve tür çeşitliliği çalışmıştır (Balkıs, 2004). Uysal (2015) Batı Akdeniz'de 2008 yılına ait fitoplanktonun bolluğunu araştırmıştır. Taş (2014) Güney Ege Denizi'nde Datça ve Bozburun yarım adasında fitoplankton kompozisyonu ve bolluklarını araştırmıştır. 2014-2016 yılları arasında ise denizlerimizin kalite durumlarının belirlenmesine yönelik yapılan izleme çalışmalarında fitoplankton bolluk değerleri ve ekolojik indeksler kullanılarak istasyonların ekolojik durumları, fitoplankton bolluğunun çevresel değişkenleri ile olan ilişkileri ortaya konulmuştur. Marmara Denizi'nde 27 istasyonda, Karadeniz'de İğneada-Hopa arasında 20 istasyonda, Ege Denizi'nde Kuzeyde Meriç nehri önlerinden Marmaris'e kadarki kıyı zonunda 21 istasyonda, Akdeniz'de ise Dalaman Çayı'ndan başlayıp Samandağ'a kadar uzanan kıyı zonunda 2 mevsim fitoplankton izleme çalışması yapılmıştır (ÇŞB-ÇEDİDGM, TÜBİTAK-MAM 2015, 2016)

Karadeniz'de zooplankton ile ilgili araştırmalar XVII. yüzyılın ortalarında başlamıştır. İlk araştırmalar zooplankton gruplarında tür kompozisyonu üzerine ve özelliklede kopepodlar üzerine yoğunlaşmıştır (Dolgopolskaya, 1940; Galadzhiev, 1948; Karavaev, 1894). Başlangıçtaki araştırmalar daha çok Karadeniz'e kıyısı olan eski Sovyetler Birliği ülkeleri tarafından yapılmış ve rusça yayınlanmıştır. 1950'lerin sonunda Karadeniz zooplankton tür

kompozisyonu üzerine yapılan araştırmalar tamamlanmış olarak kabul edilmiştir. Ancak bilim dünyasındaki teknolojik gelişmeler ile kopepoda taksonomisi hakkında daha ayrıntılı çalışmalar yapılmış, tür isimlerinin değiştirilmesine ve bazı yerli türlerin taksonomik statüsünün netleştirilmesine neden olmuştur (Belmonte ve Mazzocchi, 1997). 1960'lı yıllarda özellikle Karadeniz'in boğazlar bölgesinde bazı Akdeniz kaynaklı türler tespit edilmiş (Kovalev vd., 1998) ve araştırmaların ülkemiz sınırlarında Marmara ve Karadeniz arasındaki su değişimine yoğunlaşmasına neden olmuştur. İlerleyen yıllarda ülkemizde deniz çalışmalarına ilgi artmış ve zooplanktonik grupları da içine alan birçok araştırma yapılmıştır (Zenkevitch 1963; Kovalev vd., 1998; Ergün 1994; Feyzioğlu vd., 1998; Kıdeyş vd., 2000; Erkan vd., 2000; Beşiktepe 2001; Mutlu 2002; Şen 2004; Feyzioğlu vd., 2009; İşinibilir vd., 2009; Yıldız, 2010; Oğuz and Öztürk, 2011; Yıldız ve Feyzioğlu 2014; Yıldız ve Feyzioğlu 2016; Yıldız vd., 2016). Yirminci yüzyılın ikinci yarısında araştırmalar, Karadeniz'de yoğun insan faaliyetlerinin yol açtığı ve özellikle kopepod grubunda ciddi değişiklikler olduğunu ortaya koymuştur (Belmonte vd., 1994; Gubanova vd., 2002). Özellikle yeni ve bazen de istilacı türlerin sisteme girişi (*Mnemiopsis leidyi, Beroe ovata* vs.) hem genel plankton biyoçeşitliliği hem de kopepod topluluğu üzerinde dramatik değişikliklere neden olmuştur (Altukhov ve Gubanova, 2006; Kamburska vd., 2003). Son yıllarda özellikle balast suları ile sisteme giriş yapan kopepod türlerine ait yeni raporlar yayınlanmaktadır (Selifonova vd., 2008; Altukhov vd. 2014; Yıldız vd., 2016; Üstün ve Terbıyık Kurt, 2016).

Marmara denizinde yapılan bir çalışmada İzmit körfezindeki zooplanktonun döngüsü detaylı olarak çalışılmıştır (İşinibilir ve Ark, 2008). Son yıllarda Terbıyık (2016) Kuzeydoğu Akdeniz, Türk Boğazlar Sistemi ve Karadeniz Mesozooplankton Topluluklarının Bölgesel Değişimi konusunda bir doktora tezi hazırkamıştır.

Kuzey Ege'de Gökçeada kıyısal alanlarda yapılan zooplankton bolluk ve dağılımı konusundaki çalışma Tarkan (2000) tarafından yürütülmüştür.

Akdeniz'de zooplankton konusunda yapılan çalışmalar münferit araştırmalar ve lisans üstü tezleri kapsamında yürütülmüştür (Gucu, 1987; Toklu, 2006). Bu tezlerden Akdeniz'de İskenderun Körfezi'nde yapılan bir çalışmada araştırmacılar kıyısal mesozooplanktonun mevsimsel dağılımını incelemiştir (Terbıyık ve Polat, 2013). Yine aynı araştırıcılar Kuzey Akdeniz'de zooplankton bolluklarının boyut yapısı, biyokütlesi ve bollukları (Terbıyık ve Polat, 2015) yanında kladosera grubunun kuzeydoğu levantin baseninde mevsimsel değişim karakteristikleri üzerine araştırmalarını yapmışlardır (Terbıyık ve Polat, 2014).

2 AMAÇ

2000/60/EC sayılı Avrupa Birliği (AB) Su Çerçeve Direktifi (SÇD), 22 Aralık 2000 tarihinde yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Direktifin ana hedefi yüzeysel tüm su kütlelerinin statülerinde kötüye gidişin engellenmesi ve 2015 yılı itibari ile tüm su kütlelerinde "İYİ STATÜ"ye ulaşılabilmesidir.

Bu direktif; su kaynaklarının korunması, geliştirilmesi ve kalitedeki kötüye gidişin engellenmesi, su kaynaklarının uzun dönemli korunmasına yönelik sürdürülebilir su kullanımının sağlanması, öncelikli maddelerin deşarjı ve öncelikli tehlikeli maddelerin deşarjının engellenmesi veya kullanımdan kaldırılması gibi özel önlemlerle sucul ekosistemin korunması ve geliştirilmesini sağlamaya yöneliktir.

Bu amaçlar doğrultusunda hazırlanan bu kılavuz ile iyi statüdeki su kütlelerinin belirlenmesinde

önemli parametrelerden biri olan plankton çalışmalarının standardize edilerek, bundan sonra belirlenen stratejik ölçümlerin yapılarak yöntem birliği ile AB Su Çerçevesi Direktifi'ne uyumlu bir hale getirilmesi hedeflenmektedir.

AB DSÇD kapsamında ise "Giriş" bölümünde de bahsedildiği gibi denizler için "iyi çevresel duruma" ulaşma hedef ve başarısının takibi için dikkate alınan biyolojik çeşitlilik, su kolonu habitatları ve besin ağları (T1, T4) ve ötrofikasyonun takibi (T5) için önem arz etmektedir.

Tablo 1'de plankton izlemelerinin yapılan bölgesel ve ulusal yönetimsel çerçeve içindeki yeri özetlenmiştir.

Tablo 1 AB Direktifleri, Sözleşmeler ve Ulusal düzeyde Ötrofikasyonun Değerlendirilmesi

AB – DSÇD (1., 2., 4. ve 5. İÇD Tanımlayıcıları kapsamında pelajik habitatların izlenmesi) Tanımlı özellikler/göstergeler	**AB-SÇD**	**AB-Yüzme Suyu D.**	**RAMSAR**	**IMAP UNEP / MAP (2016)**	**BSIMAP BSC (2016)**	**Ulusal (İlgili yönetmelik ve programlar çerçevesinde)**
Fitoplankton / Zooplankton Tür kompozisyonu, bolluk, biyokütle, baskınlık, türlerin mevsimlik ve coğrafik değişkenlikleri, Diatom/dinof. Oranındaki sapma, zararlı türlerin aşırı çoğalması, vd.	+ / - *	+ / -	+ / -	+ / +	+ / +	+ / - (pilot) Kıyı ve geçiş suları için: YSKYY, 2016 ve YSYS-İDY, 2014. Türkiye Denizleri Bütünleşik İzleme Programı (2011-2019) dahilinde ve IMAP, BSIMAP ile ilişkili olarak
Zooplankton tür kompozisyonu, bolluk, biyokütle, baskınlık, türlerin mevsimlik ve coğrafik değişkenlikleri,	-	-	-	+	+	+ Türkiye Denizleri Bütünleşik İzleme Programı (2011-2019) dahilinde ve IMAP, BSIMAP ile ilişkili olarak

***** Fitoplankton / Zooplankton varlığı (+) ve yokluğu (-) olarak ifade edilmiştir.

3 PLANKTON İLE İLGİLİ TANIMLAR

Plankton; su içerisinde serbest halde yaşayan, hareket organelleri olsa bile ancak sınırlı hareket edebilen ve bu nedenle su hareketlerinin etkisi ile pasif şekilde yer değiştiren ve suda sürüklenen tüm organizmalara denir. Aktif hidrodinamik süreçlere tabi su katmanlarının yarattığı büyük değişkenliklere rağmen, deniz suyunun özelliklerini izlemek için ötrofikasyonu değerlendirmek en doğru yoldur. Ötrofikasyon için en fazla bilgiyi sağlayan

parametreler; klorofil, çözünmüş oksijen, inorganik besinler, organik madde, askıda katı maddeler ve ışık geçirgenliğidir. Suda yaşayan makro bitkiler, bentoslar vs, tümü yüzeyde veya çeşitli derinliklerde belirlenebilir. Bununla birlikte bu değişkenler deniz laboratuvarları tarafından rutin olarak izlenir ve belirlenirse bazı sonuçlara ulaşılabilir. Yapılacak çalışmalar için imkanlar sınırlı ise en fazla bilgiyi içeren parametreler tercih edilmelidir. Örneğin klorofil tayinleri sistem için çok kesin gösterimleri olmasa da fazla bilgi sağlayan verilerdir. Besin maddeleri ile ilgili güvenilir veriler sonuçları ötrofikasyon için son derece yararlı göstergelerdir. Bulanıklık ve deniz suyu rengide ötrofikasyon için iyi bir ölçü olabilir (IMAP, 2016).

3.1 Fitoplankton

Fotosentezde aktif pigmentleri taşıyan fototrof olarak yaşamını sürdüren ve su hareketleriyle yer değiştiren tek hücreli organizmalara fitoplankton (bitkisel plankton) adı verilir (Özel, 1992)

3.2 Zooplankton

Heterotrof özellikteki planktonik organizmaların dahil olduğu grup ise zooplankton (hayvansal plankton) olarak adlandırılır. Bu organizmalardan yaşam sürelerini planktonik olarak geçiren organizmalara holoplankton adı verilir. Yaşamlarının sadece bir kısmını planktonik olarak geçiren organizmalara ise meroplankton olarak isimlendirilir. Birçok balık ve bentik organizma larva dönemlerini planktonik olarak geçirir ve bu dönemde meroplankton olarak isimlendirilirler.

3.2.1 Boyutlarına Göre Planktonik Organizmalar

Su kolonu ekosisteminde bulunan organizmalar çeşitli boy gruplarındadır. Bu organizmaların boy gruplarına göre sınıflandırılması çeşitli şekil erde yapılmakla beraber Sieburth ve ark. (1978) tarafından yapılan sınıflandırma kullanılacaktır. Buna göre planktonik organizmalar aşağıdaki boy gruplarına göre gibi sınıflandırılır (Tablo2).

Tablo 2. Boyutlarına göre planktonik organizmalar

Planktonik sınıflar	Boy grupları
Femtoplankton	0.02 µm –0.2 µm
Pikoplankton	0.2 µm – 2 µm
Nanoplankton	2 µm - 20 µm
Mikroplankton	20 µm- 200 µm
Mesoplankton	0.2 mm –20 mm
Makroplankton	2 cm -20 cm
Megaplankton	< 20 cm

4 ÖRNEKLEME STRATEJİSİ

Kıyı suları veya açık denizlerde fitoplankton örneklemesi yapmadan önce bölgenin sıcaklık, tuzluluk, klorofil-a profilleri, toplam azot, fosfat gibi hidrografik ve kimyasal özellikleri hakkında bilgi edinilmelidir. İzleme noktaları izlenecek alanları temsil edici nitelikte olmalıdır. Eğer bölge daha önce araştırılmışsa ya da bu alanda devam eden kimyasal, biyolojik ya da fiziksel bir çalışma varsa aynı noktalar örnekleme için kullanılabilir. Yapılması planlanan çalışmada indeks geliştirme çalışmaları planlanmakta ise çalışma

bölgesinde referans istasyon(lar) tespit edilmeli ve örneklenmelidir. Değerlendirme için temel türlerin bolluğu incelenmelidir. Baskın türler, potansiyel zararlı türler/toksik türler belirlenmelidir. Bazı indikatör tür veya grupların oranları hesaplanmalıdır (Diatom/Dinoflagellat oranı, Cladocera/Copepode oranı, Rotifera+Cladocera/Copepode oranı gibi) (Tablo 3).

4.1 Örnekleme Alanları ve Mesafeleri

Örnekleme yapılacak alanlar; özellikle fitoplankton için nehir ağızları, Deşarj noktaları, Boğaz giriş ve çıkışları, Koylar ve körfezler, Ötrofikasyon alanları, Açık deniz alanlarıdır (Bölgesel özelliğe göre 6- 12 mil kıyıdan uzaklık). DEKOS projesi (TÜBİTAK MAM ve ÇŞB-ÇYGM, 2014) kapsamında tüm denizlerimiz için belirlenen Su Yönetim Birimlerini (SYB) ve Deniz Değerlendirme Alanları (DDA) temsil edecek sayıda istasyon belirlenmelidir.

Zooplankton açısından örnekleme alanları denizel özellikleri temsil edecek ve denizlerimizin besin ağı çalışmalarına katkıda bulunacak şekilde olmalıdır. Bunun için fitoplankton çalışmalarına paralellik göstermesi önem arz etse de ötrofikasyona yönelik çalışma yapılması gerekmez. Bu sebeple kıyı sularını da içerecek tüm denizlerimizdeki DDA'ların kıyı ve açık şekilde temsili yeterli olacaktır.

4.2 Örnekleme Derinlikleri

Pikoplankton, Nanoplankton ve Mikroplankton (Fitoplankton ve Mikrozooplankton)

Örnekleme derinlikleri çalışılan sahanın batimetresine göre düzenlenmelidir. 10m derinliğin altındaki alanlarda yüzey suyu (0,5 metre) örneklemesi yeterlidir. Daha derin sularda örnekleme derinlik sayısı 0,5 metre ve klorofil maksimum derinliğini de (*in-situ* fluorometre profili ile belirlenmeli) içeren 3-5 noktadan örnek alınmalıdır. Işıklı tabakanın belirlenemediği durumlarda örnekleme derinlikleri genellikle yüzeyden, termoklinin üstünden 10-25 m aralıklarla ve termoklinden sonraki derinliğe bağlı olarak 100-200 m derinliklerde örnekleme yapılabilir. Fitoplankton örnekleme derinliklerinden mutlaka fiziksel ve kimyasal ölçümler de yapılmalıdır.

Tablo 3 Deniz izlemelerinde plankton örnekleme ve izleme metedolojisi.

Deniz	Organizma	Örnekleme Derinlikleri	Destekleyici Parametreler	Örnekleme Ekipmanı	Örnek Miktarı	Örnekleme Dönemi ve sıklığı	Değerlendirme kriterleri
Marmara Denizi	Fitoplankton, Mikrozooplankton	• Yüzey (toplam derinliği 10 m altındaki alanlarda sadece yüzey) • Chl-a-maks • Chl-a maks sonu • Termoklin üstünden (10-25 m aralıklarda) • Termoklin altından (derinliğe bağlı olarak 100-200 m)	• Toplam klorofil-a • Besin elementleri (çözünmüş inorganik azot, çözünmüş inorganik fosfor, Silis) • Işık geçirgenliği (Seki disk derinliği, fotosentetik aktif radyasyon; PAR) • CTD profilleri (Sıcaklık, Tuzluluk, pH) • Çözünmüş oksijen	• Niskin veya nansen şişesi • Çoklu su örnekleyicisi (Rozet sistem) • Plankton kepçesi (20 µm ötrofik alanlarda 55 µm göz açıklı ağ) sadece kantitatif çalışmalarda kullanılır (kantitatif örnekleme derinliğinin yapıldığı noktadan itibaren yüzeye kadar) • Sürekli plankton kaydedici (CPR)	• 1 L (Ötrofik alanlarda 0,1-1 L arasında örnek alınabilir)	• Bölgesel çalışmalar aylık • Tüm ulusal deniz alanı mevsimlik yapılmalıdır. • Mevsimlik çalışmalar minimum 3 dönem olmalıdır (Kış, İlkbahar, Yaz)	• Fitoplankton bolluk ve komposizyonu (hücre/L) • Sıklığı (%) • Baskın türler • Bloom[1] yoğunluğu ve sıklığı • Bloom konsantrasyonu • Zararlı ve aşırı üreme potansiyeli olan türler ve sıklığı • Diatom/Dinoflagellat oranı
	Mesoplankton	• Üst karışım	• CTD profilleri	• WP-2 tip	• Örnek	• Bölgesel	• Bolluk (birey/m^3)

[1] "Bloom" organizmaların sucul ortamda aşırı artış ı olarak bilinir. İlkbahar veya sonbahar dönemlerinde doğal bir süreç olarak gelişirken bazı durumlarda aşırı çoğalarak "red tide" gibi belirgin birikimle r oluşturur. Bunun için bir sayı eşiği tanımlanmak güçtür, çünkü aşırı çoğalma eşiği türe ve organizmanın büyüklüğüne göre değişebilir.

	ve makrozooplankton	tabakası (Karadeniz suyu) • Alt su (Akdeniz suyu)	(sıcaklık, tuzluluk, pH) • Çözünmüş oksijen • Işık geçirgenliği (Seki disk derinliği, fotosentetik aktif radyasyon; PAR) • Toplam klorofil-a	plankton kepçesi • Apstein tipi Mikrozoopla. 20 µm (çekim hızı 0,3 m/sn yi geçmemeli) • Mesozooplankton 200 µm (0,5 m/sn yi geçmemeli) • Makrozooplankton 300-500 µm (1 m/sn yi geçmemeli)	yoğunluğuna bağlı (falcon tüpü de olabilir, 3 litrelik kavanoz)	çalışmalar aylık • Tüm ulusal deniz alanı mevsimlik yapılmalıdır. • Mevsimlik çalışmalar en az 3 dönem olmalıdır (Kış, İlkbahar, Yaz)	• Baskın türler • Deniz anası • Copepod bolluk ve biyokütle • Cladocera/Copepoda oranı • İstilacı ve ekzotik türler
Karadeniz	Fitoplankton, Mikrozooplankton	• Yüzey (toplam derinliği 10 m altındaki alanlarda sadece yüzey) • Chl-a-maks. • Chl-a maks. sonu	• Toplam klorofil-a • Besin elementleri (çözünmüş inorganik azot, çözünmüş inorganik fosfor, Silis) • Işık geçirgenliği (Seki disk derinliği, fotosentetik	• Niskin veya nansen şişesi • Çoklu su örnekleyicisi (Rozet sistem) • Plankton kepçesi (20 µm ötrofik alanlarda 55 µm göz açıklı ağ) sadece kantitatif çalışmalarda kullanılır (kantitatif	• 1 L (Ötrofik alanlarda 0,1-1 L arasında örnek alınabilir)	• Bölgesel çalışmalar aylık • Tüm ulusal deniz alanı mevsimlik yapılmalıdır. • Mevsimlik çalışmalar en az 3 dönem olmalıdır (kış, ilkbahar, yaz)	• Fitoplankton bolluk ve komposizyonu (hücre/L) • Sıklığı (%) • Baskın türler • Bloom yoğunluğu ve sıklığı • Bloom konsantrasyonu • Zararlı ve aşırı üreme potansiyeli

			aktif radyasyon; PAR) • CTD profilleri (Sıcaklık, Tuzluluk, pH) • Çözünmüş oksijen	örnekleme derinliğinin yapıldığı noktadan itibaren yüzeye kadar) • Sürekli plankton kaydedici (CPR)			olan türler ve sıklığı • Diatom/Dinoflagellat oranı
	Mesoplankton ve makrozooplankton	• Termoklin tabakasına göre alınmalı • Termoklin tabakası (10 metreden kalınsa) ve oksiklin-termoklin alt sınırı baz alınır. • Eğer termoklin oluşmamış sa 25-0 ve oksiklin-25 metre arası çekim yapılmalı • Yapılabilen durumlarda	• CTD profilleri (Sıcaklık, Tuzluluk, pH) • Çözünmüş oksijen • Işık penetrasyonu (Seki disk derinliği, fotosentetik aktif radyasyon (PAR) • Toplam klorofil-a	• WP-2 tip plankton kepçesi • Mikrozooplankton 20 µm (çekim hızı 0,3 m/sn yi geçmemeli) • Mesozooplankton 200 µm (0,3 m/sn yi geçmemeli) • Makrozooplankton 300-500 µm (1 m/sn yi geçmemeli)	Kepçe Hacmine bağlı	• Bölgesel çalışmalar aylık • Tüm ulusal deniz alanı mevsimlik yapılmalıdır. Mevsimlik çalışmalar minimum 3 dönem olmalıdır (Kış, İlkbahar, Yaz)	• Bolluk (birey/m^3) • Baskın türler • Deniz anası • Copepod bolluk ve biyokütle • Cladocera/Copepoda oranı • (Rotifera+Cladocera) / Copepode oranı • Mnemiopsis leidyi • İstilacı ve ekzotik türler

		Oksijen Minimum derinliğinden (~16.2 σt) itibaren yüzeye kadar çekim yapılabilir					
Akdeniz ve Ege Denizi	Fitoplankton, Mikrozooplankton	• Yüzey (toplam derinliği 10 m altındaki alanlarda sadece yüzey) • Chl-a-maks • Chl-a maks sonu (Termoklin altındaki (derinliğe bağlı olarak 100-200 m derinliğe kadar)	• Toplam klorofil-a • Besin elementleri (çözünmüş inorganik azot, çözünmüş inorganik fosfor, Silis) • Işık geçirgenliği (Seki disk derinliği, PAR) • CTD profilleri (sıcaklık, tuzluluk, pH) • Çözünmüş oksijen	• Niskin veya nansen şişesi • Çoklu su örnekleyicisi (Rozet sistem) • Plankton kepçesi (20 µm ötrofik alanlarda 55 µm göz açıklı ağ) sadece kantitatif çalışmalarda kullanılır (kantitatif örnekleme derinliğinin yapıldığı noktadan itibaren yüzeye kadar) • Sürekli plankton kaydedici (CPR)	• 1 L (Ötrofik alanlarda 0,1-1 L arasında örnek alınabilir)	• Bölgesel çalışmalar aylık • Tüm ulusal deniz alanı mevsimlik yapılmalıdır. • Mevsimlik çalışmalar minimum 3 dönem olmalıdır (Kış, İlkbahar, Yaz)	• Fitoplankton bolluk ve komposizyonu (hücre/L) • Sıklığı (%) • Baskın türler • Bloom yoğunluğu ve sıklığı • Bloom konsantrasyonu • Zararlı ve aşırı üreme potansiyeli olan türler ve sıklığı • Diatom/Dinoflagellat oranı

	Mesoplankton ve makrozooplankton	• Kuzey Ege'de boğaz etkisi nedeniyle daha sık aralıklı çekimler yapılmalı (10 veya 20 m aralıklarla) • 50-0 m, 100-50 m ve 200-100 m çekimlerini yapılabilir. • Daha derin sulardan çekim genelde düşük bolluk nedeniyle yapılmıyor.	• CTD profilleri (sıcaklık, tuzluluk, pH) • Çözünmüş oksijen • Işık penetrasyonu (Seki disk derinliği,PAR) • Toplam klorofil-a	• WP-2 tip plankton kepçesi • Mikrozooplank. 20 µm (çekim hızı 0,3 m/sn yi geçmemeli) • Mesozooplankton 200 µm (0,3 m/sn yi geçmemeli) • Makrozooplankton 300-500 µm (1 m/sn yi geçmemeli)	Kepçe Hacmine bağlı	• Bölgesel çalışmalar aylık • Tüm ulusal deniz alanı mevsimlik yapılmalıdır. • Mevsimlik çalışmalar en az 3 dönem olmalıdır (kış, ilkbahar, yaz)	• Bolluk (birey/m^3) • Baskın türler • Deniz anası • Copepod bolluk ve biyokütlesi • Cladocera/Copepoda oranı • İstilacı ve egzotik türler

Mesoplankton

Zooplankton örneklemelerinde Karadeniz, Ege ve Akdeniz için termoklin tabakasına göre Marmara Denizi için ise haloklin tabakası göz önünde tutularak üst su ve alt su çekimleri yapılmalıdır. Bazı durumlarda Karadeniz için Oksijen Minimum Zonu (OMZ) derinliğinden itibaren yüzeye kadar çekim yapılabilir. Üst karışım tabakası, eğer 10 metreden kalınsa termoklin tabakası ve oksiklinden termoklin tabakasının başlangıcına alt tabaka çekimleri yapılabilir. Termoklin tabakasının olmadığı durumlarda 0-25 m ve oksiklin-25 m çekimleri yapılabilir.

Süzülen su miktarları m^3 cinsinden ve akış ölçer (flowmetre) kullanılarak hesaplanmalıdır. Halat açısının 10 dereceden fazla olması durumunda kepçe altına ek ağırlıklar ilave edilerek çekim tekrarlanmalıdır. Akış ölçerin kesinlikle dikey tip olması gerekmektedir.

Örneklemelerde WP2 tipi zooplankton kepçesi kullanılmalıdır. Örneklenen materyal geniş bir kaba alınarak büyük denizanalarının ve taraklı medüzlerin üzerine yapışan zooplankton bir piset ya da düşük basınçlı su ile yıkanarak temizlenir ve toplanan materyal uygun elek ile yoğunlaştırılarak zooplankton örneklerinin üzerine eklenir. Örnek içerisinde bulunan jelatinimsi zooplankton ise ayrılarak ayrı olarak *yerinde* değerlendirilmelidir.

Jelatinimsi Zooplankton (denizanaları ve taraklı medüzler)

Elde edilen denizanalarının/taraklı medüzlerin tür teşhisleri yapıldıktan sonra türe spesifik olarak belirlenen boy, çap ya da hacim ölçüleri alındıktan sonra hassas terazide tartılarak diskarte edilir.

4.3 Örnekleme Dönemleri

Plankton çalışmalarında bölgesel çalışmalar aylık yapılmalıdır. Tüm deniz alanı çalışmalarında ise mevsimsel olmalı, kış (Ocak, Şubat) ve yaz (Temmuz, Ağustos) dönemini mutlaka kapsamalıdır. Diğer mevsimlerde ilkbahar (Nisan, Mayıs) Sonbahar (Ekim, Kasım) dönemlerinde de yapılması önemlidir. Örneklemelerde bu ayların tercih edilmesinin sebebi mevsimi temsil edecek en ideal aylar olması ve mevsime ait türleri temsil etmesi sebebiyle tercih edilmelidir. Mevsimi temsil etmesi için örneklemelerin belirtilen aylarda yapılmasına dikkat edilmelidir. Türk denizlerinde örnekleme dönemleri ülkemiz uzmanları tarafından belirtilmiştir (Bkz. Strateji Belgesi Tablo 4)

4.4 Örnek Miktarı

Kantitatif fioplankton ve mikrozooplankton örnekleri için ötrofik alanlarda 0.1-1.0 L oligotrofik açık deniz alanlarında 1-5 L deniz suyu konsantre edilmelidir. Örnekleme şişesi koyu renkli olmalı veya karanlık bir ortamda saklanmalıdır (Venrick, 1978).

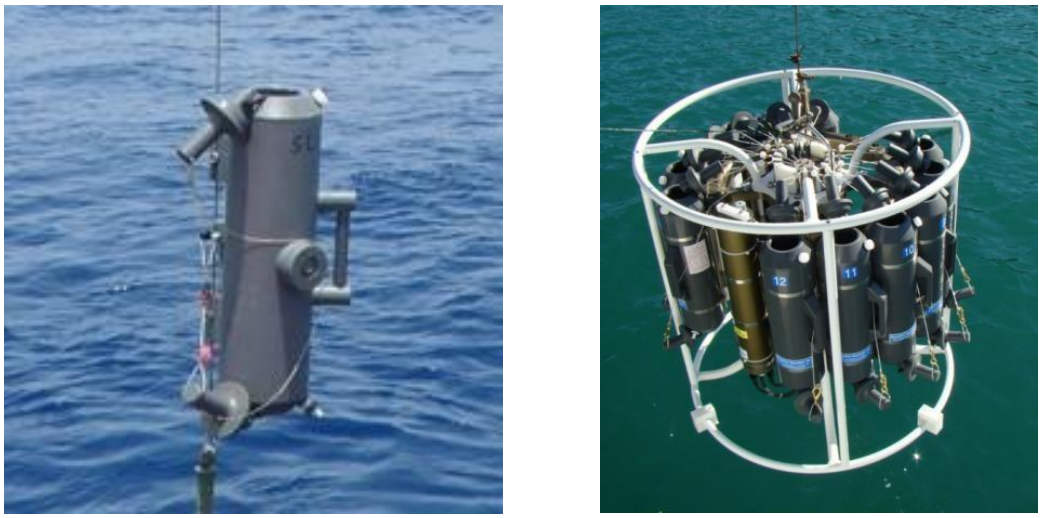
5 ÖRNEKLEME EKİPMANLARI

Planktonik organizmaların büyüklüklerinin ve yaşadıkları ortamın farklı olması nedeniyle örneklemelerinde çeşitli yöntemler uygulanır. Nanoplankton ve ultraplankton gibi çok küçük formları incelemek için örnekleme şişeleri ile alınan birkaç cm3 lük su örneği yeterli olurken daha büyük organizmaları toplamak için fazla miktarda su süzmek gerekebilir.

Fitoplankton (diatom, dinoflagellat) ve mikrozooplankton (tintinid, radieoler vs.) örneklemeleri için örnekleme şişeleri ve çeşitli göz açıklığındaki plankton kepçeleri kullanılır.

5.1 Örnekleme Şişeleri

Kantitatif örneklemeler için Niskin, Nansen veya çoklu örnekleme şişeleri gibi istenilen derinlikte kapatılabilen örnekleme şişeleri kullanılmalıdır (Şekil 1). Örnek şişelerinin üzerine örneğin alındığı yer, derinlik ve tarih yazılmalıdır.



A **B**

Şekil 1. A. Niskin örnekleme şişesi ve B. Çoklu örnekleme şişeleri

5.2 Plankton kepçesi

Plankton kepçesi ile yapılacak örneklemeler sadece biyoçeşitlilik çalışmaları için kullanılmalıdır. Plankton kepçesi ile yapılan örneklemeler dikey yönde kantitatif örnekleme derinliğinin yapıldığı noktadan itibaren yüzeye kadar yapılmalıdır. Fitoplankton örneklemesi için kullanılan kepçe ağı göz açıklığı 20 µm, ötrofik alanlarda 55 µm olmalıdır (Şekil 2 A).

Meso ve makrozooplankton örneklemeleri için plankton kepçeleri kalitatif ve kantitatif amaçlı olarak kullanılabilir. Kullanılan plankton kepçe ağı göz açıklığı mikrozooplankton tür teşhisleri (Tintinid grubu) için 20 µm, mesozooplankton 200 µm ve makrozooplankton için 300-500 µm olmalıdır (Şekil 2 B-C). 200 µm göz açıklığında çekim hızı 0.5 m/sn, daha küçük göz açıklıklarında ise 0.3 m/sn'yi geçmemelidir.

Sürekli plankton kaydedici (CPR) gemi arkasından yaklaşık 10 m derinlikte çekilerek kullanılması için tasarlanmış bir cihazdır (Şekil 2 D). Sürekli Plankton Kaydedici (CPR) içerisinden geçen su yavaş hareket eden plankton bezinden oluşan bant üzerinde tutulur. Örnekler Plankton Renk İndeksi (PCI) analizi ile veya plankton miktarları yarı kantitatif olarak değerlendirilir. Örnekler mikroskop altında fito ve zooplanton için her örnekte tür teşhisleri ve sayımları yapılarak değerlendirilir. CPR, plankton kepçeleri ve şişelerle yapılan örneklere göre daha geniş örnekleme alanları için kullanılmalıdır. Bu cihazın kullanılmasında belirli bir hızda hareket eden ve düzenli sefer yapan gemiler olmalıdır. Ancak bu yöntem ülkemizde henüz kullanılmamaktadır. Bunun yerine Akdeniz'de videoplankton recorder daha güncel ve hızlı bir yöntem olarak tavsiye edilebilir.

A B C D

Şekil 2. Çeşitli tiplerdeki Plankton kepçeleri, A. 20 ve 200 µm'lik Bongo plankton kepçesi, B. 100 µm kapanabilen plankton kepçesi, C. 300 µm göz açıklığında Hensen tipi plankton kepçesi ve D. Sürekli Plankton Kaydedici (CPR)

5.3 Sürekli Plankton Kaydedici (CPR)

Sürekli plankton kaydedici (CPR) gemi arkasından yaklaşık 10 m derinlikte çekilerek kullanılması için tasarlanmış bir cihazdır (Şekil 2 D). Sürekli Plankton Kaydedici (CPR) içerisinden geçen su yavaş hareket eden plankton bezinden oluşan bant üzerinde tutulur. Örnekler Plankton Renk İndeksi (PCI) analizi ile veya plankton miktarları yarı kantitatif olarak değerlendirilir. Örnekler mikroskop altında fito ve zooplanton için her örnekte tür teşhisleri ve sayımları yapılarak değerlendirilir. CPR, plankton kepçeleri ve şişelerle yapılan örneklere göre daha geniş örnekleme alanları için kullanılmalıdır. Bu cihazın kullanılmasında belirli bir hızda hareket eden ve düzenli sefer yapan gemiler olmalıdır. Ancak bu yöntem ülkemizde henüz kullanılmamaktadır. Bunun yerine Akdeniz'de videoplankton recorder daha güncel ve hızlı bir yöntem olarak tavsiye edilebilir.

6 ÖRNEKLERİN SAKLANMASI

Fitoplankton kantitatif örneklemelerinde asitik lügol ile hazırlanmış stoktan 1 litreye 2.5-5 ml eklenerek örnekler korunmalıdır. Örnekler asitik lügol içerisinde 3 aydan daha fazla bekletilmemelidir. Fitoplankton ve zooplankton kalitatif örnekler için plankton kepçesi kullanılarak alınan fitoplankton örnekleri boraks ile tamponlanmış formaldehit ile sonuç konsantrasyonu % 4 olacak şekilde tespit edilmelidir.

Piko- ve nano plankton için örnekleme bölgesine göre 5-50 ml su örneği 2%'lik glutheraldehit ile fikse edilmelidir. Örnekler iki gün içinde analiz edilecekse amber renkli cam şişelerde buzdolabında muhafaza edilmeli, eğer analiz süresi uzunsa 2-5 ml'lik cryo viallerde fikse edilerek, likit nitrojende ani dondurulma gerçekleştirilmeli ve analiz aşamasında kadar -80 ˚C'de saklanmalıdır.

Zooplankton örnekleri boraks ile tamponlanmış formaldehit ile sonuç konsantrasyonu % 4 olacak şekilde tespit edilmelidir. Jelatinimsi zooplankton yerinde çalışılmalı, taksonomik açıdan

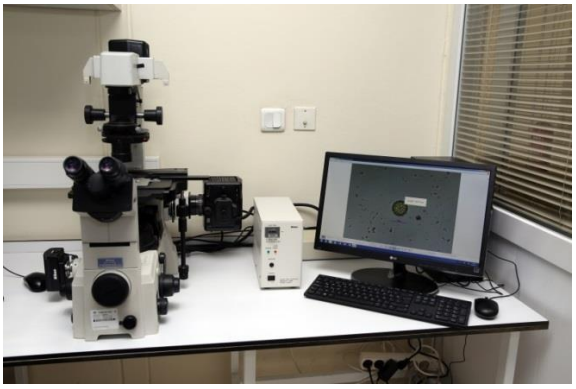
saklanması gerekliliği durumunda bireyler ayrı ayrı kapların içerisinde ve fiziksel parçalanmaya maruz kalmamaları için kapların içerisinde hiç hava boşluğu almayacak şekilde doldurularak formaldehit ile (%4) saklanmalıdır.

7 TÜRLERİN TAYİNİ

Denizlerin verimliliğinde önemli bir yeri olan fitoplankton, besin zincirinin ilk halkasını oluşturmakta ve denizel ortamda oluşabilecek değişimleri saptamada büyük önem taşımaktadır. Bir bölgedeki verimliliği etkileyen fitoplankton hakkında bilgi edinmek için, öncelikle ortamdaki plankton komposizyonunun ve bunun üzerinde etkili olan ortam faktörlerinin bilinmesi gerekmektedir. Deniz ekosisteminde besin zincirindeki birincil halka olan fitoplanktonik formların bazı özel türleri kirlenme indikatörleri olarak bilinmektedir. Su Kalitesi göstergesi olarak kullanılan fitoplankton ve fitoplankton biyokütlesi olan klorofil-a Su Çerçeve Direktifinde kıyısal ekosistemler için dikkate alınan anahtar biyolojik elementlerden biridir. SÇD ve DSÇD kapsamında deniz ve kıyı sularının ötrofikasyon durum tespitinde kullanılan önemli bir değişkendir.

Işık ve Floresan Mikroskopları

Tür teşhislerinde çeşitli tiplerde mikroskop kullanılabilir. Fitoplankton tür teşhisinde x100 büyütme gücüne sahip mikroskoplar kullanılmalıdır. Dinoflagellatların teşhisinde tercihen calcoflour White MNR II floresan boya kullanılarak floresan mikroskobundan faydalanılmalı ve plak analizleri yapılmalıdır (Fritz ve Triemer,1985).



a)Ters (inverted) mikroskop

b)SEM mikroskop

Şekil 3. Mikroskoplar a)Epifloresan ve fotoğraf makinası ataçmanlı ters (inverted) mikroskop, b)SEM mikroskop.

Elektron Mikroskopları

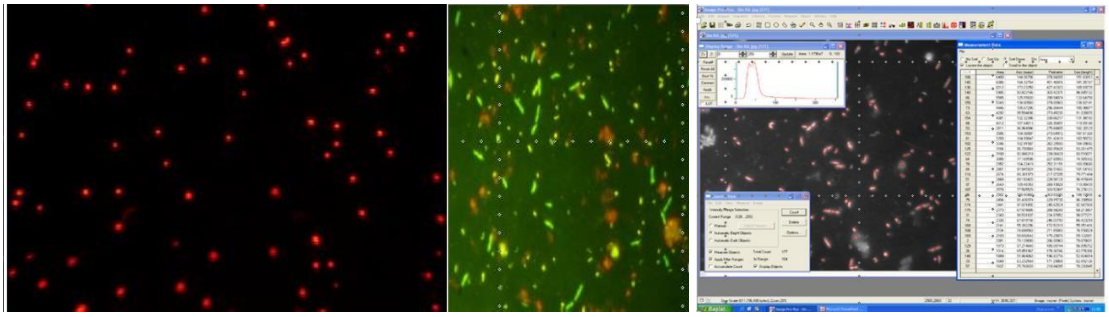
Tür teşhislerinde ayrıca SEM ve TEM mikroskobu kullanılması önerilir. Diatom kabuklarındaki yapılar ve dinoflagellatlara ait plaklar elektron mikroskobu kullanılarak analiz edilebilir. Elektron mikroskop çalışmalarından önce diatom kabukları ve dinoflagellat plaklarının temizlenme işlemi yapılmalıdır. Bunun için örnek distile su ile çalkalanıp santrifüj veya pasif çökmeye bırakılır. Daha sonra doymuş $KMnO_4$ çözeltisinde 24 saat bırakılır. 24 saat sonunda eşdeğer miktarda HCI dikkatli bir şekilde eklenir. Karışım koyu kahverengi bir

renk alır. Bu karışım renk kaybolana veya açık sarıya dönünceye kadar alkol alevinde ısıtılır. İşlem sonrasında örnek distile su ile yıkanarak asit uzaklaştırılır. Temizlenen diatom materyali bakteriden korunması için birkaç damla formaldehit ve asetikasit eklenerek analize kadar saklanabilir. Bu örnekler ışık mikroskobu içen de kullanılabilir. Tekalı dinoflagellatlarda ise temizlik işlemi, SEM için Örnekler saf su ile yıkandıktan sonra kurutularak basit bir şekilde hazırlanabilir. Coccolitoforitlerin mikroskopta incelenmesinden önce örnekteki tuzların uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu işlem için nötral su kullanılmalıdır. Saf su coccolitlerin çözünmesine sebep olabilir (Sournia, 1978).

Sistematik değerlendirme internet üzerinden kulanılabilen **Algaebase** veri tabanına göre güncel olarak yapılmalıdır.

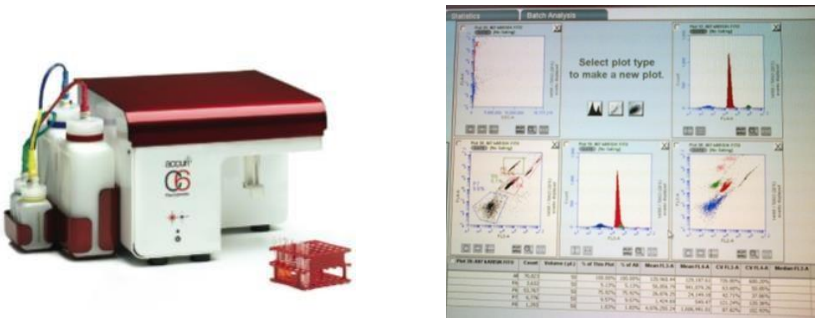
8 PLANKTON ÖRNEKLERİN SAYIM YÖNTEMLERİ

Plankton örnekleri kantitatif olarak belirlenmesinde piko, ve nanoplankton teşhislerinde flowcytometre (Şekil 4) ya da floresan mikroskobu kullanılarak direk sayım yöntemi kullanılarak yapılmalıdır (Şekil 3). Direk sayım yönteminde ön boyama (Acridine orange, Syber green, DAPI) gerçekleştirilerek epifloresan mikroskobu kullanılarak ototrofik ve heterotrofik olarak ayrımları yapıldıktan sonra gruplar ayrı ayrı sayılmalıdır.



A **B** **C**

Şekil 4. Epifloresan mikroskobu ile direk sayım yöntemi ve bilgisayar analizleri.
A. Otofloresan *Synechococcus spp*., B. Floresan boya ile boyanmış heterotrofik bakterilerin floresan mikroskobundaki görüntüleri, C Bilgisayarda görüntü analiz sistemleri ile sayımların yapılması



A **B**

Şekil 5 A. Flowcytometre cihazı ve **B**. Analiz ekranı

Mikrofito- ve mikrozooplankton için Sedgewick-Rafter sayım kamarası ve Utermohl sedimantasyon kamerası kullanılmalıdır (Şekil 5 A-B). Bunların üzerindeki fazla su sifonla boşaltılır ve mümkünse az miktarda örnek (10-15 ml) konsantre oluncaya kadar (dipte çöken canlıya zarar vermemek gerekir) fazla su boşaltılır (sifonlanır). Kalan miktar küçük bir şişeye aktarılır ve toplan hacim bir deftere kayıt edilir. Sayım sırasında, sayılan türlerin yoğunluğuna ve büyüklüğüne göre bazen sayım kamarasının tamamı bazen de belirlenen kısımları sayılır. Yapılan seyrelme veya sayılan alan not edilerek hesaplara katılır (Şekil 5 C).

Plankton örnekleri kantitatif olarak belirlenmesinde fitoplankton için Sedgewick-Rafter hücre sayım kamarası ve Utermöhl sedimantasyon kamarası kullanılmalıdır. Kullanılacak sayım kamaralarının karakteristik özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Zooplankton teşhis ve sayımlarında ara Bogorov tipi sayım kamarası kullanılmalı ve sayımlar ya Folsom Ayırıcı kullanılarak bölünen örneklerin tamamı üzerinden ya da en baskın 3 türün en az otuzar bireyle temsil edileceği kadar 1-5 ml'lik Stempel pipetleri ile örnekten/bölünen örnekten alınan ara örnekler üzerinden yürütülmelidir

A **B** **C**

Şekil 6. Plankton sayım kamaralarına örnekler: A. Sedgewick-Rafter, B. Utermöhl sedimantasyon kamarası, C. Zooplankton sayım kamarası.

Tablo 4 Farklı fitoplankton sayma kamaralarının karakteristik ölçüleri

Kamara tipi	Derinlik (mm)	Alan (mm^2)	Hacim (µl)	Deteksiyon (bulunuş) limiti (hücre/l)	Güvenilir sayım (hücre/l)	Kamara çizgisinin kalınlığı veya boyutu
Improved Neubauer	0.1	9	0.9	10^{6-7}	10^{8-9}	3x3 mm kare
Fuchs-Rosenthal	0.2	16	3.2	10^{6}	10^{8}	4x4mm kare
Palmer -Maloney	0.4	250	100	10^{4}	10^{6}	17.9 mm kalınlık
Workshop tip	1 2	200 200	200 400	10^{4} 10^{4}	10^{5-6} 10^{5-6}	16 mm kalınlık
Sedgewick-Rafter	1	1000	1000	10^{4}	10^{5}	50x20 mm rectangle (dikdörtgen)
2 ml sedimentasyon silindiri	10	200	2000	10^{3}	10^{4}	16 mm kalınlık

9 RAPORLAMA

Kantitatif değerlendirmelerde sonuçlar piko ve nano planktonik gruplar hücre/ml, fitoplankton için **hücre/L**, zooplankton için **birey/m^3** olarak verilmelidir. Eğer çalışmada biyokütle hesaplamaları isteniyor ise sonuçlar fitoplankton için **µg/L** ve zooplankton için **mg/m^3** olarak verilmelidir.

10 DEĞERLENDİRME

Su Çerçeve Direktifi kapsamında deniz ve kıyı sularının değerlendirilmesinde fitoplankton bolluğu ve kompozisyonu ile sıklığı, bloom yoğunluğu dikkate alınmaktadır. Fitoplanktondaki bloom zamanları, baskın türler, bloom konsantrasyonu, toksik türler ve bloom sıklığı da değerlendirmelerde belirtilmelidir.

10.1 Komünite indeksleri ve istatistiksel analizler

Elde edilen verilerin sayıl bir tabanda izlenmesi ve komünite yapıların irdelenmesi ve bölgesel karşılaştırmaların yapılabilmesi amacı ile aşağıda belirtilen indeks ve istatistik yöntemleri kullanılmalıdır.

10.1.1 Shannon-Weaver çeşitlilik indeksi

Canlı topluluklarının yapısında oluşan değişimleri belirlemek amacıyla kullanılan en pratik yöntem, tür adedi ve bolluklarına göre değişen diversite (çeşitlilik, zenginlik) indekslerinin saptanmasıdır. Su ekosistemlerinde çok sayı ve çeşitte tür bulunduğundan, komünite yapısını özetleyen çeşitlilik indekslerinin kullanılması aynı zamanda su kalitesinin belirlenmesinde kullanılan bir yöntemdir.

$$H = -\sum_{i=1}^{s} \rho_i \log_2 \rho_i$$

$$p_i = N_i / N$$

H=Shannon Weaver indeksi (d)
Ni=a türünün birey sayısı
N= Toplam birey

H > 2.5 ortamda "**Dominansi başlamıştır** "olarak değerlendirilmelidir.

10.1.2 Baskınlık indeksi

Bir türün diğer tüm türlere göre baskınlığını (bolluğunu) ifade eder. Baskın olan her tür için yüzdelik olarak ifade edilebilir. Örneğin; toplam 7 çalışma istasyonunun 3'ünde söz konusu baskın bir tür varsa bu türün baskınlık değeri %43'tür.

Da = Na/Çalışılan toplam istasyon sayısı*100
Na=Türün tespit edildiği istasyon sayısı

Diğer bir yaklaşım ise McNaughton değeridir. Bu değer de yüzdelik olarak, belli bir istasyonun plankton topluluğundaki baskınlık oranı olarak ölçülür. Bu değerle, en baskın olan iki türün bolluk değerlerinin ve bunun toplam bolluk içindeki yeri dikkate alınır.

D=(N1+N2)/N *100

N1 ve N2 en baskın iki türün bolluğu, N toplam bolluktur.

D > % 85 olduğunda en baskın iki türün bolluğunun toplam bolluğun % 85ini oluşturduğu söyleyenir.

10.1.3 Pielou-Evennes indeks*

$$E_p = H / \log_2 S$$

Ep= Pileau indeksi

S= Tür sayısı

H= Shannon indeksi

0-1 arasında sınırlıdır. Dominansinin türlere göre dağılımını gösteren bir indekstir. Her tür eşit sayıda birey ile temsil ediliyorsa bu indeks 1'e eşit olur.

10.1.4 Varlık Yokluk- Frekans İndeksi

Fitoplankton türlerinin istasyonlardaki ve örnekleme periyotlarındaki frekans değerlerini ortaya koymak için, Soyer (1970)'in "Frekans İndeks Formülü" kullanılarak hesaplanmalıdır.

$$F = m / M x100$$

m: Türün örneklerdeki rastlanma sayısı

M: Toplam örnek sayısı

Elde edilen

F= %1-15 ise türün komünitede "Nadir",

F= %16-40 ise türün komünitede "Sık",

F= %41-60 ise türün komünitede "Yaygın",

F= %61-100 ise türün komünitede "Devamlı", bulunduğunu göstermektedir.

10.1.5 Çevresel parametrelerle olan ilişkisinin değerlendirilmesi (Spearman korelasyon katsayıları)

Örneklemelerin yapıldığı sahada toplanan fiziksel ve kimyasal parametrelerle organizma gelişimi arasında ilişkilerin dereceleri korelasyon katsayısı olarak güven sınırları ile birlikte tablolarda verilerek ilişkili olanlar irdelenmelidir.

10.2 Diatom/Dinoflagellat oranı

Örnekleme sahasında mevcut toplam diatom ve dinoflagellat oranları belirlenerek tablolarda ve grafiklerle açıklanmalıdır.

10.3 Zararlı ve aşırı üreme potansiyeli olan türlerin tespiti, bolluğu, görülme ve aşırı üreme sıklıkları.

HAB kapsamında raporlanması gereken zararlı ve potansiyel zararlı türler belirlenmeli ve bu türler ayrı bir başlık altında değerlendirme ile açıklanmalıdır.

10.4 Benzerlik indeksleri

10.4.1 Bray-Curtis benzerlik indeksi

Bölgelerin karşılaştırılmasında Bray-Curtis benzerlik indeksi aşağıdaki formüle göre hesaplanmalıdır.

$$BC_{ij} = 100\left\{\frac{\sum_{k=1}^{s}\left|n_{ik} - n_{jk}\right|}{\sum_{k=1}^{s}(n_{ik} + n_{jk})}\right\}$$

s: ***i*** ve ***j*** örnekleme periyodundaki mevcut tür sayısı

n_{ik}: **i** örnekleme periyodundaki ***k*** türüne ait birey sayısı

n_{jk}: **j** örnekleme periyodundaki ***k*** türüne ait birey sayısı

Benzerlik sonuçları, kümeleme (cluster) veya metrik olmayan çok boyutlu ölçeklendirme (MDS) şeklinde ifade edilebilir.

Bu analiz bütünün kullanılabilmesi için PRIMER programına veya "R" kodlu programlara ihtiyaç vardır.

10.5 İndikatör türlerin belirlenmesi

İndikatör türler bir ekosistemde, küçük çevresel değişimlere özellikle duyarlı olması itibariyle, çevre koşulları konusunda bilgi sağlayan ve çevresel tehlikelerle ilgili erken uyarılarda bulunan türler olarak tanımlanabilirler. Çalışılan bölgelerde tespit edilen kirlilik türüne göre bölgede gözlenen plankton çeşitliliği ile ilişkilendirilerek bölgeye ait, bölgeyi tanımlayacak ve durumu temsil edebilecek türlerin belirlenmesi de yapılmalıdır. Böylece ülkemiz suları için her deniz alanına ait mevcut ve yeni indikatör türler belirlenecektir.

Örnek olarak, Dinoflagellatlar'ın baskınlığının ötrofikasyon göstergesi olarak değerlendirilmesi; *Noctiluca scintillans'ın* organik maddedeki artışa ve oksijen düşüklüğüne neden olması; *Prorocentrum micans, Lingulodinium polyedrum, Ceratium tripos, Ceratium furca* gibi türlerin besin elementlerindeki artışı ifade etmesi, *Heterocapsa triquetra* ve *Prorocentrum minimum* bloomlarının besince zengin suları göstermesi gibi özellikler dikkatle değerlendirilmesi gereken değişkenlerdir.

10.6 Su Kalitesi ve Ekolojik Değerlendirmesi (çok iyi, iyi, orta, zayıf, kötü)

Su kalitesi değerlendirilmesinde plankton verileri her bir su yönetim birimi için göz önünde tutulacak referans istasyonlar ile karşılaştırılarak bölgesel ölçekte **çok iyi, iyi, orta, zayıf, kötü** olarak sınıflandırması yapılmalıdır. Bunun için yapılan çalışmalarda bölge için tarihsel veri aranmalıdır. Su Kalite Değerlendirmesi yapılabilmesi için bölgede mümkünse aynı istasyonlarda 5-8 yıllık tarihsel veri olmalıdır.

Ancak sınıflandırma çalışma ve çabaları sadece bolluk ya da zaman serisi verisine dayandırılmamalıdır. Mevsimsel döngülerin bilinmesi önem taşır. Bu nedenle öncelikle zaman serisi verilerinin mevsimsel değişimleri de ifade edecek şekilde toplanması gerekir.

Bu çalışmaları indikatör türler üzerinden yürütmek daha anlamlı olabilir. Örneğin, Marmara Denizi için yaz döneminde açık alanlarda zooplankton için kopepod olarak Paracalanus, kladoser olarak Penilia baskın, ancak İzmit/Gemlik körfezi gibi ötrofik/kirli bölgelerde kopepod olarak Acartia, kladoser olarak ise Pleopis ön plana çıkmaktadır. Ayrıca bu konunun da dikkate alınması gereklidir. Yani indikatör türlerin (temiz/kirli alan, Akdeniz'de ise açık/kıyı) bölgesel farklarından çıkarımlar yapılmalıdır.

Dolayısı ile, bu türden yaklaşımların oluşturulması için ek çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. İsveç kıyı suları için yapılan kapsamlı çalışmada (Höglander, H. vd., 2013) Su Çerçeve Direktifi kapsamında diğer denizler için oluşturulan yaklaşımlar da özetlenmiştir.

11 KALİTE GÜVENCESİ

Yapılacak çalışmalarda elde edilen verilerin kullanılabilir ve karşılaştırılabilir olmasının sağlanmasında göz önünde tutulması gereken önemli faktörlerden biriside veri standardı ve veri kalitesinin sağlanmasıdır. Bu amaç doğrultusunda örnekleme ve ölçüm tekniklerinin geliştirilebilir ve modifiye edilebilir olması gerekir.

Verilerin kalitesi kontrolünde çalışılan dönemlere ait türlerin ekolojik toleransları incelenmelidir. Tür sayıları bölge özelliği ile karşılaştırılmalıdır. Plankton sayıları, sayımlara ait ortalama ve standart sapma gibi parametreler ile birlikte verilmelidir. Yapılan sayımlardan elde edilen sonuçlar tekrarlanabilir olmalıdır. Yapılan çalışmalara ait veri kalitesinin belirlenmesinde: Verinin toplandığı lokasyon tarih, saat ve derinlikler verilmelidir. Verinin toplama yöntemi açıklanmalıdır. Verilerin nasıl kodlandığı açıklanmalıdır. Verilerin kim tarafından ve hangi kuruluş tarafından toplandığı belirtilmelidir. Planktonik çalışmalarda aynı örneğin farklı kişi ve laboratuvarlar tarafından incelenerek bulunan birey sayısı ve tür çeşitliliği karşılaştırmaları aynı metot uygulanarak yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

Altukhov, D.A., Gubanova, A.D. and Mukhanov, V.S. 2014. New invasive copepod *Oithona davisae* Ferrari and Orsi, 1984: seasonal dynamics in Sevastopol Bay and expansion along the Black Sea coasts. Marine Ecology an Evolutionary Perspective, 35 (Supplement s1): 28-34. doi: 10.1111/maec.12168.

Altukhov, D.A., Gubanova, A.D., 2006. *Oithona brevicornis* Giesbrecht in October, 2005–March, 2006. Mar. Ecol. J. 5 (2), 32 (in Russian).

Baklıs, N. 2004. Tintinnids (Protozoa:Ciliophora) of the Büyükçekmece Bay in the Sea of Marmara. Scientia Marina, 68, 1, 33-44.

Bargu, S., Koray, T. ve Lundholm, N., 2002. First Report of Pseudo-nitzschia calliantha Lundholm, Moestrup & Hasle 2003, a New Potentially Toxic Species from Turkish Coasts. E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences, 19, 3-4, 479 – 483.

Bat, L., Sezgin, M., Satilmis, H. H., Sahin, F., Üstün, F., Birinci Özdemir, Z. ve Gökkurt Baki, O., 2011. Biological Diversity of the Turkish Black Sea Coast, Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,11, 683- 692

Belmonte, G., Mazzocchi, M.G., 1997. Records of *Acartia* (Acartiura) *margalefi* (Copepoda, Calanoida, Acartiidae) from the Norwegian and Black seas. Crustaceana 70 (2), 252–256.

Belmonte, G., Mazzocchi, M.G., Prusova, I.Yu., Shadrin, N.V., 1994. *Acartia tonsa*: a species new for the Black Sea fauna. Hydrobiologia 292 (293), 9–15.

Benli, H. A., 1987. İnvestigation of plankton distribution in teh Sourthern Black Sea and its effetcs on particle flux, Mitt. Geol. Palaont. Inst. Univ. of Hamburg, 62, 77-87.

Besiktepe S., 2001. Diel vertical distribution, and herbivory of copepods in the south-western part of the Black Sea, Journal of Marine Systems, 28, 281-301.

Bizsel N. ve Bizsel K.C., 2002. New records of toxic algae Heterosigma cf. akashiwo and Gymnodinium cf. mikimotoi in the hypereutrophic Izmir Bay (Aegean Sea): Coupling between organisms and water quality parameters. Israel Journal of Plant Sciences, 50, 33-44.

Bizsel, N. ve Cirik, Ş., 2002. New Record of the Heterotrophic Ebridian Microflagellate Hermesinium adriaticum Zuch in the Eutrophic Izmir Bay. Turkish Journal of Marine Sciences, 8, 165-178.

DEFRA,2014. Marine Strategy Part Two: UK Marine Monitoring Programmes, www.gov.uk/defra, 86 s.

Deniz N., Taş S., 2009. Seasonal Variations In The Phytoplankton Community In The North-Eastern Sea Of Marmara and A Species List. Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom, vol.89, pp.269-276.

Deniz N., Taş S., Koray T., 2006. New Records of the Dictyocha antarctica Lohmann, Dictyocha crux Ehrenberg and Nitzschia rectilonga Takano Species from the Sea of Marmara. Turkish Journal of Botany, 30, 213-216.

Dolgopolskaya, M.A., 1940. Zooplankton of the Black Sea at the Karadag area. Proc. Karadag Biol. Station. 6, 57–111 (in Russian).

ECOLAS. (2007). Evaluation of the impact from land-based activities on the marine & coastal environment, ecosystem & biodiversity in Bulgaria. AMINAL Europa& Milieu.

Ergün, G., 1994. Distribution of five Calanoid copepod species in the southern Black Sea. M.S. Thesis, IMS-Middle East Technical University/Ankara, Turkey, 117pp.

Erkan, F., Gücü, A. C. and Zagorodnyaya, J., 2000. The diel vertical distribution of zooloplankton in the Southeast Black Sea. Turk. J. Zool. 24, 417-427.

Esensoy, F., B., 2014. Doğu Karadeniz bölgesi mikroplanktonunun mevsimsel komunite yapısı. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 110 sayfa.

European Commission, 2008. Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008, establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive). Official Journal of the European Union L164.- P. 19-40.

Feyzioglu, A. M., Sivri, N., Okumuş, İ., Yılmaz, S. and Eruz, Ç., 1998. Some morphological characteristics and gonad development of arrow worm Sagitta setosa in Southeastern Black Sea, The Proceeding of the First International Symposium on Fisheries and Ecology, 370-374.

Feyzioğlu A. M. ve Öğüt H., 2006. Red Tide Observations along the Eastern Black Sea Coast of Turkey. Turkish Journal of Botany, 30, 375-379.

Feyzioğlu, A. M. ve Tuncer, S.,1994. Doğu Karadeniz bölgesi Trabzon sahil şeridi net fitoplanktonundaki mevsimsel değişimler, Tr. J. Of Biol., 18, 161-171.

Feyzioğlu, A. M., 1996. Doğu Karadeniz kıyısal ekosisteminde fitoplankton dinamiğindeki mevsimsel değişimler. Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bil. Enst. Trabzon.

Feyzioğlu, A. M., 2009. Distribution of Sagitta setosa Müller, 1847 (Chaetognatha) in the South Eastern Black Sea, Progress in Environmental Science and Technology, II, Part A, 3-6 ; Edit. LI, S., Wang Y., Cao, F., Huang, P., Zhang, Y., Proceeding of tha 2009 International Symposium on Environmental Science and Technology, Shanghai, Chine.

Feyzioğlu, A. M.,1990. Doğu Karadeniz Fitoplankton Türlerinin Kalitatif ve Kantitatif Yönden Araştırılması. Yüksek lisans tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Bölümü, Trabzon.

Fritz L. ve Triemer R E. 1985. A Rapid Simple Technique Utilizing Calcofluor White M2r For The Visualization Of Dinoflagellate Thecal Plates. Volume 21, Issue 4, sayfa 662–664.

Galadzhiev, M.A., 1948. Comparison of species composition, distribution and abundance of zooplankton in the Karkinitskiy Gulf and open sea at the South Crimea Coast area. Proc. Sevastopol Biol. Station. 6, 173–223 (in Russian).

Gubanova, A.D., Polikarpov, I.G., Saburova, M.A., Prusova, I.Yu., 2002. Long-term Dynamics of mesozooplankton by the example of the Copepoda community in Sevastopol Bay (1976–1996). Oceanology 42 (4), 512–520.

Gücü, A., C., 1987. Zooplankton dynamics in the northern Cilician Basin, -composition and time series-. METU-IMS, Feb., 1987, 178 pp.

Hallegraef,G.M., Anderson,D.M., Cembella,A.D. (1995). Manual on harmful marine microalgae IOC Manuals and Guides No:33. UNESCO.

Harris, R.P., Wiebe, P.H., Lenz, J., Skjoldal, H.R. & Huntley, M. (2000). Zooplankton methodology manual. Academic Press, London. 684 s.

Höglander, H., Karlson, B., Johansen, M., Walve, J., ve Andersson, A., (2013). Overview of coastal phytoplankton indicators and their potential use in Swedish waters. WATERS Report no. 2013:5 Deliverable 3.3-1.

Ignatiades, L., Gotsis-Scretas, O. ve Metaxatos, A. (2007). Field and culture studies on the ecophysiology of the toxic dinoflagellate *Alexandrium minitum* (Halim) present in Greek coastal waters. *Harmful Algae*, 6: 153-165.

IMAP 2016, Integrated Monitorind and Assessment Guidance. 19th ordinary Meeting of the Contracting Parties to the Convention for the Protection of the marine Environment and the Coastal Region of the Mediterranean and its Protocols. Athens, Greece 9-12 February 2016

Işinibilir, M., Svetlichny, L., Hubareva, E., Ustun, F., Yılmaz, I.N., Kideys, A.E., Bat, L., 2009. Population dynamics and morphological variability of *Calanus euxinus* in the Black and Marmara Seas. Italian Journal of Zoology 76 (4), 403–414.

İşinibilir Okyar M., Kıdeys 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, vol.78, pp.739-747.

Jorgensen, S.E., Costanse, R. ve Xu, F-L. (2005). Handbook of Ecological Indicators for Assessment of Ecosystem Health. Taylor and Francis Group Edition, 439 s., London.

Kamburska, L., Doncheva, V., Stefanova, K., 2003. On the recent changes of zooplankton community structure along the Bulgarian Black Sea coast—a post-invasion effect of exotic ctenophores interactions. Proceeding of First Intern. Conf. on Environmental Research and Assessment (Bucharest, Romania, March 23–27, 2002). Docendi Publishing House, Bucharest, Romania, pp. 69–84

Karaçam, H. ve Düzgüneş, E., 1990. Trabzon Sahil Şeridi Fitoplanktonu Üzerinde Bir Araştırma, İst. Üniv. Su Ürün. Dergisi. 4. 1, 95- 102.

Karavaev, V.A., 1894. Materials on fauna of Copepoda of the Black Sea. Zapiski Kievskogo obschestva Estestvoznateley. Proc. Kiev Soc. Nat. 13 (1), 15–31 (in Russian).

Kıdeyş, A. E., Kovalev, A. V., Shulman, G., Gordina, A. and Bingel, F., 2000. A review of zooplankton investigations of the Black Sea over the last decade, Journal of Marine Systems, 24, 355-371.

Kovalev, A., Besiktepe, S., Zagorodnyaya, J., Kideys, A., 1998. Mediterranization of the Black Sea zooplankton is continuing. In: Ivanov, L., Oguz, T. (Eds.), Ecosystem Modeling as a Management Tool for the Black Sea. NATO ASI Ser 1, Global Environ Change, Dordrecht; Boston. Kluwer Acad. Publ, London, pp. 199–207.

Mutlu, E., 2002. Diel vertical distribution of zooplankton in the Black Sea (April 1995). II Int. Conference 'Oceanography of the Eastern Mediterranean and the Black Sea- Similarities and differences of two interconnected basins', 14-18 October, 2002, Ankara, Turkey, 753-760

Oğuz, T., Öztürk, B., 2011. Mechanisms impeding natural mediterranization process of Black Sea fauna. J. Black Sea Mediterr. Environ. 17 (3), 234–253

Polat, S. ve Koray, T., 2002. New Records of the Genus Histioneis F.R. von Stein (Dinophyceae) from Turkish Coastal Waters. Turkish Journal of Botany, 26, 481-484.

Polat, S. ve Koray, T., 2003. New Records for the Genus Heterodinium Kofoid (Dinophyceae) from Turkish Coastal Waters (North-eastern Mediterranean). Turkish Journal of Botany, 27, 427–430.

Polat, S., 2004. New Record for a Dinoflagellate Species (Citharistes regius Stein) in the Northern Levantine Basin (Eastern Mediterranean). Turkish Journal of Botany, 28, 507–509.

Polat, S., 2007. New Record for a Dinoflagellate Species (Gonyaulax pacifica Kofoid) from Turkish Coastal Waters (Northeastern Mediterranean Sea). Turkish Journal of Botany, 31, 67–70.

Selifonova, J., Shmeleva, A., Kideys, A., 2008. Study of copepod species from the Western Black Sea in the cruise r/v Knorr during May–June 2001. Acta Zool. Bulg. 60 (3), 305–309

*Sournia,*A. (1978). Phytoplankton *Manual*. Monographs on Oceanographic Methodology. UNESCO, Fontenoy, Paris 377 s.

Şen, N., 2004. Doğu Karadeniz'de Mesozooplanktonun Günlük Vertikal Göçü, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 60s

Tarkan AN (2000). Abundance and distribution of zooplankton in coastal area of Gökçeada Island (Northern Aegean Sea). Turkish J Marine Sciences 6: 201–214.

Taş S., Yilmaz İ.N., 2005. Potential y harmful microalgae and algal blooms in a eutrophic estuary in the Sea of Marmara (Turkey), MEDITERRANEAN MARINE SCIENCE, vol.16, pp.432-443

Taş S.,2014. Phytoplankton Composition And Abundance In The Coastal Waters Of The Datça And Bozburun Peninsulas, South-Eastern Aegean Sea (Turkey), MEDITERRANEAN MARINE SCIENCE, vol.15, pp.84-94

Terbıyık, Kurt T., 2016. Kuzeydoğu Akdeniz, Türk Boğazlar Sistemi ve Karadeniz Mesozooplankton Topluluklarının Bölgesel Değişimi", Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Temel Bilimler Anabilim Dalı Mayıs,

Terbiyik Kurt T., Polat S., 2013. "Seasonal distribution of coastal mesozooplankton community in relation to the environmental factors in Iskenderun Bay (north-east Levantine, Mediterranean Sea)", JOURNAL OF THE MARINE BIOLOGICAL ASSOCIATION OF THE UNITED KINGDOM, vol.93, pp.1163-1174

Terbiyik Kurt T., Polat S., 2014. "Characterızatıon Of Seasonal and Inter-Annual Changes In The Abundance Of Specıes Of Marıne Cladocera On The Turkısh Coast Of The Northeastern Levantıne Basın", Crustaceana, vol.87, pp.769-783.

Terbiyik Kurt T., Polat S., 2015. "Zooplankton abundance, biomass, and size structure in the coastal waters of the northeastern Mediterranean Sea", TURKISH JOURNAL OF ZOOLOGY, vol.39, pp.378-387

Toklu B (2006). Seasonal changes and distribution of zooplankton in the İskenderun Bay (Yumurtalık-Kokar Cape). PhD, Çukurova University, Adana, Turkey3

Tuncer, S. ve Feyzioğlu, A. M., 1989. Distribution of phytoplankton population of Eastern Black Sea, Sec. Int. Colloque of Med. Coast. and Env. Protection, 73-74.

Tüfekçi, A.V., 2000. İstanbul Boğazı ile Boğazın Marmara Denizi ve Karadeniz girişlerindeki fitoplankton Dağılımı. Doktora tezi. İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enst. Deniz Biyolojisi Bilim Dalı, İstanbul.

Türkoğlu M. ve Koray T., 2004. Algal Blooms in Surface Waters of the Sinop Bay in the Black Sea, Turkey. Pakistan Journal of Biological sciences, 7, 9, 1577–1585.

Türkoğlu, M. ve Koray, T., 2002. Phytoplankton Species Succession and Nutrients in the Southern Black Sea (Bay of Sinop). Turk. J. Bot, 26 (2002) 235-252, TÜBİTAK.

Türkoğlu, M., 1998. Orta Karadeniz Bölgesi'nin (Sinop yarımadası kıyıları) Fitoplankton Kompozisyonu ve Değişimini Etkileyen Faktörler. Doktora Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bil. Enst., İzmir.

Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Projesi (2014-2016), ÇŞB - ÇEDİDGM TÜBİTAK-MAM (2015), Gebze-Kocaeli.

Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Projesi (2014-2016), ÇŞB – ÇEDİDGM- TÜBİTAK-MAM (2016), Gebze-Kocaeli.

Uysal, Z. ve Ünsal, M., 1996. Spatial Distribution of Net Diatoms Along Adjacent Water Masses of Different Origin. Tr. J.of Botany, 20, 519-525, TÜBİTAK.

Uysal, Z., (2015). Abundance of phytoplankton in the western Mediterranea Sea during the Bilim 2 cruise in October 2008. doi:10.1594/PANGAEA.847570

Uysal, Z., 1987. Fate and distribution of plankton around the Bosphorus. M.E.T.U. Instıtute of Marine Science, Master Thesis.

Uysal, Z., 1993, A preliminary study on some plankters along the Turkish Black Sea Coast. M.E.T.U. Institute of Marine Science, Ph. D. Thesis.

Uysal, Z., 2002. On the formation of net phytoplankton patches in the southern Black Sea during the spring. Hydrobiologia 485, 173–182, 2002.

Uysal, Z., Iwataki, M., Koray, T., 2003. On the Presence of Heterocapsa pygmaea A.R.Loebl. (Peridiniales, Dinophyceae) in the Northern Levantine Basin (Eastern Mediterranean), Turkish Journal of Botany, 27, 149–152.

Uysal, Z., Sur, H. İ., 1995. Net phytoplankton discriminating patches along the southern Black Sea coast in winter 1990. Oceanologica Acta – 18, 6, 639-647.

Üstün, F., ve T., Terbıyık Kurt. 2016. First Report of the Occurrence of *Oithona davisae* Ferrari F.D.&Orsi, 1984 (Copepoda: Oithonidae) in the Southern Black Sea, Turkey, Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 16: 413-420.

Venrick, E.L. (1978): Sampling techniques. In: Phytoplankton manual, Sournia, A., (ed.). UNESCO, U.K., pp 181.

Vernet, M., Mitchell, B. G., Holm-Hansen, 0. (1990). Adaptation of Synechococcus in situ determined by variability in intracellular phycoerythrin-543 at a coastal station off the Southern California coast, USA. Marine Ecology Progress Series. Vol. 63: 9-16.

Yıldız İ., Feyzioğlu A.M. 2014. Biological Diversity And Seasonal Variation of Mesozooplankton In The Southeastern Black Sea Coastal Ecosystem, Turkish Journal of Zoology, vol.38, pp.179-190

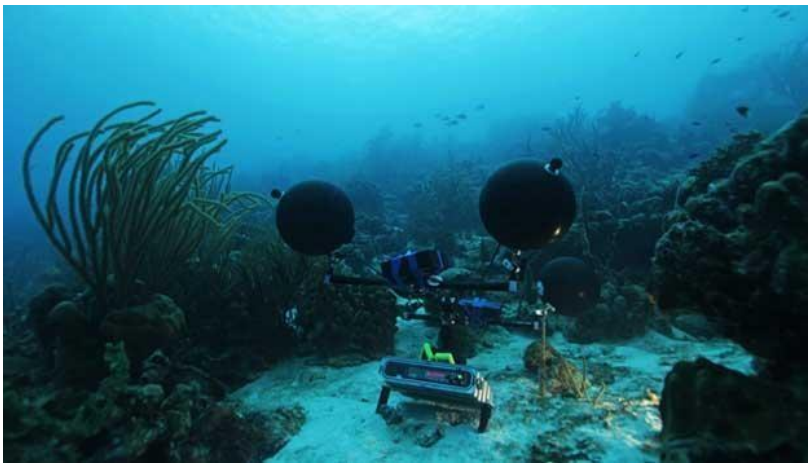
Yıldız İ., Feyzioğlu A.M. 2016 . Distribution of mesozooplankton along to Anatolian coast in Black Sea over Auntum Period, Indian Journal of Marine Sciences, vol.45, pp.269-276

Yıldız, İ., 2010. Güney Karadeniz'de Mesozooplankton Kompozisyonu ve Dağılımı, Doktora Tezi, K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 203s

Yıldız, İ., Feyzioğlu, A. M., ve Beşiktepe, Ş. 2016. First observation and seasonal dynamics of the new invasive planktonic copepod *Oithona davisae* Ferrari and Orsi, 1984 along the southern Black Sea (Anatolian Coast), Journal of Natural History, DOI: 10.1080/00222933.2016.1229060

Zenkevitch, L., 1963. Biology of the seas of the U.S.S.R. George Allen and Unwin, London, 955 pp

Bölüm 13
Su Altı Gürültüsü İzleme Kılavuzu



Hazırlayanlar

Kılavuz Lideri

Yrd. Doç. Dr. Hüsne ALTIOK	İstanbul Üniversitesi

Kılavuz Ekibi

Prof. Dr. Fatma TELLİ KARAKOÇ	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Binbaşı Serdar TOMBUL	Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı
Doç. Dr. Çolpan POLAT BEKEN	TÜBİTAK MAM

İÇİNDEKİLER

ŞEKİL DİZİNİ 2
TABLO DİZİNİ 2
KISALTMALAR 3
1 GİRİŞ 4
2 AMAÇ 6
3 İZLEME STRATEJİSİ: Yöntem ve yaklaşımlar 8
3.1 DSÇD Yaklaşımı 8
3.2 AB 'de yapılan çalışmalar 9
3.3 Türkiye'de durum 11
3.4 Ülke ihtiyaçları 11
KAYNAKLAR 14

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1 Denizcilik Faaliyetlerinden Kaynaklanan Düşük Frekanslı Ses Bandı ve Deniz Canlılarının Ürettikleri Ses Frekans Aralığı 5
Şekil 2 DSÇD- İÇD tanımlayıcısı D11 'in ilişkili olduğu diğer İÇD tanımlayıcıları 9
Şekil 3 Baltık Denizi'nde gemi trafiği ve ortam gürültüsü izleme istasyon ağları haritası 10

TABLO DİZİNİ

Tablo 1 Sualtı Gürültüsünün Deniz Canlılarına Etkisi 5
Tablo 2 AB Direktifleri ve Bölgesel Deniz Sözleşmelerinde Sualtı Gürültüsünün Değerlendirilmesi .. 6
Tablo 3 Sualtı gürültüsünün diğer DSÇD - İÇD Tanımlayıcıları ile ilişkisi.....7

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ACCOBAMS	: Akdeniz ve Karadeniz ‘de deniz memelilerinin Korunması Anltlaşması-Agreement on the Conservation on the of Cetaceans in the Black Sea Mediterranean
AIS	: Otomatik Tanımlama Sistemi-Automatic Identification System
BIAS	: Baltık Denizi Akustik Sesler Bilgisi-Baltic Sea Information on the Acoustic Sound Scape
BSC	: Karadeniz Komisyonu-Black Sea Commission
CMRC	: Kıyı ve Deniz Araştırma Merkezi-Coastal and Marine Research Centre
CMS	: Göçmen Türler Antlaşması-Convention of Migratory Species
DEKOS	: Deniz ve Kıyı Sularının Kalite Durumlarının Belirlenmesi ve Sınıflandırılması Projesi
DSÇD	: Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi
EPA	: Çevre Koruma Ajansı-Environmental Protection Agency
IMAP	: Bütünleşik İzleme ve Değerlendirme Kılavuzu–Integrated Monitoring and Assessment Program
IWC	: Uluslararası Balina Komisyonu-International Whaling Commission
IUCN	: Uluslararası Doğa Koruma Birliği-International Union for Conservation of Nature
İÇD	: İyi Çevresel Durum
İTÜ	: İstanbul Teknik Üniversitesi
MİLGEM	: Milli Gemi Projesi
MPO	: Milgem Proje Ofisi
MSFD	: Marine Strategy Framework Directive
OSPAR	: Kuzeydoğu Atlantik Deniz Çevresi Koruma Antlaşması-Oslo Paris Antlaşması
PERSEUS	: Güney Avrupa Denizlerinde Politika Odaklı Deniz Çevresi Araştırmaları-Policy-Oriented Marine Environmental Research in the Southern European Seas
SEANET	: Denizaltı Akustik Gürültü Değerlendirme Aracı-Subsea Environmental Acoustic Noise Assessment Tool
SSM	: Savunma Sanayi Müsteşarlığı
TSG	: Teknik Altgrup-Technical Subgroup

1 GİRİŞ

Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi- İyi Çevresel Durum (İÇD) Tanımlayıcısı D11'de sualtı gürültüsü ve enerji girişleri denizel çevreyi olumsuz etkileyecek seviyede olmamalı olarak tanımlanmıştır. İnsan aktivitelerinden kaynaklanan ses, ısı, radyoaktif enerji, ışık ve diğer elektromanyetik alanlar gibi pek çok antropojenik enerji türleri denizel çevrede bulunmaktadır. Bu enerji türlerinin içinde en yaygını ve denizel çevreyi etkileyeni sualtı gürültüsüdür. Elektromanyetik alan yaratan kablolar daha küçük bir alanda etkili olmaktayken ses, yayılım ile uzak noktalara kadar ulaşabildiğinden su altında yaşayan canlılar akut ya da kalıcı etkilere maruz kalabilmektedir. Öncelikle, bu baskıların canlı popülasyonlarını nasıl etkilediğine dair ileri düzeyde araştırmalar yapılması gerekmektedir. Bu sebeplerle, bu kılavuzda sadece sualtı gürültüsü üzerinde öneriler getirilecektir.

Ses, ışık gibi diğer uyarıcıların aksine su içinde çok etkili bir şekilde yayılır ve kilometrelerce uzaktan hissedilir. Deniz canlıları sesi iletişimde, av ve avcının yerinin tespitinde de kullanmaktadırlar. Deniz memelileri birbirleriyle iletişim için sesi birincil metot olarak, bazı memeliler ise (bazı balina türleri; toothed whales) besininin yerini bulmak için ses sinyali olarak kullanmaktadırlar (Richardson ve diğ, 1995). İnsanlar tarafından üretilen sesler deniz memelilerine bir çok fonksiyonunu (davranış bozukluğu, iletişim bozukluğu, fizyolojik hasar gibi) bozabilmektedir (Tablo 1). Balık ve omurgasız gibi diğer deniz canlılarının ses dalgalarının oluşturduğu partikül hareketlerine ve ses basıncına karşı oldukça hassas olduğu bilinmektedir (Tasker ve diğ., 2010). İnsanlar tarafından üretilen sualtı gürültüsü farklı kaynaklardan üretilmektedir

Bunlar;

1. Denizde kullanılan araçlardan
2. Kısa ve orta frekansta şiddetli sonarlardan
3. Kazık çakmalar
4. Diğer sonarlar (balıkçılık için kullanılan ya da derinlik sonarı gibi)
5. Deniz dibi taramaları
6. Deniz dibi delmeleri
7. Balıkçılık ağları
8. Patlamalar
9. Eğlence amaçlı kullanılan araçlar
10. Akustik engelleyiciler
11. Hava araçları (Aircraft) sıralanabilir.

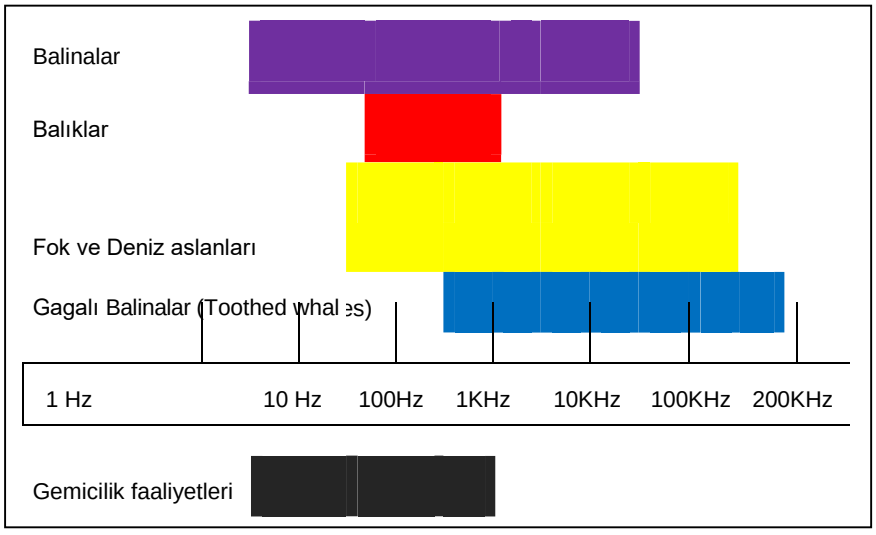
Denizcilik faaliyetlerinden kaynaklanan gürültü (ses) frekansları deniz canlılarının ürettikleri ses frekansları ile örtüşmekte ve canlılar üzerinde fizyolojik, algıda bozulma ve davranışlarda bozulmalara neden olmaktadır (Tasker vd., 2010). Bu etkiler ve canlılarda görülen hasarlar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1 Sualtı Gürültüsünün Deniz Canlılarına Etkisi

Etki Şekli	Etkisi
1.Fizyolojik a-İşitsel olmayan	• Organlarda hasara neden olabilir • Gaz embolisine neden olabilir • Yağ embolizmasına neden olabilir • Hava keseleri ve diğer organlarına zarar verebilir.
b-İşitsel (duyma kaybı)	• Duyma organlarında önemli hasar oluşumu • Denge organlarında travma • Balık hücrelerinde (hair cells) hasar • Kalıcı duyma bozukluğu
2. Algısal	• İletişimin maskelenmesi (con-spesific) • Biyolojik olarak önemli diğer seslerin maskelenmesi
3. Davranışsal	• Normal davranışlarda bozulma (beslenme üreme gibi) • Davranış değişikliği • Yer değişikliği • Adaptasyon uyumsuzluğu

(Tasker vd., 2010)

İnsan kaynaklı ses farklı frekanslarda üretilmektedir. İnsan kaynaklı gürültü (sesin) kesikli (impulsive) olabildiği gibi sürekli de olabilir. Kesikli gürültü bazı durumlarda periyodik ve uzun süreli olursa o durumda sürekli gürültü kaynakları ile karıştırılabilir. Üretilen bu seslerin farklı türlerdeki deniz canlıları üzerinde farklı şekillerde etkilediği bilinmektedir. Farklı kaynaklarda üretilen seslerin izlenmesi ve deniz ortamı gürültü seviyesinin bilinmesi oldukça uzun bazı durumlarda çok zor çalışmalar gerektirmektedir (Tasker ve diğ., 2010). Üretilen seslerin frekansları ile deniz canlıların ürettiği ses bantlarının bir karşılaştırması Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1 Denizcilik Faaliyetlerinden Kaynaklanan Düşük Frekanslı Ses Bandı ve Deniz Canlılarının Ürettikleri Ses Frekans Aralığı (Tasker ve diğ., 2010)

2 AMAÇ

Su altı gürültüsü özellikle canlı yaşam fonksiyonları ve popülasyonlarını etkilemektedir. Bilimsel olarak ispatlanmış olan bu tez doğrultusunda, denizlerin iyi çevresel durum tanım ve hedefleri içinde değerlendirilmeye başlanmıştır. Bu kapsamda, Avrupa denizleri ve bölgesel denizlerde çalışmalar hem yönetimsel olarak hem de bilimsel/teknik olarak sürdürülmektedir. Tablo 2'de AB ve Bölge Denizlerinde bu çalışmaların yoğunlaştığı konular ve yaklaşımlar özetlenmiştir. Burada dikkat çekici unsur özellikle UNEP/MAP – IMAP kapsamında ilgili göstergelerin "aday göstergeler" olarak dikkate alındığı ve bunun resmi olarak onaylandığıdır. Bu kapsamda, UNEP/MAP, ACCOBAMS ile birlikte Akdeniz'de ilgili çalışmaları yürütmekle yükümlüdür ve her bir üye ülke için konunun dikkate alınmasını gerekli hale getirmiştir. ACCOBAMS ile BSC arasında da benzer bir işbirliğinin geliştirileceği öngörülebilir.

Tablo 2 AB Direktifleri ve Bölgesel Deniz Sözleşmelerinde Sualtı Gürültüsünün Değerlendirilmesi

AB- DSÇD (11. İÇD Tanımlayıcısı olarak) Tanımlı özellikler/göstergeler	**AB - SÇD**	**AB-HD**	**UNEP/ MAP - IMAP (ACCOBAMS ile) (2015)** Aday göstergeler	**BSC – BSIMAP (2016)** Yaklaşım	**OSPAR** Yaklaşım	**HELCOM** Alt programlar
-Belirli bir yüzeyde bir yıl boyunca antropojenik ses kaynaklarının deniz hayvanlarını etkileyebilecek seviyenin üstüne çıktığı günlerin oranı ve dağılımı, -Gözlem istasyonları/uygun modeller aracılığıyla ölçülen ortam gürültüsünün 1/3 oktav 63- 125 Hz frekansı değişim ve yönelimleri	-	-	-Deniz memelileri üzerinde belirgin bir etkiye sahip olan yüksek, düşük ve orta frekans kesikli sesin seviyeyi aştığı günlerin ve coğrafik dağılımın oranları, -Uygun olduğu durumlarda modeller kullanılarak düşük frekans sürekli sesin seviyesi	Kirlilik değerlendirmesinin parçası olarak ele alınıyor. Seviye tespitine yönelik çalışma yapılması gerekiyor	Gürültü yaratan antropojenik faaliyetlerin genel bilgisinin ÇED raporları, izinler ve lisanslar üzerinden incelenmesi, Bir ortama ait gürültü izleme istasyonları ağının kurulması ve uygun modelleme tekniklerinin kullanılması	Ortam gürültüsü haritalaması (BIAS Project)- baseline çalışması, izlemeler organize ediliyor. Süreli-kuvvetli gürültü kayıtlarının oluşturulması. ICES registry: OSPAR ve HELCOM için

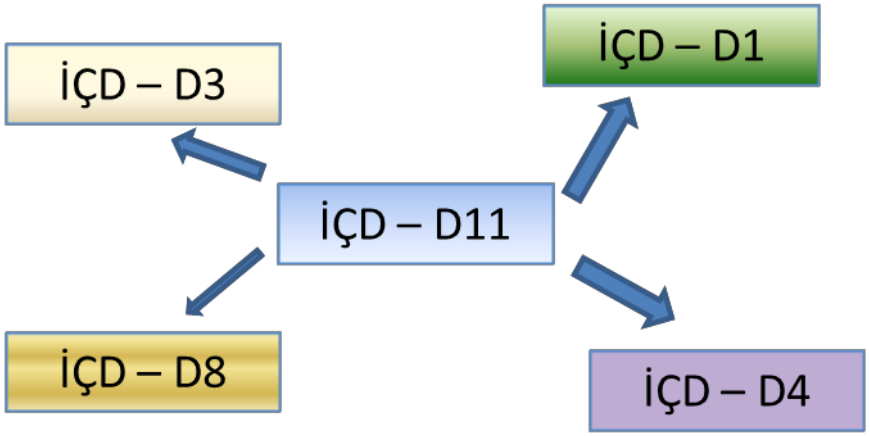
Küresel ölçekte ise, sualtı gürültüsü ve etkileri, Göç eden Türler Sözleşmesi (Convention of Migratory Species, CMS), Uluslararası Balina Komisyonu (The international Whaling Commission (IWC)) ve Uluslararası Doğa Koruma Birliği (The international Union for Conservation of Nature (IUCN) 'nin ilgi ve faaliyet alanları içinde yer almaktadır.

Bu İÇD tanımlayıcısı canlı popülasyonları odaklı olup özellikle ekosistem bileşen ve fonksiyonları üzerinde etkilerinin takibi açısından önemlidir. Dolayısı ile İÇD değerlendirmelerinde birlikte düşünülmesi gereken diğer durum ve baskı tanımlayıcı ve göstergeleri mevcuttur. Bu ilişkiler Tablo 3 ve Şekil 2 ile özetlenmiştir.

Tablo 3 Sualtı gürültüsünün diğer DSÇD - İÇD Tanımlayıcıları ile ilişkisi

Ekosistem bileşenleri ve fonksiyonları	**DSÇD –İÇD "Baskı" Tanımlayıcıları**	D2. Yabancı türler	D5. Ötrofikasyon	D7. Hidrografik değişimler	D8. Kirleticiler	D9. Deniz ürünlerindeki kirleticiler	D10. Deniz çöpü	D11. Gürültü ve enerji
	DS ÇD - IÇD "Durum" Tanımlayıcıları							
Pelajik/haraketli türler (plankton, balık, memeliler, sürüngenler, kuşlar)	D1.Biyoçeşitlilik D3.Ticari balık ve kabuklular D4.Besin ağı							

Hem besin ağı göstergeleri (D4) hem de biyoçeşitlilik (D1) ile iç içe geçmiş bir ilişki söz konusudur. Balık popülasyonlarına olabilecek etkileri de ticari deniz ürünleri (D3) ile ilişkilendirilir. Bu tanımlayıcının bir diğer baskı tanımlayıcısı olan kirleticiler ile ilişkilendirilmesi de (gürültü girişinden çok enerji girişimi ile) yapılmıştır (Tasker, ve diğ. 2010).



Şekil 2 DSÇD- İÇD tanımlayıcısı D11 'in ilişkili olduğu diğer İÇD tanımlayıcıları

3 İZLEME STRATEJİSİ: Yöntem ve yaklaşımlar

İÇD-DSÇD'ye göre su altı gürültüsü kesikli sesler (impulsive noise) ve ortam gürültüsü (ambient noise) olarak iki ana gösterge altında izlenmektedir.

T11.1: Kesikli sesler yüksek yoğunlukta düşük ve orta frekans bandında bulunan seslerdir.

T11.2: Ortam gürültüsü ise 1/3 oktav bandı 63 ve 125 Hz (1μPa RMS; yılda ortalama gürültü seviyesi) olarak tanımlanmıştır.

3.1 DSÇD Yaklaşımı

Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi çerçevesinde sualtı gürültüsü ve enerji izleme çalışmaları için oluşturulan alt çalışma grubu TSG Noise (Technical Subgroup on Underwater Noise and other forms of energy) hazırladıkları raporlarda sualtı gürültüsü için göstergeleri tanımlayarak bu göstergelerin izlenmesine yönelik ölçme yöntemleri ve değerlendirmelerinin nasıl yapılacağına dair bilgileri AB'nde yapılan uygulamalardan örneklerle birlikte belirtmişlerdir. Üç bölüm halinde yayınlanan "Monitoring Guidance for Underwater Noise" (Dekeling ve diğ., 2013a,b,c) bu konuda daha kapsamlı bilgi içermektedir. Aşağıda bu iki gösterge için tanımlamalar ve ölçüm teknikleri hakkında bilgi verilmiştir.

Darbe gürültüleri (Kesikli Sesler T11.1)

TSG Noise bu göstergenin seviyesi ve eğilimini belirlemek için ilk aşama olarak kayıt tutulmasını önermektedir. Hava tabancası, kazık çakma ekipmanı, patlayıcılar, ilgili frekanslarda sonar ve akustik cihazlar kesikli ses kaynakları olarak bilinir. Her kaynağın yaratacağı etki ve seviye farklı olabileceğinden eşik değerlerin de kayıtlarda olması gerekmektedir.

- Konum (enlem/boylam, bölge/alan):
- Tarih:
- Ses kaynağının özellikleri:
- Ses kaynağının seviyesi

Ek olarak aşağıdaki özellikler de mümkünse kaydedilebilir;

- Kaynağın spektrası
- Tekrarlama aralığı
- Ses iletiminin süresi (gerçek zaman/periyot)
- Sesin yönelimi
- Kaynağın derinliği
- Platformun hızı

Alçak frekanslı sualtı ortam gürültüsü (D11.2)

TSG Noise üye ülkeler için model ve ölçümlerin birlikte kullanılarak ses haritaları elde edilmesini önermektedir. Bu göstergede tanımlanmış frekans aralığındaki ses seviyesi ve eğilimini ancak en iyi bu yolla değerlendirmek mümkündür. Model ve ölçümlerin birlikte kullanılmasının daha güvenilir ve daha az masraflı olması etkendir. Ancak ölçüm istasyonları ve modeller dikkatlice seçilmelidir.

1. Ölçümlere göre eğilim belirlemek çok uzun zaman alır (yıllarca ölçüm yapma gereği) ve ölçüm yaparken kullanılan ekipmandan (gemi vs.) kaynaklanan bir girişim söz konusu olabilir. Derin sularda 0.1dB seviyesindeki ölçümleri yapmak oldukça hassas cihazlarla mümkündür.
2. Model kullanmak ölçüm yapılacak istasyon sayısını azaltır ve dolayısıyla masraf daha düşük olur.
3. Model, izleme konumunu ve cihaz seçimini belirlemeye yardımcı olur. Ölçüm yapılırken de nelere dikkat edilmesi konusunda fikir verir. Böylelikle az sayıda noktalarda yapılan ölçümlerle bir bölgenin gürültü haritası çıkarılabilir.

Gürültü haritası elde etmek için kullanılacak modellerde aşağıdaki parametrelere ihtiyaç vardır:

- Kaynaklar için model (farklı kaynakların ses spektraları)
- Gemilerin AIS bilgisi
- Akustik yayılımı belirlemek için ortam şartları (deniz tabanı yapısı vs.)
- Sıcaklık değişimi

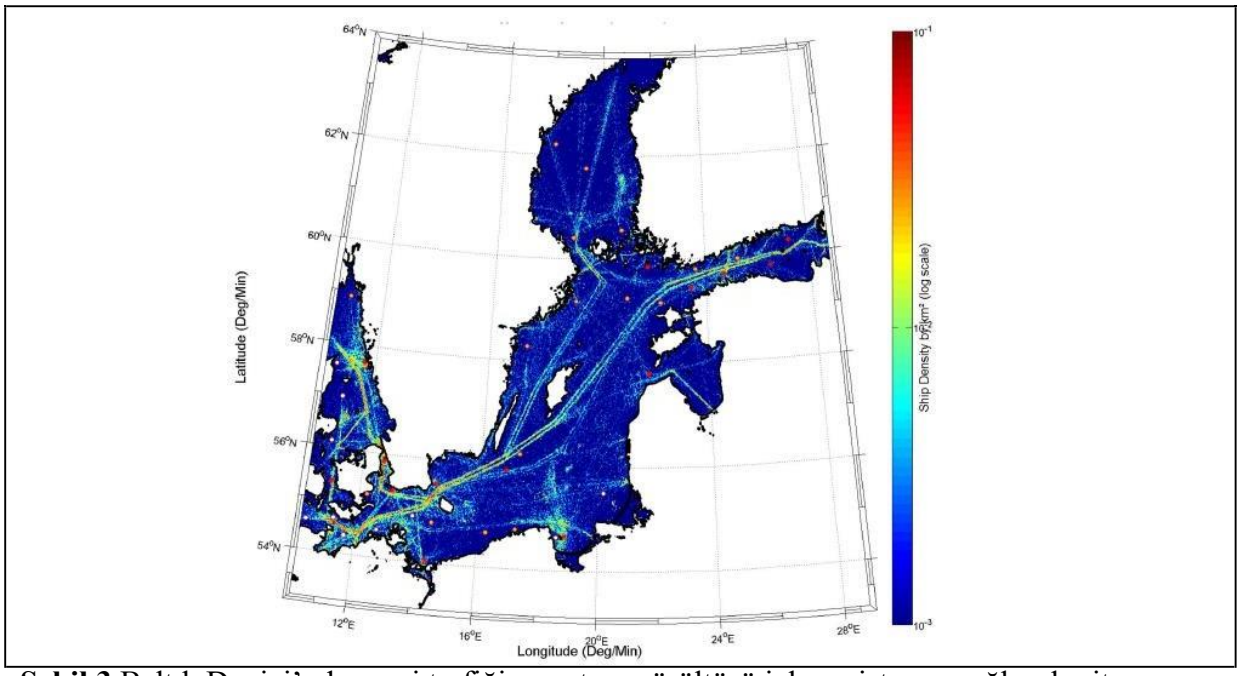
Ölçüm verileriyle modelin kalibrasyonunun yapılması gerekir. Model için aşağıdaki teknikler kullanılabilir;

- Helmholtz denklemi
- Parabolik denklem
- Normal mod yaklaşımı
- Dalga sayısı toplamı
- Yol izleme
- Enerji akı modeli
- Sınırlı sonlu elementler ve sonlu farklar

3.2 AB 'de yapılan çalışmalar

DSÇD (MSFD 2008/56/EC) ile birlikte D11 sualtı gürültüsü ve enerji girişleri İyi Çevresel Durum (İÇD) belirlemede yerini aldıktan sonra bu konuda yapılan araştırmalar, cihaz geliştirmeler ve uygulama teknikleri önem kazanmıştır. TSG Noise tarafından hazırlanan 'Monitoring Guidance for Underwater Noise: Part III' kılavuzunda ulusal ve bölgesel ortak kayıt oluşturmaya yönelik çalışmalardan bahsedilmiştir. Ölçme detaylarının ayrıntılı olarak yer aldığı bu kılavuzda İngiltere,

İrlanda ve Hollanda'dan gelen kayıtlar ile bir gürültü haritası oluşturmak hedeflenmiştir. Daha çok sismik çalışmalar ve bu esnada özellikle deniz memelilerinin nasıl etkilendiklerinin ortaya çıkarıldığı çalışmalar yapılmıştır (Dekeling vd., 2013c). Aynı raporda Hollanda tarafından gemi trafiği ve su altındaki patlamaların neden olduğu bir gürültü haritası oluşturulmuştur. İrlanda EPA tarafından desteklenen ve Fransa, Quite Oceans ve İrlanda, CMRC (Coastal and Marine Resources Centre) tarafından gerçekleştirilen STRIVE Noise araştırma programı mevcut çevresel ve antropojenik verilerden mevsimsel ortam gürültüsü atlası oluşturmayı hedeflemektedir. BIAS (Baltic Sea Information on the Acoustic Soundscape) programı kapsamında da Baltık Denizi ortam gürültüsü haritası oluşturulmuştur (Şekil 1). Almanya'da araştırıcılar SEANAT (Subsea Environmental Acoustic Noise Assessment Tool) ile ortam gürültüsü ve ilişkili ses kaynaklarının haritasının oluşturulduğu bir bilgisayar programı geliştirmişlerdir. Sualtı gürültüsü ile ilgili AB'nde yapılan çalışmalara göre henüz çok az veri olduğu, Fransa Akdeniz sahilleri gibi belirlenebilen yerlerde bu tanımlayıcının baskısının orta ve yüksek değerde olduğu, canlılara etkisinin ise sadece laboratuvar koşullarında belirlenebildiği PERSEUS projesi kapsamında belirtilmiştir (Crise ve ark., 2015).



Şekil 3 Baltık Denizi'nde gemi trafiği ve ortam gürültüsü izleme istasyon ağları haritası (BIAS Projesi).

AB'nde yapılan bütün bu araştırmalar ortam gürültüsü ve kesikli seslerin çevresel koşullara göre ve modeller yardımıyla haritalarını oluşturmak ve deniz canlılarının nasıl etkilendiğini ortaya çıkarmak için başlangıç çalışmaları sayılmaktadır.

3.3 Türkiye'de durum

DSÇD D11 su altı gürültüsü tanımlayıcısında belirtilen göstergelere uygun ülkemizde bilinen tek araştırma İTÜ Telekomünikasyon Mühendisliği, Elektronik Haberleşme ABD'de yapılan bir tez çalışmasıdır. İstanbul Boğazı Sualtı Ortam Gürültüsünün İncelenmesi ve Modellenmesi isimli bu tez çalışmasında sualtı ortam gürültüsünü kaydedebilmek için özgün bir sistem tasarlanmıştır. Sistem, 8 adet tüm-yönlü hidrofonun eşit aralıklarla dizilerek oluşturduğu 30 metre uzunluğunda düşey bir hidrofon dizisi, su sızdırmaz muhafaza içerisine yerleştirilmiş analog/sayısal dönüştürücü kartlar, gömülü bilgisayar, güç sistemleri ve veri iletim sistemlerinden meydana gelmektedir. Tüm sistem yaklaşık 1.5 metre çapında silindirik şamandıra içerisine yerleştirilmiş ve şamandıra belirlenen konumda dört noktadan beton bloklarla sabitlenerek sürekli veri toplayacak şekilde tasarlanmıştır. Sistemin kıyıdaki istasyon ile veri ve enerji bağlantısı, içerisinde fiber optik ve bakır teller bulunduran 500 metre sualtı kablosundan sağlanmaktadır.

Bunun dışında daha çok askeri amaçlarla ortam gürültüsü kaydedilmektedir. Türkiye'nin ilk Milli Sonar Transdüser Prototipi (TBT-01 Ver:1.01) Savunma Sanayii Müsteşarlığı (SSM) tarafından kabul edilmiştir (Mayıs 2008). MİLGEM 1. Gemisine montajı 19 Ekim – 6 Kasım 2009 tarihleri arasında MİLGEM Proje Ofisi tarafından gerçekleştirilmiştir.

Ayrıca TÜBİTAK tarafından desteklenen İstanbul Boğazı'nda yapılan çalışmada ortam gürültüsü ve farklı gemi geçişlerinden kaynaklanan gürültünün 5000 Hz frekansındaki farklılıkları oraya konmuştur (Isabekov ve ark., 2009).

DEKOS projesi kapsamında su altı gürültüsü ile ilgili yapılan çalışmada ülkemizde yapılan araştırmalar, olası gürültü kaynakları ve bunlardan etkilenebilecek canlıların haritaları verilmiştir. Bu rapora göre tüm Türkiye kıyılarında mevcut baskıların yerleri ve şiddetin göreceli olarak miktarı bilinmektedir. Sadece bu baskıların neden olduğu su altı gürültü miktarları hakkında bir bilgi kıyılarımız için mevcut değildir. Kıyılarımızda yaşayan koruma altında bulunan canlıların yerleri de yine yapılan çalışmalarla tanımlanmıştır. Bu alanlara gelen canlıların su altı gürültüsünden etkilendikleri frekanslar yapılan çalışmalarla belirlenmiştir. Tüm bu verilerin ışığı altında aslında tehdit altındaki alanlar ve baskı unsurları tanımlanmıştır.

3.4 Ülke ihtiyaçları

Ülkemiz denizlerinde AB'nde yapılan çalışmalara benzer bir çalışmaya rastlanmamıştır. Oysa ülkemizin konumu itibari ile balık göç yollarını barındırıyor olmasından dolayı bu konuda detaylı çalışmaların yapılması ve deniz canlılarına etkilerinin ortaya çıkarılması gerekmektedir. İzleme sistemlerinin kurulmasıyla ortam gürültüsünün deniz canlıları özellikle sularımızda yaşayan canlılar üzerindeki etkilerinin araştırılması ve bir çalışma takvimi oluşturulması oldukça önemlidir.

Ayrıca DSÇD kapsamında "İyi Çevresel Seviye" uygulamasının yapılması için veri bulunmamaktadır. DEKOS Projesi'nde de belirtildiği gibi su altı gürültüsü izleme stratejisi aşama aşama geliştirilmelidir. İzleme stratejisi 5 aşamalı olarak gerçekleştirilebilir.

1. Aşama (Bilgisayar Modellemesi)

AIS verisi ile gemi trafiği bilgisinin belirlendiği bir bilgisayar modeli üzerinde gemi trafiğine bağlı olarak gürültünün dağılımı modellenmelidir. Türk Boğazlar Sistemi pilot bölge olarak çalışılmalıdır. TBS yoğun gemi trafiği ve sessiz bölgeleri de dikkate alındığında geniş bir gürültü değişkenliği göstermektedir. Pilot bölge için bilgisayar modeline girdi olacak gürültü kaynakları ve özellikleri belirlenmelidir. Bilgisayar modelinde daha sonra diğer gürültü kaynaklarının etkileri de ayrı ayrı olarak modellenmelidir. Bilgisayar model çıktıları daha önce yapılan ölçüm sonuçları ile karşılaştırılmalıdır.

2. Aşama (Kısa Süreli Ölçümler)

Pilot bölge içerisinde kısa süreli ölçümler yapılarak bilgisayar modeline girdiler sağlanmalı ve değişken ortam şartlarına bağlı olarak modelde beklenen gürültü seviyesi ile ölçülen gürültüler karşılaştırılmalıdır.

3. Aşama (Orta süreli ölçümler)

Seçilen alanda yapılan pilot çalışma; Farklı ses frekanslarında özellikle ölçülmesi göreceli olarak daha kolay, gemi trafiğinden kaynaklanan gürültüleri ve ortam gürültüsünü (referans) ölçebilecek frekans aralığı seçilmelidir. Yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde bu aralığın 10 Hz-10KHz aralığı olması uygun görünmektedir (Tasker ve diğ., 2010). Bu kapsamda temin edilen hidrofonlarlar mevsimsel olarak (sıcaklık değişimine bağlı farklılıkları ve canlıların üreme, beslenme, göç gibi fizyolojik faaliyetlerinden kaynaklı değişimleri ölçebilmek için), her defasında 1'er haftalık sürekli ölçüm yapılarak ortam gürültüsü ölçümleri yapılmalıdır. Bu çalışmalar değerlendirilerek seçilen alan ve zamanın doğruluğu tespit edilir ve ilk veriler toplanır.

4. Aşama (Ölçüm alanlarının seçilerek çoğaltılması)

Dört farklı deniz alanından (Karadeniz, Marmara Denizi, Ege Denizi, Akdeniz) seçilen koruma altındaki alanlar ve trafiği yoğun alanları temsil eden az sayıda istasyonda çalışmalar planlanmalıdır. Birinci aşama çalışmaları tamamlandığında elde edilen sonuçlar bu aşamaya yön verecektir. Bu çalışmanın planlanması için birinci aşamanın tamamlanması ve veri setinin doğru olarak yorumlanması zorunludur.

5. Aşama (Seçili ölçüm alanlarında uzun süreli ölçümler)

Dört farklı deniz alanından seçilen pilot liman, koruma altındaki alan ve trafik yoğunluğu fazla olan alanlarda sürekli ölçüm yapabilecek sistemlerin kurulması. Su altı gürültü ölçüm cihazlarının pahalı, ölçümlerin oldukça zor, emek yoğun ve ileri teknoloji gerektiren sistemler olması sebebiyle son aşamanın başlangıçta bu aşamalar uygulanmadan yapılabilir olması uygun görünmemektedir.

Nihai olarak, ülkemizi çevreleyen denizlerin ortam gürültü haritalarının oluşturulması için denizcilik faaliyetlerinin yoğunlaştığı bölgeleri içerecek şekilde ve bölge denizlerindeki işbirliklerinin oluşturulması yolu ile çalışmalar (survey şeklinde) yapılması ve bu çalışmaların daha ucuz ve kapsamlı hale getirilebilmesi için modelleme çalışmalarının da yapılması hedeflenmelidir.

KAYNAKLAR

Crise, A., Kaberi, H., Ruiz, J., Zatsepin, A., Arashkevich, E., Giani, M., Karageorgis, A. P. et al. 2015. A MSFD complementary approach for the assessment of pressures, knowledge and data gaps in Southern European Seas: The PERSEUS experience. Marine Pollution Bulletin, 95: 28–39.

Dekeling RPA, Tasker ML, Ainslie MA, Andersson M, André M, Castellote M, Borsani, JF, Dalen J, Folegot T, Leaper R, Liebschner A, Pajala J, Robinson SP, Sigray P, Sutton G, Thomsen F, Van der Graaf AJ, Werner S, Wittekind D, Young JV (2013a, b, c). Monitoring Guidance for Underwater Noise in European Seas - 2nd Report of the Technical Subgroup on Underwater noise (TSG Noise). Part I – Executive Summary. Interim Guidance Report. 12pp. Part II Monitoring Guidance Specifications. Interim Guidance Report. 26pp. Part III Background Information and Annexes. Interim Guidance Report. 66pp. available online: https://circabc.europa.eu/w/browse/0e019015-9373-4287-a04b-122797a69d99

Isabekov, A., Baykut, S. ve Akgül,l T.,2009. Sualtı Ortam Gürültüsünün Görgül Kip Ayrışımı Yöntemi ile Analizi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü TUBİTAK Projesi (Proje No: 106Y090).Richardson, W.J., Greene,
C.R. Jr., malme, C.I., Thomson, D.H., 1995. Marine mammal and noise. Akademic pres. ISBN-13: 978-0-12-588441-9. USA, 558 sayfa.

Richardson, W.J., Greene, C.R. Jr., malme, C.I., Thomson, D.H., 1995. Marine mammal and noise. Akademic pres. ISBN-13: 978-0-12-588441-9. USA, 558 sayfa.

Tasker M., M. Amundin, M. Andre, A. Hawkins, W. Lang, T. Merck, A. Scholik-Schlomer, J. Teilmann, F. Thomsen, S. Werner Marine Strategy Framework Directive Task Group 11 Report: underwater noise and other forms of energy JRC Scientific and Technical Reports (2010), p. 55.

Deniz ve Kıyı Suları Kalite Durumlarının Belirlenmesi ve Sınıflandırılması Projesi (DeKoS). ÇŞB-ÇYGM ve TÜBİTAK-MAM (2014). ÇTÜE 5118703, Rapor No. ÇTÜE.13.155 (Sonuç Raporu), Şubat 2014, Gebze-Kocaeli.

T.C. ÇEVRE VE
ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI