

T.C
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

RİZE İLİNDEKİ ATIKSU DERİN DENİZ DEŞARJLARININ
PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ VE ALTERNATİF ÖNERİLER



YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÖZGE KÖKSAL

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

MAYIS 2016

SAMSUN



T.C.

ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

RİZE İLİNDEKİ ATIKSU DERİN DENİZ DEŞARJLARININ
PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ VE ALTERNATİF ÖNERİLER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Özge KÖKSAL

13210445

Tezin Savuma Tarihi : 27/05/2016

Tez Danıőmanı : Prof. Dr. Yüksel ARDALI

Bu Yüksek Lisans Tez alıőması, 05/04/2015 - 05/12/2015 tarihleri arasında yapılan evre ve şehircilik Bakanlığı ile Ondokuz Mayıs niversitesi evre Mühendisliği Bölümünün birlikte yürüttüğü Derin Deniz Deşarjı Tasarım Kriterlerinin Belirlenmesi Projesi ile desteklenmiő olup proje kapsamında üretilen her türlü veri, rapor ve benzeri bilgi ve belgenin bütün hakları saklıdır.

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında

Özge KÖKSAL Tarafından Hazırlanan

**RİZE İLİNDEKİ ATIKSU DERİN DENİZ DEŞARJLARININ
PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ VE ALTERNATİF
ÖNERİLER**

**başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından 27/05/2016 tarihinde yapılan sınav ile
YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.**

Başkan : Prof. Dr. Yüksel ARDALI
Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Jüri Üyeleri : Prof. Dr. N. Gamze TURAN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Fulya AYDIN TEMEL
Giresun Üniversitesi

.../.../2016

Prof. Dr. Hüseyin DEMİR

Enstitü Müdürü

Aileme,



ÖNSÖZ

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda hazırlanan bu yüksek lisans tezi çalışmasında, “Rize İlindeki Atıksu Derin Deniz Deşarjlarının Performanslarının İncelenmesi ve Alternatif Öneriler” konusu ele alınmıştır.

Bu konular hakkında bilgi sahibi olmamı sağlayan, yüksek lisans öğrenimim sırasında ve tez çalışmalarım boyunca ilgisini, desteğini ve engin bilgilerini benden esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Yüksel ARDALI'ya teşekkürlerimi borç bilirim. Çalışmalarımın başından beri yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Tolga AYERİ, Kübra KÜÇÜK ve Büşra POYRAZ'a en içten dileklerle teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu süreçte hep yanımda olan aileme ve tüm bölüm hocalarıma desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Mayıs 2016

Özge KÖKSAL

Çevre Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
KISALTMALAR	xii
RİZE İLİNDEKİ ATIKSU DERİN DENİZ DEŞARJLARININ	xiii
PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ VE ALTERNATİF ÖNERİLER.....	xiii
ÖZET.....	xiii
INVESTIGATION OF THE PERFORMANCE OF DEEP SEA OUTFALL SEWER AND ALTERNATIVE SOLUTIONS IN RİZE PROVINCE	xiv
ABSTRACT	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1 Karadeniz Ekosistemi	6
2.2 Karadeniz Ekosistemi'nde Fiziksel, Biyokimyasal ve Ekolojik Şartlar.....	8
2.3 Karadeniz'in Genel Kirlilik Durumu	11
2.3.1 Karadeniz'in ekolojik sorunları	14
2.4 Akıntı (Dolaşım) Özellikleri	15
2.5 Klorofil-a Konsantrasyonu	20
2.6 Derin Deniz Deşarj Sistemlerinin Denizel Ekosistemlere Etkisi	24
2.6.1 Baskıların belirlenmesi	25
2.6.2 Evsel DDD sistemlerinin Karadeniz ekosistemine etkileri.....	27
2.7 Derin Deniz Deşarjı Tasarım Kriterleri.....	29
2.7.1. Deşarj borusu yönünün ve boyunun belirlenmesi.....	29
2.7.2 Deşarj borusu çapının belirlenmesi.....	32
2.7.3 Difüzör yönünün belirlenmesi	33
2.7.4 Difüzör boyunun belirlenmesi	33
2.7.5 Difüzör çıkış delik özelliklerinin belirlenmesi.....	33
2.7.6. Deliklerin çap, aralık sayıları	33
2.7.7 Seyrelme hesapları	34
2.7.7.1 Seyrelme (Yakın alan seyrelmesi).....	35
2.7.7.2 Seyrelme (difüzyon yolu ile seyrelme)	36
2.7.8. Derin deniz deşarjı sistemlerinin çevresel tasarımı.....	39

3. MATERYAL VE YÖNTEMLER.....	40
3.1 Çalışma Alanı	40
3.2 DDD Sistemlerinin Mevcut Durumu	41
3.2.1 Rize-İslampaşa DDD Hattının Mevcut Durumu.....	41
3.2.2 Rize-Fındıklı DDD hattının mevcut durumu	43
3.2.3 Rize-Pazar DDD hattının mevcut durumu	44
3.2.4 Rize-Çayeli DDD hattının mevcut durumu	44
3.3 Seyrelme hesapları	45
3.3.1 Rize-İslampaşa DDD hattının seyrelme hesapları	45
3.3.2 Rize-Fındıklı DDD hattının seyrelme hesapları.....	49
3.4 Arıtma Yöntemleri	52
3.5 Su Örneklerinin Alınması.....	57
3.6 Numune Alma Koruma ve Analiz Yöntemleri.....	60
3.6.1 Atıksu numuneleri.....	61
3.6.2 Deniz suyu numuneleri	61
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	63
4.1 Derin Deniz Deşarjı Hatlarının Girişinden Alınan Atıksu Örneklerinde Yapılan Analizlerin Tablo 22'ye göre Değerlendirilmesi.....	63
4.2 Deniz Suyu Analiz Sonuçlarının SKKY Tablo 4 ve Tablo 23'de Yer Alan Kriterler Açısından Değerlendirilmesi	65
4.2.1 Deniz suyunda askıda katı madde (AKM) değişimleri ve değerlendirilmesi.....	65
4.2.2 Deniz Suyunda Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅) değişimleri ve değerlendirilmesi.....	67
4.2.3 Deniz suyunda amonyak değişimleri ve değerlendirilmesi	68
4.2.4 Deniz suyunda klorofil-a değişimleri ve değerlendirilmesi.....	69
4.2.5 Deniz suyunda ağır metallerin değişimleri ve değerlendirilmesi.....	70
4.2.6 Deniz suyunda koliform değişimleri ve değerlendirilmesi	74
4.3 CTD (İletkenlik, Sıcaklık, Derinlik) Değerlendirmesi	76
4.3.1 Karadeniz sıcaklık tabakalaşması mevcut durumu	76
4.3.2 CTD sonuçlarının değerlendirmesi	78
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	88
6. KAYNAKLAR	91
7. EKLER.....	94
ÖZGEÇMİŞ.....	99

ÇİZELGELER LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Evsel atıksu debilerine göre minimum deşarj boru boyu.....	30
Çizelge 2.2. Pomeroy formülündeki a katsayıları.....	31
Çizelge 3.1. Numune alma noktalarının derinlikleri.....	60
Çizelge 4.1. SKKY'ye göre Tablo 22'de mevcut parametrelerin örnekleme noktalarındaki değerleri.....	64
Çizelge 4.3. DDD sistemi girişinde evsel atıksuların özellikleri.....	83
Çizelge 4.4. Karadeniz Bölgesi'nde (Rize-İslampaşa/ Rize-Fındıklı) mevcut olan hasas, az hassas, gri alanlar incelemesi ve mevzuatta uygulanması istenilen arıtma tipi.....	84
Çizelge 4.5. Envanter sonuçlarına göre arıtma sistemi önerileri.....	85
Çizelge 4.6. Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliğine belirtilen nüfus aralıklarına göre arıtma teknolojileri.....	86
Çizelge A.1. Atıksuda analizi yapılan parametreler ve analiz yöntemleri.....	94
Çizelge A.2. Deniz suyunda analizi yapılan parametreler ve analiz yöntemleri...	95
Çizelge A.3. Deniz suyunun genel kalite kriterleri.....	97
Çizelge A.4. Derin deniz deşarjına izin verilebilecek atıksuların özellikleri.....	98
Çizelge A.5. Derin deniz deşarjları için uygulanacak kriterler.....	98

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. Karadeniz coğrafyası, dip topoğrafyası ve akıntıları.....	7
Şekil 2.2. Karadeniz'in batimetri haritası ve anoksiya.....	10
Şekil 2.3. Üst tabaka dolaşım sisteminin büyük yarı kalıcı/tekrarlayan özelliklerini gösteren diyagram	17
Şekil 2.4. Karadeniz sıcaklık, tuzluluk ve potansiyel yoğunluk profilleri ile vertikal değişimleri	18
Şekil 2.5. 2001-2011 yılları için elde edilen yıllık sıcaklık değişimleri	19
Şekil 2.6. Uzun vadeli değişim grafiği	21
Şekil 2.7. Aylık ortalama a) yüzeyaltı klorofil-a maksimum derinliği ve b) yüzeyaltı klorofil-a maksimum konsantrasyonu	21
Şekil 2.8. Karadeniz'de gözlenen iki klorofil-a yaz vertikal profili.....	22
Şekil 2.9. Sabit piknoklin ve mevsimsel termoklinin a) Batı b) Doğu siklonik girdaplarındaki üst sınırları	23
Şekil 2.10. Üst 5 m derinlikteki tabakada klorofil-a konsantrasyonu.....	23
Şekil 2.11. Boru boyunun hesaplanması için Pomeroy formül abağı.....	31
Şekil 2.12. Seyrelme hesabı ile deşarj boru çapının belirlenmesinde kullanılan abak.....	32
Şekil 2.13. DDD sisteminde S1, S2, S3 seyrelmeleri.....	35
Şekil 2.14. Seyrelme hesabı için abak.....	37
Şekil 2.15. Seyrelme hesabı için abak.....	38
Şekil 2.16. Derin deniz deşarj sistemlerinin çevresel tasarımı akım şeması.....	39
Şekil 3.1. Rize ili siyasi haritası	40
Şekil 3.2. Rize-İslampaşa ve Rize-Fındıklı DDD hatları	41
Şekil 3.3. Rize / Merkez İslampaşa DDD hattı örnekleme noktaları	42
Şekil 3.4. Rize Fındıklı DDD hattı örnekleme noktaları.....	43
Şekil 3.5. Mekanik ön arıtmadan sonra deşarj.....	54
Şekil 3.6. Kimyasal ön arıtmadan sonra deşarj.....	54
Şekil 3.7. İkinci kademe biyolojik arıtma ve/veya dezenfeksiyondan sonra deşarj.....	55
Şekil 3.8. Ön arıtmadan sonra mevsimlik deşarj.....	56
Şekil 3.9. Boyuna kademelendirme ile değişken ön arıtma.....	56
Şekil 3.10. Arazi darlığı bulunan ve kuvvetli akıntılı denizlere kıyısı olan sahil beldeleri için tipik arıtma sistemi.....	57
Şekil 3.11. DDD hattı boyunca numune noktalarının seçimi	58
Şekil 3.12. Rize-Merkez DDD hattı deniz suyu numune alma ve CTD ölçümleri.....	59
Şekil 3.13. Rize-Fındıklı DDD hattı deniz suyu numune alma ve CTD ölçümleri.....	59
Şekil 3.14. Envanter çalışmaları.....	60
Şekil 4.1. Temmuz-Eylül 2015 döneminde Rize- Fındıklı örnekleme istasyonunda evsel atıksuda ölçülen değerler.....	63

Şekil 4.2. Temmuz-Eylül 2015 döneminde Rize- İslampaşa örnekleme istasyonunda evsel atıksuda ölçülen değerler.....	64
Şekil 4.3. Rize - Fındıklı DDD hattı için deniz suyunda AKM (mg/L) değerleri (Yüzey örnekleri) (Temmuz-Eylül 2015).....	66
Şekil 4.4. Rize - İslampaşa DDD hattı için deniz suyunda AKM (mg/L) değerleri (Yüzey örnekleri) (Temmuz-Eylül 2015).....	66
Şekil 4.5. Rize - Fındıklı DDD hattı için deniz suyunda BOİ ₅ (mg/L) değerleri (Yüzey örnekleri) (Temmuz-Eylül 2015).....	67
Şekil 4.6. Rize - İslampaşa DDD hattı için deniz suyunda BOİ ₅ (mg/L) değerleri (Yüzey örnekleri) (Temmuz-Eylül 2015).....	68
Şekil 4.7. Rize - Fındıklı DDD hattı için deniz suyunda Amonyak (mg/L) konsantrasyon değerleri (Yüzey örnekleri) (Temmuz-Eylül 2015).....	68
Şekil 4.8. Rize - Fındıklı DDD hattı için deniz suyunda Klorofil-a (µg/L) konsantrasyon değerleri (Yüzey örnekleri) (Temmuz-Eylül 2015).....	69
Şekil 4.9. Rize - İslampaşa DDD hattı için deniz suyunda Klorofil-a (µg/L) konsantrasyon değerleri (Yüzey örnekleri) (Temmuz-Eylül 2015).....	69
Şekil 4.10. Rize - Fındıklı DDD hattı için deniz suyunda Bakır (Cu) (mg/L) konsantrasyon değerleri (Temmuz-Eylül 2015).....	70
Şekil 4.11. Rize - Fındıklı DDD hattı için deniz suyunda Krom (Cr) (mg/L) konsantrasyon değerleri (Temmuz-Eylül 2015).....	71
Şekil 4.12. Rize - Fındıklı DDD hattı için deniz suyunda Çinko (Zn) (mg/L) konsantrasyon değerleri (Temmuz-Eylül 2015).....	71
Şekil 4.13. Rize - Fındıklı DDD hattı için deniz suyunda Arsenik (As) (mg/L) konsantrasyon değerleri (Temmuz-Eylül 2015).....	72
Şekil 4.14. Rize - İslampaşa DDD hattı için deniz suyunda Bakır (Cu) (mg/L) konsantrasyon değerleri (Temmuz-Eylül 2015).....	72
Şekil 4.15. Rize-İslampaşa DDD hattı için deniz suyunda Kadmiyum (Cd)(mg/L) konsantrasyon değerleri (Temmuz-Eylül 2015).....	73
Şekil 4.16. Rize - İslampaşa DDD hattı için deniz suyunda Çinko (Zn) (mg/L) konsantrasyon değerleri (Temmuz-Eylül 2015).....	73
Şekil 4.17. Rize - Fındıklı DDD hattı için deniz suyunda Toplam Koliform (EMS/100 mL) konsantrasyon değerleri (Yüzey örnekleri) (Temmuz-Eylül 2015).....	74
Şekil 4.18. Rize - Fındıklı DDD hattı için deniz suyunda Fekal Koliform (EMS/100 mL) konsantrasyon değerleri (Yüzey örnekleri) (Temmuz-Eylül 2015).....	74
Şekil 4.19. Rize - İslampaşa DDD hattı için deniz suyunda Toplam Koliform (EMS/100 mL) konsantrasyon değerleri (Yüzey örnekleri) (Temmuz-Eylül 2015).....	75
Şekil 4.20. Rize - İslampaşa DDD hattı için deniz suyunda Fekal Koliform (EMS/100 mL) konsantrasyon değerleri (Yüzey örnekleri) (Temmuz-Eylül 2015).....	75
Şekil 4.21. Temmuz 2015 döneminde Rize-İslampaşa örnekleme istasyonunda sıcaklığın derinliğe göre değişimi.....	78
Şekil 4.22. Temmuz 2015 döneminde Rize-İslampaşa örnekleme istasyonunda iletkenliğin derinliğe göre değişimi	79
Şekil 4.23. Eylül 2015 döneminde Rize-İslampaşa örnekleme istasyonunda sıcaklığın derinliğe göre değişimi.....	79
Şekil 4.24. Eylül 2015 döneminde Rize-İslampaşa örnekleme istasyonunda iletkenliğin derinliğe göre değişimi.....	80

Şekil 4.25. Temmuz 2015 döneminde Rize-Fındıklı örnekleme istasyonunda sıcaklığın derinliğe göre değişimi.....	81
Şekil 4.26. Temmuz 2015 döneminde Rize-Fındıklı örnekleme istasyonunda iletkenliğin derinliğe göre değişimi.....	81
Şekil 4.27. Eylül 2015 döneminde Rize-Fındıklı örnekleme istasyonunda sıcaklığı derinliğe göre değişimi.....	82
Şekil 4.28. Eylül 2015 döneminde Rize-Fındıklı örnekleme istasyonunda iletkenliğin derinliğe göre değişimi.....	82



KISALTMALAR

Chl-a	: Klorofil-a
ÇO	: Çözünmüş Oksijen
SKKY	: Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği
TC	: Toplam Karbon
TP	: Toplam Fosfor
TN	: Toplam Azot
BOİ₅	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
SÇD	: Su Çerçeve Direktifi
DŞÇD	: Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi
SAP	: Stratejik Eylem Planı
BSIMAP	: Karadeniz Bütünleşik İzleme ve Değerlendirme programı
KAAY	: Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği
ERL	: Effect Range Low
CTD	: Conductivity Temperature Depth
DDD	: Derin Deniz Deşarjı

RİZE İLİNDEKİ ATIKSU DERİN DENİZ DEŞARJLARININ PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ VE ALTERNATİF ÖNERİLER

ÖZET

Derin denizdeşarjı sistemleri kıyıda alanda en sık kullanılan atıksu bertaraf yöntemidir. Bu çalışmanın amacı Rize ilinde bulunan mevcut atıksu toplama ve ön arıtım sonrası derin denizdeşarjlarının performanslarının araştırılmasıdır. Rize-İslampaşa ve Rize-Fındıklı ilçelerinde olmak üzere iki adet derin denizdeşarjı sistemi incelenmiştir.

Genel olarak sistemler incelendiğinde özellikle ızgaralarda problem olduğu, artan yağış durumlarında hattın yükü kaldıramadığı ve atıksuyun hiçbir işlem uygulanmadan by-pass yapıldığı gözlenmiştir. Özellikle pompa hasarlarının çok olduğu, sistemlerde kullanılan kelebek vanaların uygunsuz olduğu yerine bıçaklı ya da iğne uçlu vanaların kullanılmasının daha uygun olduğu gibi bazı işletme problemleri görülmektedir. Hatların pek çoğunda şamandıraların kopmuş olduğu yerinde bulunmadığı, detaylı incelenen bazı hatlarda difüzör bacalarının kırık olduğu da tespit edilmiştir. DDD uygulamalarının deniz ekosistemine verdiği olumsuz etkilerinin analiz edilebilmesi amacıyla tüm DDD uygulamalarının izlenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, mevcut izleme prosedürlerinin gözden geçirilmesi, daha etkin ve ülkemiz şartlarında uygulanabilir bir izleme yöntemi önerilmiştir. SKKY Tablo 4 ve Tablo 23'e göre alıcı ortamda izlenecek parametrelerden özellikle ağır metal başlığı altında olanlar için öncelikle difüzör etrafındaki 10 m alan içerisinde alınması, yılın aynı döneminde alınması ve öncelikle karşılaştırma yapabilmek için bu alanda ulusal referans değerlerimizin geliştirilmesi gerekliliği belirtilmiştir. Tesislerin debilerine bağlı olarak yılda iki ya da bir kez izlenmeleri, bu izlemelerde zehirlilik ve radyoaktivite değerlerinin mevcut tesisin durumuna göre istenmesi tüm DDD sistemlerinden istenmesinin kaynak kaybı olacağı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Derin Deniz Deşarjı, SKKY, Deniz Kirliliği.

INVESTIGATION OF THE PERFORMANCE OF DEEP SEA OUTFALL SEWER AND ALTERNATIVE SOLUTIONS IN RİZE PROVINCE

ABSTRACT

Wastewater discharges to marine environment by marine outfall systems are the most commonly used method of wastewater disposal in coastal regions. The aim of this study is investigate, the existing wastewater collection system and performance of pre-treatment after deep sea outfall in Rize. Rize-İslampaşa and Rize-Fındıklı deep sea outfall system, including two districts were examined.

All in the systems examined that especially problem has been observed in the grid. Is more rainfall in the system can not handle the case load and waste water has been observed that no operation is performed before the implementation of the bypass. Is more rainfall in the system can not handle the case load so it was observed to be bypassed without applying any process waste water. In system where a lot of pump damage, used butterfly valves inappropriate. There are some problems, instead of butterfly valves when using the knife or needle tip valve. There is a line of site is broken in many of the floats, the diffuser has also been found in a detailed study of some lines is broken chimney. DDD applications in order to analyze the negative effects of marine ecosystems should be given to monitoring of all DDD applications. In this context, the revision of existing monitoring procedures and an applied monitoring method is proposed for Turkey. According to the table 4 and 23 in the WPCR , for observing parameters which are especially under the group of heavy metals on the receiving area, it is important to note that firstly, samples must be taken sampled at the same time of the year , secondly, to evaluate the parametres national reference points of this area must be developed. Depending on the output of the plant is monitored once a year or two. This toxicity and radioactivity monitoring in the desired value according to the condition of the existing facilities. However all of the DDD system has concluded that the loss of the desired source.

Key Words: Deep Sea Outfall, Water Pollution and Control Regulations, Marine Pollution.

1. GİRİŞ

Karadeniz'in diğer deniz ve okyanuslardan ayrılmasının yanısıra büyük boyuttaki karakökenli kirletici kaynakları, özellikle evsel, endüstriyel ve tarım kaynaklı kirleticiler olup Karadeniz'in ekolojik hassasiyetini azaltarak gün geçtikçe kirlilik yükünü arttırmaktadır. Özellikle son yıllarda ötrofikasyon belirtileri dikkati çekmektedir. Karadeniz'e yapılan çeşitli kanalizasyon deşarjları ve tarımsal işlemler sonucunda denize ulaşan besin maddeleri ile ortaya çıkan ötrofikasyon sonucuna ek olarak, deniz dibine çöken organik maddelerin bentik organizmalarının ortadan kalkmasına neden olmaktadır. Sonuçlara göre, Karadeniz'in kuzeybatı kıyılarında, anoksik alanlar 1970'lerde 3000 km² iken 1990'da 15.000 km²'ye ulaşmıştır [1]. Karadeniz kıyılarındaki sağlıksız kentleşme, Karadeniz'i tehdit eden diğer bir unsur olarak gösterilmektedir. Kıyılarda yaşayan yoğun nüfusa artı olarak turizm, kıyı alanları üzerinde ağır yük oluşturmakta, sınırlı tatlı su kaynaklarını tehdit etmekte, biyolojik kaynaklar üzerinde ek bir baskı oluşturmaktadır. Karadeniz flora ve faunasında karasal kökenli kirleticilerin uzun yıllar doğrudan veya dolaylı olarak deşarj edilmeleri sonucu etkilendiği ortadadır [2]. Karadeniz'e kıyısı olan ülkelerde bulunan beş büyük ırmak Dinyeper, Dinyester, Don Nehri, Kuban Irmağı ve Tuna Nehri, Türkiye'de ise Sakarya, Kızılırmak, Yeşilırmak ve Çoruh nehirleri Karadeniz'de sonlanmaktadır [3]. Bu denize dökülen Avrupa ve Asya akarsuları ile birlikte Karadeniz havzasının alanı denizin kendisinden 5 kat daha geniş olup yaklaşık 2.2 milyon km²'dir. Karadeniz'de karasal kaynaklı girdilerin, özellikle Tuna Nehri'nin taşıdığı kirleticilerin ekosistemdeki olumsuz etkileri üzerine bugüne kadar pek çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan önemli bir bölümünü kuzey-batı kıta sahanlığına giren besin elementlerinin miktarı yüzünden ortaya çıkan ötrofikasyon ve biyolojik kirlilik ekosistemdeki değişimler oluşturmaktadır.

Karadeniz'deki olumsuz değişimler üzerine Karadeniz'e kıyısı olan ülkeler alınabilecek önlemler konusunda çalışmalar başlatmışlardır [4, 5]. Karadeniz'de karadan, gemilerden ve atmosferden kaynaklanan kirliliğin önlenmesi amacıyla, 21 Nisan 1992 tarihinde Karadeniz'in Kirliliğe Karşı Korunması Sözleşmesi (Bükreş Sözleşmesi, 1992), Türkiye'nin de aralarında bulunduğu Karadeniz'de kıyısı olan altı

ülkenin temsilcileri (Bulgaristan, Gürcistan, Romanya, Rusya, Ukrayna, Türkiye) tarafından imzalanmıştır. Bu sözleşmeye bağlı olarak Karadeniz Deniz Ortamının Kara Kökenli Kirlenmelere Karşı Korunması Protokolü, Karadeniz Deniz Ortamının Boşaltmalardan Kaynaklanan Kirlenmeye Karşı Korunması Protokolü, Karadeniz Deniz Ortamının Olağanüstü Durumlarda Petrol ve Diğer Zararlı Maddelerin Kirlenmesiyle Mücadele İşbirliğine Ait Protokol, Karadeniz Bölgesi'nde Biyoçeşitlilik ve Peyzajın Korunması Protokolü olmak üzere dört adet protokol yürürlüğe girmiştir. Sözleşmeye taraf ülkelerin Çevre Bakanları (veya Çevreden Sorumlu Bakanları), Nisan 1993'te Odessa'da, doğal kaynakların rasyonel yönetimi ve iyileştirilmesi için kısa, orta ve uzun vadeli çevresel hedefleri içeren bir Deklarasyon imzalamışlardır [6-9]. Bu Sözleşme ve Deklarasyon çerçevesinde, kirlilik izleme, acil müdahale, biyolojik çeşitlilik ve kıyı yönetimi gibi alanlarda birçok ulusal ve uluslararası çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaların neticesinde, 30-31 Ekim 1996 tarihinde, İstanbul'da düzenlenen Bakanlar Konferansı'nda "Karadeniz'in Rehabilitasyonu ve Korunması için Stratejik Eylem Planı" kabul edilmiştir.

Stratejik Eylem Planı (SAP) kapsamında her üye ülkeye bir danışmanlık görevi verilmiş, Türkiye ise Kara Kökenli Danışma Grubu Aktivite Merkezi görevini üstlenmiştir. Ülkemizin üstlendiği görevler arasında, karasal kaynaklardan kaynaklanan kirlenme madde boşaltımlarının (doğrudan deşarj, nehir girdileri ve atmosferik birikimler de dahil olmak üzere emisyon kaynakları) değerlendirilmesi ve kontrolüne ilişkin eylemler konusunda teknik destek sağlamaktır [2, 10-16]. Ayrıca, ülkelerin SAP programı kapsamında belirtilen aktiviteleri uygulama zorunluluğu getirilmiştir. Bu program kapsamında her yıl uygulama yapılma zorunluluğu getirilmiştir ve her beş yılda bir hazırlanacak "Kirlilik Durum Raporları"nı oluşturacak olan Kirlilik İzleme Projesinin yapılması gerekli görülmektedir.

Karadeniz'e yapılan ve işletilen derin deniz deşarjlarının performanslarının belirlenmesi, mevzuat ve yönergelerle desteklenerek Karadeniz'deki etkisinin belirlenmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Kentsel Atıksu Arıtımı Direktifi doğrultusunda, bütünleşik havza yönetiminin uygulanarak karasal kökenli kirlenmelerin denizlere olan etkisinin belirlenmesi ve önlemler alınması konusunda pek çok proje yürütülmektedir. Su Çerçeve Direktifi doğrultusunda derin deniz deşarjlarının dizaynı ve işletilmesi, mevzuata uyulanması, Karadeniz koşulları göz önünde bulundurularak tasarlanması, izlenmesi ve seyrelme koşullarının modellenmesi konularında çalışmalara büyük ihtiyaç duyulmaktadır. Karadeniz'in

Türkiye kıyılarında evsel ve endüstriyel kirliliğin önlenmesi amacıyla alınan önlemlerden bir tanesi de derin deniz deşarjı olmuştur. Derin deniz deşarjı, denizin seyreltme kapasitesinden faydalanmak amacıyla yapılan bir bertaraf yöntemidir. Uzun yıllar karasal kökenli kirlleticilerin Karadeniz için bertaraf yöntemi olarak uygulanan derin deniz deşarjlarının Karadeniz'e etkilerinin belirlenmesi ve karasal kökenli kirlleticilerin gelecekte uygun bertarafının ortaya konulması gerekliliği ortaya çıkmıştır.



2. GENEL BİLGİLER

Denizlerin kirliliğe karşı korunması amacıyla atılması gereken adımların, izlenmesi gereken politika ve stratejilerin belirlenmesi amacıyla 1970’li yıllardan başlayarak, öncelikle denize kıyısı olan ülkeler ortak araştırma programları geliştirmiş ve sözleşmeler imzalamışlardır. Avrupa Birliği ülkeleri, gerek iç sularında gerekse kıyı denizlerinde canlı ve cansız kaynaklarının korunması, geliştirilmesi ve sürdürülebilir kullanımı için yönetmelikler yayımlamışlar, birçok izleme ve koruma programları geliştirmiş ve uygulamaya koymuşlardır. Akdeniz ülkeleri için ilk ortak girişim kirliliğin azaltılmasına yönelik Barselona sözleşmesinin imzalanması olmuş ve Akdeniz’de Kirliliğin İzlenmesi (MEDPOL) Uluslararası Programının uygulanması kabul edilmiştir. Benzer çalışmalar Karadeniz’e kıyısı oluşan ülkeler tarafından da geliştirilmiş, Karadeniz Stratejik Eylem Planı hazırlanmış ve bu kapsamda Karadeniz Bütünleşik İzleme ve Değerlendirme programı (BSIMAP) oluşturulmuştur. Söz konusu programlar çerçevesinde taraf ülkelere ulusal/uluslararası düzeyde kirlilik izleme programları oluşturma yükümlülüğü getirilmiştir. Hazırlanan ve uygulamaya başlanan izleme programları ile denizlerimizde karasal kaynaklı kirleticilerden farklı düzeylerde etkilenen su kalitesi değişiminin belirlenmesi ve insan kaynaklı kirliliğin deniz ekosistemi üzerinde yarattığı riskler ile doğurduğu sosyo-ekonomik etkilerin değerlendirilmesi öngörülmektedir.

Özellikle Karadeniz ve Marmara’da 1970’li yıllardan sonra artan karasal kaynaklı kirleticilerin neden olduğu ötrofikasyon sonucu denizlerde geri dönüşü mümkün olmayacak yeni ekolojik özellikler oluşmaktadır. Benzer şekilde ötrofik koşullar özellikle Adriatik, Ege ve Baltık denizlerinde 1970’li yıllarda gözlenmeye başlanmıştır. Avrupa Birliği ülkeleri “Su Çerçeve Direktifi” kriterleri geliştirilmişler ve tüm kıyısız sularında benzer kirlilik izleme ve su kalitesi belirleme programlarını uygulamaya koymuşlardır. Bu programın alanını ve kapsamını genişleten Avrupa Birliği ülkeleri, denizcilik sınırları içinde kalan ve sosyo-ekonomik yarar sağladığı bu denizel alanların doğal ekolojik özelliklerin korunması, yararlandığı canlı/cansız kaynaklar üzerindeki baskıların azaltılması, olası ekolojik değişimleri referans alanlara

kıyaslamalı kalitatif ve kantitatif olarak belirlenmesine imkan verecek “Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi” hazırlamışlardır. Bu rapor ile ilk kez SÇD–SYB (kıyı su kütleleri) ve DSÇD-DDB (deniz değerlendirme birimleri) bazında değerlendirme biçimi denenmiştir. DEKOS Projesi’nde ÇŞB ve OSİB’e sağlanan Karadeniz için 16 SYB ve 5 DDB’nin ilk değerlendirmeleri yapılmış ve elde edilen sonuçlara dayanarak bu birimlerin her biri için boşluklar ve öneriler belirlenmiştir. Proje sonuçlarına göre, Batı Karadeniz-DDB1’de bulunan 3 kıyı su kütlelerinin ekolojik durumu orta/zayıf kalitede değerlendirilmiş, sadece Şile bölgesinde kalite olarak durumu “iyi” gösterilmiştir. Özellikle Sakarya ve Zonguldak bölgesi yoğun karasal baskı altında olduğu belirlenmiştir. Sediman örneklerinde Poliaromatik Hidrokarbonlar ve metaller ERL (Effect Range Low) değerlerinin altındadır ancak İğneada bölgesinde DDT ve türevlerinde ERL sınırı aşılmıştır. Orta-Batı Karadeniz (DDB2) değerlendirme alanı içinde bulunan 3 kıyı su kütlelerinden iki tanesinin durumu orta/zayıf kalitede olup en doğudaki su kütlelerinin durumu “iyi” olarak değerlendirilmiştir. Bu bölgede özellikle Zonguldak yakınındaki sediman kalitesi tüm kirletici grup ve bileşikler açısından önemli derecede kirlenmiş olarak belirlemiş olup kötü kimyasal durumu ortaya çıkmıştır.

Karadeniz Kirlilik İzlemenin temel hedefleri, denizlerimizi kirleten karasal kaynakların baskı ve etkilerinin belirlenmesi, kıyı bölgelerinden alınan biyota ve sediman örneklerinde metal ve organik kirleticilerin uzun dönemli değişikliklerinin izlenmesi, kirliliğe karşı hassas, az hassas ve gri alanlardaki kıyı sularımızda ötrofikasyonun izlenmesi ve bu alanların değerlendirilmesi ve Su Çerçeve Direktifi (SÇD) ve Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (DSÇD) gibi uyumlaştırılması planlanan AB mevzuatı için gerekli çalışmaların yapılmasıdır.

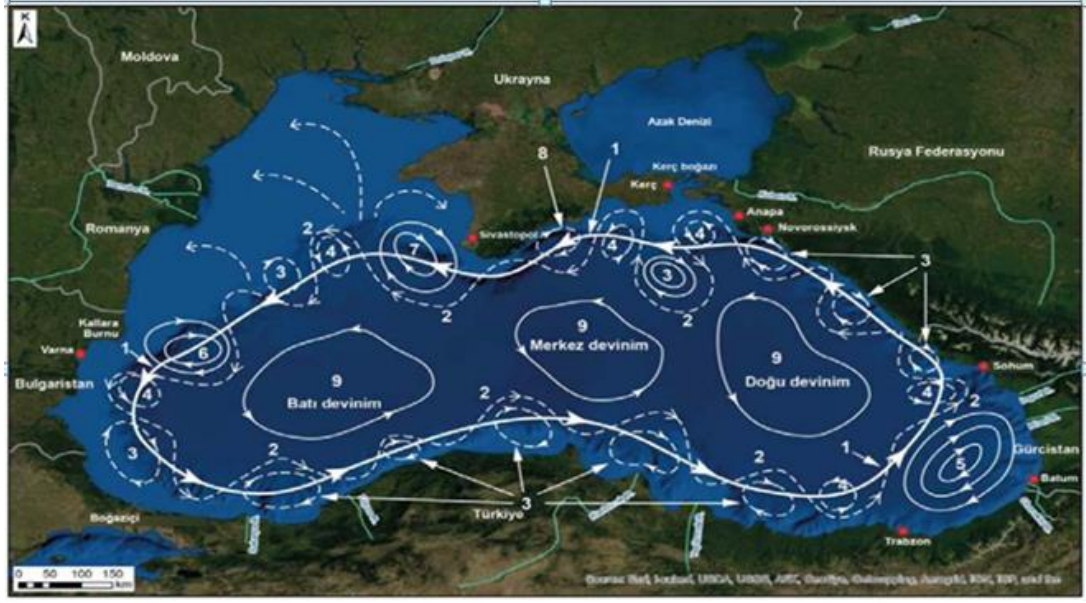
Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifinde “iyi çevresel durum” “Deniz Ürünlerindeki Kontaminantlar”, deniz ürünlerinden elde edilen gıdalardaki kirletici miktarı, direktifte belirlenen sınırı ve diğer kabul edilen ulusal ve uluslararası standartlarda belirlenen sınırların üzerinde olamaz” şeklinde açıklanmaktadır. Kirleticilerin balık ve diğer deniz ürünlerinde, kabul edilen seviyenin üzerindeki varlığı hem halk sağlığı hem de deniz ürünleri üzerinden beslenen diğer tüketicileri ayrıca diğer deniz kaynaklarının da sürdürülebilirliğini olumsuz etkilemektedir.

2.1 Karadeniz Ekosistemi

Karadeniz kıyıları tarih boyunca birçok millete ev sahipliği yapmıştır. Milattan önce 6. ve 8. yüzyıllar arasında Yunanlılar tarafından ilk olarak Euxinos Pontos (misafirperver deniz) olarak adlandırılan deniz, büyük kısmının oksijensiz (anoksik) karakterde olması ile ortaya çıkan su ürünleri çeşitliliğinin yarattığı önemli gelir kaynaklarına rağmen, Türkler tarafından kış aylarında birçok balıkçı ve denizcinin hayatına mal olan fırtınalarından dolayı Karadeniz olarak isimlendirilmiştir. Günümüzde ise Güney Rusya, Kafkaslar ve Hazar Denizi'nin petrol ve doğal gaz rezervlerini Avrupa ve Akdeniz limanlarındaki pazarlara bağlamasından dolayı yoğun bir deniz trafiğine sahip olması ile Dünya denizleri içerisinde özel bir öneme sahip bir deniz olarak bilinmektedir [17].

Karadeniz Avrupa ve Asya kıtalarının birbirine yaklaştığı bir bölgede, 40° ve $46^{\circ} 32'$ kuzey enlemleri, $27^{\circ} 27'$ ve $41^{\circ} 42'$ doğu boylamları arasında yer almaktadır. Konumu itibarıyla Akdeniz'e bağlı bir iç deniz özelliği taşımaktadır [18]. Avrupa'nın güneydoğusunda Balkan ve Anadolu yarımadaları ile Doğu Avrupa platformu ve Kafkasya arasında doğu-batı doğrultusunda elips şeklinde uzanmaktadır. Ayrıca, Anadolu ve Kafkasya gibi, genellikle Alp orojenezi ile oluşmuş kıvrım sistemleri ile Doğu Avrupa platformu gibi, Birinci Jeolojik Zaman öncesi arazilerden oluşmuş iki büyük ve farklı ünite arasında bulunan, geniş bir çanaktır. Dünyanın karaya kilitlenmiş ve izole edilmiş en geniş havzasını oluşturmaktadır. Oldukça ilgi çekici bir jeolojik yapıya sahip olup, çok sayıda çamur volkanı, aktif tortul taşınmasında rol oynayan kanallar, aktif faylar, metan sızıntıları gibi birçok jeolojik ve ekonomik oluşumlar içermektedir.

Karadeniz, karmaşık iç siklonik yapısında çok farklı özellikte girdaplı akıntıların baskın olduğu, havza boyunca kıyı topografyasına ve değişen kıta yamacının şekline bağlı olarak kesintili kıyı akıntıları ve kıyı akıntılarının kara tarafında bir seri antisiklonik girdaplarla karakterize olan bir akıntı sistemine sahiptir. İç dolaşım, her biri bir seri siklonik anafor içeren çok sayıda havza altı girdaba sahiptir. Bu girdaplar birbirleriyle olduğu kadar diğer döngüler ve kıyı akıntılarının uzantıları ile de etkileşim halindedir. Kıyı akıntısının dinamik yapısının bir parçası olarak havza çevresinde oluşan orta ölçekli özellikler, görünüşte kıyasal biyojeokimyasal işleyişi, kıta kenarının ötesiyle birleştirmektedir. Böylece, sahil suları ve açık sular arasında iki yönlü bir taşınım mekanizması oluşturmaktadır.



2.2 Karadeniz Ekosistemi'nde Fiziksel, Biyokimyasal ve Ekolojik Şartlar

Karadeniz'in suları, genel olarak serin sulardır. Bu da, zaten serin bir bölgede aynı zamanda da Ekvator'a göre bir hayli kuzeyde bulunmasının bir sonucudur. Ayrıca, kuzeyden yıl boyunca serin ve bol su taşıyan akarsularla beslenmektedir. Bundan dolayı yaz ve kış devreleri arasında, suların sıcaklık değişimleri çok fazla değildir. Suların yaz sıcaklık ortalamaları, yaklaşık 20°C ile 24°C arasında değişmektedir. Kış sıcaklık ortalamaları ise kuzeybatı kesimlerinde 2-3 °C, güney kesimlerinde ise 12-13 °C arasında değişmektedir. Yaklaşık 100 m derinlikten sonra ise su sıcaklığı yıl boyunca 8-9°C dolayındadır. Karadeniz'e gerek Türkiye'den gerekse kuzey bölgesindeki diğer ülkelerden birçok nehir ve özellikle Tuna nehriyle önemli ölçüde tatlı su girişi olmaktadır ve bunun sonucu olarak su kalitesinde değişiklikler meydana gelebilmektedir. Ayrıca, çevresindeki yoğun kar yağışları sonucunda karların erimesiyle Karadeniz'e Kuzey Batı Bölgesi'nden 234 km³, Kafkasya kıyılarından 35 km³, Türkiye kıyılarından 23 km³, Bulgaristan ve Kırım kıyılarından ise 1'er km³ tatlı su girişi olmaktadır [21]. Toplam olarak Karadeniz'e her yıl, Avrupa Kıtası'nın üçte birlik bölümüne denk gelen bir alanı kaplayan ve 17 ülkenin (Avusturya, Beyaz Rusya, Bosna Hersek, Bulgaristan, Hırvatistan, Çek Cumhuriyeti, Gürcistan, Almanya, Macaristan, Moldova, Slovakya, Slovenya, Romanya, Rusya, Türkiye, Ukrayna ve Sırbistan) önemli alanlarını kapsayan yaklaşık 350 km³ nehir suyu girdisi olmaktadır. Avrupa'nın ikinci, üçüncü ve dördüncü büyük nehirleri olan Tuna, Dinyeper ve Don nehirleri tamamen Karadeniz'e akmaktadır [22]. Anadolu kıyılarından Karadeniz'e en fazla su girişi Sakarya, Kızılırmak ve Yeşilirmak'tan olup, her birinin yıllık olarak taşıdığı su miktarı 6 km³ civarındadır. Böylece Karadeniz'in çok sayıda akarsu ile beslenmesi ve zaten bol yağış alan bir bölge içerisinde yer alması nedeniyle tuzluluk oranları düşüktür. Yüzey sularının ortalama tuzluluğu, yaklaşık ‰18- ‰19 civarındadır. Bu oranlar, deniz yüzeyinin farklı bölgeleri ile değişik derinliklerde oldukça farklı değerler göstermektedir. Örneğin; Tuna nehrinin denize döküldüğü yerde tuzluluk oranı ‰ 10-12, Dinyester, Dinyeper ve Don ırmaklarının ağız bölgelerinde ‰ 9, Azak Denizi'nde ‰ 10, güney kıyılarda Sakarya'nın ağzında ‰ 17, Kızılırmak ve Yeşilirmak açıklarında ‰ 15-16 kadardır. Öte yandan yüzeyden alta doğru tuzluluk oranında da önemli değişimler belirlenmiştir. Nitekim 200 m derinlikte tuzluluk ‰ 22'ye, 2000 m civarında ise ‰ 22.4'e ulaşmaktadır.

Karadeniz'in önemli bir diğer özelliği de, 200 m derinlikten sonra oksijenin tamamen kaybolması ve yerini kükürtlü hidrojenin (H₂S) almasıdır. Derinlere inildikçe artan bu zehirli gazın etkisiyle Karadeniz'de, bu derinliğin altında canlı hayatına rastlanılmamaktadır. Bundan dolayı balıklar, şelf bölgelerinde -200 m derinliğe kadar yayılır, yumurtlar, ürer ve yıl boyunca aynı yaşam bölgesi sınırları içerisinde yer değiştirirler. Bu sınırlı yaşama ortamına rağmen Karadeniz, ülkemizin en önemli balık avlanan denizlerinden biridir [18]. Karadeniz'in pH' ı ise 7.5 ila 8.4 arasında değişmekte ve ilkbahardaki biyolojik olaylarla pH da yükselmektedir.

Karadeniz, açık okyanusun etkilerinden geniş su tutma havzası ile ayrılmış ve bu durum Karadenizin azot ve fosfat yönünden zengin hale gelmesine ve denizdeki bitkisel besinlerin de artışına elverişli bir ortam sağlamıştır. Ayrıca, Karadeniz'in izole hali, özellikle son otuz yıl içerisinde sınır ötesi biyolojik çeşitlilik ve balıkçılık ile deniz kıyısı rekreasyonları gibi insanların deniz kullanımına yönelik konularda Karadeniz ekosisteminde radikal değişikliklere yol açmıştır [23].

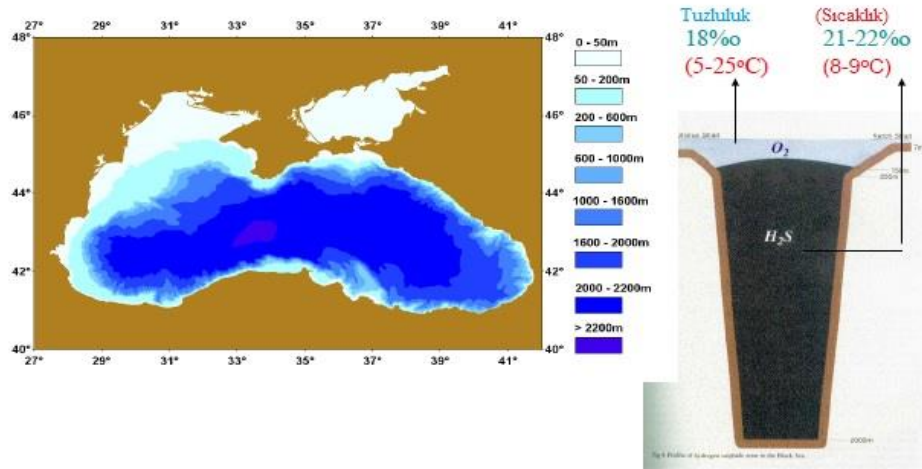
Karadeniz 1960 yılların sonundan itibaren karasal girdilerin artmasıyla besin elementlerince zenginleşmiştir. Birincil üretimin en yüksek değerlere çıktığı ilkbahar ve sonbahar aylarında yapılan seki disk değerleri de 1960'lı yıllardan günümüze yaklaşık 10 m azalmıştır.

İlkbahar mevsiminde seki değerleri bütün kıyı boyunca en fazla 10m olarak ölçülmüşken nehir ağızlarında belirgin olarak yüksek askıda katı madde içeriğinden dolayı 1 m'ye kadar düşmüştür. Sonbaharda değerler daha yüksektir (4-14 m). Genel olarak kıyıya daha yakın istasyonlarda yüzeydeki askıda katı madde miktarına bağlı olarak seki disk derinliği daha düşük bulunmuştur. Ayrıca her iki mevsimde Doğu Karadeniz'deki istasyonların seki disk derinliği Batı Karadeniz'e kıyasla daha düşüktür.

Karadeniz 1970'lerin başlarına kadar bir çok ticari tür için de yaşama ortamı sağlayan geniş bir ekosistem mozayiki idi. Akdeniz'in yaklaşık beş katı kadar bir balıkçılık kaynağı sunmaktaydı. Ancak izleyen dönemlerde tedrici olarak, özellikle kuzeybatı bölgesi ve Tuna nehrinden olmak üzere yüksek miktardaki nutrient ve kirleticilerin ortama girmesi ile, aşırı derecede yıpranmış bir denizel alan haline gelmiştir [15]. Dolayısıyla 1970'lerin ortalarından itibaren ekosistem, ciddi çevresel yıkım, ötrofikasyon, biyoçeşitlilik ve balık stoklarında dramatik bir düşüşü özellikle de kuzeydoğu kıyıları ve Azak Denizi için yansıtmaktadır [24].

Karadeniz'in uzun dönemler boyunca ağır evsel, tarımsal ve endüstriyel besleyici yüküne maruz kalması, fitoplankton komünite yapısı ve süksesyonunda önemli bir değişim yaratmış, ayrıca mikroalg topluluklarında yoğunluk ve frekans bakımından artış ortaya çıkmıştır. Toplam fitoplankton biyoması batı kıyılarında 3-4 katına kadar çıkmıştır. Monospesifik (tek türe ait) aşırı alg çoğalmaları defalarca rapor edilmiştir. Besin ağı açısından, ötrofik Karadeniz ekosistemi önceki 30-40 yıla kıyasla daha fazla biyomas üretmektedir. Ancak taksonomik yapı değişmiş ve ortamda üst predatörler olarak fırsatçı türler ve jelimsi karnivorlar dominant ve besin zincirinin çıkmazı haline gelmişlerdir [8, 25].

Karadeniz'deki belirgin yoğunluk tabakalaşması, zayıf dikey dolaşım ve karışımın yanında sınırlı yatay akışlarla birlikte, piknoklin tabakasının altındaki suların yüzey sularıyla karışmasını engeller. Son 7000 yıldır sürekli yeniden oluşan ve ayrışan organik madde, dibe çökerek 100-150 m derinlikten itibaren yüksek hidrojen sülfür yoğunluğuna ve kalıcı bir anoksiyanın gelişmesine neden olmuştur. Karadeniz, bu dikey biyojeokimyasal yapısı nedeniyle, tipik okyanus şartlarından belirgin olarak ayrılır.



Şekil 2.2. Karadeniz'in batimetri haritası ve anoksiya [12].

Biyojeokimyasal pompa yüzeyden itibaren 100 m'lik derinliğe kadar olan su sütununda çalışmaktadır. Ötrofik zon yapısı (yaklaşık olarak üst 50 m derinlikteki su tabakası) yüksek oksijen konsantrasyonu ($300 \mu\text{M}$) ile karakterize olup yıl boyu süren biyolojik bir aktivite içermektedir. Takip eden 20-30 m derinlikte ise kimyasal özellikler bakımından sert tedrici değişimler söz konusudur. Bu alandaki remineralizasyon oksijen konsantrasyonunu $10 \mu\text{M}$ civarına, nitrati ise maksimum $6 \mu\text{M}$ değerine ulaşmaktadır [12]. Tüm bu özellikler Karadeniz'i sürekli değişen hassas

bir ekosistem ve biyojeokimyasal yapılar üzerine insan ve doğal etkileri çalışma açısından benzersiz bir örnek haline getirmektedir [26].

2.3 Karadeniz'in Genel Kirlilik Durumu

Genel olarak Karadeniz'in Kuzeybatı, Batı ve Güneybatı kesimine ait bilimsel çalışmalar diğer bölgelere kıyasla daha fazladır. Orta ve Güneydoğu Karadeniz'e ait temel bilgiler nispeten kısıtlıdır. Mevcut çalışmaların büyük kısmı, özellikle son 30 yılda yapılanlar küresel iklim değişikliklerini de dikkate alarak denizel alandaki abiyotik ve biyotik değişkenleri incelemişlerdir. Bu çalışmalar ışığında, Karadeniz ekosisteminde son 50 yıldaki değişim sürecini de içerecek şekilde, deniz suyu sıcaklığı, klorofil-a ve diğer bazı değişkenler için referans oluşturabilecek çalışmalar araştırılmıştır.

Karadeniz kıyısı ülkeleri Bükreş Sözleşmesi uyarınca kara kökenli kaynaklardan Karadeniz'in deniz çevresinin kirliliğinin kontrolü, önlenmesi ve azaltılmasını taahhüt etmişlerdir. Karadeniz'e kirlilik ana kaynağı uluslararası nehirler, özellikle Tuna Nehri'ne kirletici girdilerinin bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Tuna Nehri baskın kirletici kaynağı olmasına rağmen, diğer uluslararası nehirler, aynı zamanda Karadeniz'in kirliliğinde önem taşımaktadır. Toplam nehir kıyısı başına giriş biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ₅) toplam kirlilik yükünün yaklaşık % 85 olması nehir kıyısı kaynaklarının kontrolünün önemini gösterilmiştir.

Sınırlı ve kapalı bir şekil konumunda ve tatlı su girdisi yüksek seviyede olan Karadeniz'in giderek bozulan ekolojik dengesinin yeterince anlaşılabilmesi ve kaynakların rasyonel şekilde kullanılması gerekmektedir. Son otuz yıl içerisinde Karadeniz ekosisteminde çarpıcı değişikliklerin olduğu çevre bilimlerinde oldukça sık gündeme getirilmektedir. Özellikle bölgenin kuzey batısında yer alan geniş kıta sahanlığına büyük nehirler yoluyla büyük miktarda karasal kaynaklı besin elementleri ulaşmaktadır. Kuzeybatı Karadeniz'e dökülen başlıca nehirler Tuna, Dinyeper ve Dinyesterdir. Bunların arasında tek başına Tuna Nehri Karadeniz'e dökülen bütün nehirlerin debilerinin 1/5'i kadardır. Anadolu kıyılarından dökülen başlıca nehirler Sakarya, Kızılırmak, Yeşilirmak ve Çoruh Nehri'dir.

Karadeniz'in fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri de Ege ve Akdeniz'e göre farklılık göstermektedir. Bir yandan İstanbul Boğaz'ından giren alt akıntı, gerek Akdeniz'den, gerekse Marmara Denizi'nden bazı kirleticileri denize taşımaktadır.

Diğer yandan ülkemizden Sakarya Nehri ve bazı çaylar (Filyos Çayı) ile özellikle batı ve kuzey batıdan Tuna, Dinyeper ve Dinyester nehirleri yoluyla önemli miktarda kirletici de Batı Karadeniz'e ulaşmaktadır.

Orta ve Doğu Karadeniz'e başlıca üç büyük nehir, (Kızılırmak, Yeşilırmak ve Çoruh) ile birçok ırmak ve dere dökülmektedir. Ayrıca maden yatakları açısından da bölge oldukça zenginliklere sahiptir. Bölgede yer alan madenler arasında özellikle bakır ve kurşun önemli bir yer tutmakla beraber Türkiye ekonomisine de önemli bir katkı sağlamaktadır. Ancak sağladığı bu katkıların yanında atıkları, ya doğrudan denize verilmekte ya da gerek yağmur ve sel suları ile gerekse nehirler yoluyla dolaylı olarak Karadeniz'e karışmaktadır. Diğer taraftan özellikle Orta ve Doğu Karadeniz'de yerleşim alanları çok ve geniş bir alana yayılmış olup kıyı boyunca devam etmektedir. Buna akabinde tarımsal faaliyetler ve endüstrileşme de yoğunlaşmıştır.

Batı Karadeniz'de Trakya açığında çekilen trollerde, elde edilen Barbus örneğindeki kadmiyum ve kurşun değerleri Su Ürünleri Kontrol Yönetmeliği'nde belirtilen kabul edilebilir değerlerden çok yüksek bulunmuştur. Özellikle nehir ağızlarına yakın bölgelere endüstri/evsel kirleticilerin nehirlerle taşındığı, metallerin antropojenik veya doğal katkılarla taban sedimentinde zenginleşerek biriktiği sonucuna varılmıştır. Karadeniz sedimentinde belirlenen petrol kirliliği ise, Zonguldak, Samsun, Bartın ve Trabzon önlerinde alınan sedimentte oldukça yüksek bulunmuştur. Bunların içinde Zonguldak bölgesi, sedimentteki petrol kirliliği açısından en dikkat çeken yer olarak vurgulanmıştır. Son 20 yıl boyunca balıklardaki ağır metal üzerine yapılmış olan çalışmaların sonucuna göre, balıklardaki metal birikim sıralaması $Zn > Fe > Cu > Mn > Pb > Ni > Co > Cd$ şeklinde olup Fe, Cu ve Co karaciğerde kas dokusuna göre daha fazla birikim göstermiştir. Balıkta metal birikimi sırasıyla; Cu Bartın, Fe ve Pb Trabzon, Zn Samsun ve Cd İğneada için etkin olduğu belirlenmiştir. Fe ve Zn *Engraulis* sp. türlerinde, Cu, Mn ve Co *Trachurus* spp., Pb ve Cd İğneada'da *Psetta maxima* türünde ve *Mullus barbatus* türünde Trabzon'da ölçülmüştür. Deniz ortamına antropojenik veya doğal kaynaklarla giren metallerin sedimanda ve biyotada zenginleşerek biriktiği ortadadır. Genellikle maden yataklarının ve endüstrileşmenin olduğu bölgelerde metal taşınımı da artmaktadır. Sediman metal içeriği açısından Samsun ve yakın çevresi değişik örnekleme zamanları içinde metal kirliliğinin yoğun gözlemlendiği alanlar olmuştur. Trabzon çevresinde de sediman metal içeriği yüksektir. Bu birikiminin sonucu olarak deniz suyunda çözünmüş metal (bakır, kadmiyum, kurşun, civa) konsantrasyonları genellikle düşüktür. Zonguldak kıyıları ve Filyos

nehirinin denize döküldüğü bölgede de bakır konsantrasyonunun yüksek olduğu bölgelerdir.

Karadeniz’de kış döneminde sonbahara göre çözülmüş oksijen artışı kışın yüzeyde oksijenin, sıcaklık düşmesiyle çözünürlüğünün artması, daha fazla rüzgar ve dalga oluşumuyla üst suların havalanması, kış mevsiminde yağışların artması ve nehir girdilerinin artarak daha taze ve havalanmış suların denize taşınmasından kaynaklanmakta olup böylece oksijen değerleri yükselmektedir. Çözülmüş oksijen miktarlarını düşüren etkenler arasında; aşırı miktarda organik maddenin girişi (kanalizasyon suları, gübre, yapraklar vb. gibi direkt veya nehirler yoluyla taşınması), fabrikaların sıcak atıksuları, sel suları, erozyonla taşınan sular sayılabilir. Karadeniz’de sonbahar dönemi tüm istasyonlarda pH ortalama değer 8.14 kış döneminde ise 8.19 bulunmuştur.

Asitli yağmur suları atmosferden direkt olarak veya nehirler ve kanalizasyon yoluyla hızlı bir şekilde akan sularla karışıp denize ulaşarak veya denizdeki kimyasal reaksiyonlar, denizdeki canlıların fotosentezi veya solunumu gibi olaylar pH değerinin değişmesine neden olmaktadır. Ancak deniz suyundaki çözülmüş karbonat bileşikler denizin pH değerini değiştirecek oluşumlara karşı etkili bir kimyasal tampon özelliği göstererek dengeyi sağladığı için pH değerleri fazla değişmemektedir. Bu çalışmada Batı Karadeniz’de üst tabakada oldukça düşük olan nitrit değerleri alt tabakada kısmen yükselmektedir. Kış döneminde yapılan araştırmada ise sonbahara göre belirgin farklılık gözlenmiştir. Nitrat dağılımları ise dere girdilerinin olduğu bölgelerde, geçmiş dönemlerde gözlemlendiği gibi yüksek değerler tespit edilmiştir. Sonbahar döneminde Orta ve Doğu Karadeniz’de yüzey suyunda nitrat değerleri yüksektir. Kış döneminde ise özellikle Batı bölgesinde oldukça yüksek değerler gözlenmiştir. Karadeniz’de amonyum dağılımı incelendiğinde nitrat ve nitritten farklı olarak tüm istasyonlarda sonbahardaki değerler kışa göre çok yüksektir. Fosfat konsantrasyonu ise dikey dağılımda incelendiğinde derin suda daha yüksek bulunmuştur. Sedimanda toplam organik karbon (TOK) değerleri İğneada, Zonguldak ve Sinop’ta yüksek bulunmuştur. Bu yüksek değerler dışında batıda ölçülen birbirine yakın değerler, Orta Karadeniz’de de devam ederken Samsun ve Ordu’da düşük olarak ölçülmüştür. Sinop için seçilen örnekleme noktalarında kış dönemi kıyıda TPH dağılımı kabul edilebilir seviyede olmasına karşın açıklarda kirlilik limitlerinin yaklaşık 6 katına çıktığı belirlenmiştir. Kızılırmak ve Yeşilırmak noktalarında TPH değerleri oldukça yüksek değerler bulunmuştur.

Sakarya, Filyos, Kızılırmak ve Yeşilırmak nehirlerinin ağzına yakın olan istasyonlarda daha yüksek toplam askıda katı madde değerleri tespit edilmiştir. Partikül organik karbon, partikül organik azot ve biyokimyasal oksijen ihtiyacı değerleri de nehir ağızlarına yakın bölgelerde yüksektir. Bu yüksek değerler karasal kaynaklı doğal ve antropojenik girdilerle ilişkilendirilmiştir.

Klorofil-a değerlerinin kıyıya yakın istasyonlarda yüksek, açıktaki istasyonlarda ise düşük olduğu gözlenmiştir. Yüksek değerler özellikle nehir girdilerinin etkisinde kalan sahalarda ölçülmüştür. En yüksek değer Filyos Nehri girişine yakın istasyonda tespit edilmiştir. Samsun kıyı alanında da klorofil-a değerlerinin yüksek olduğu gözlenmiştir.

Fekal koliform bakteriler açısından riskli bölgeler; Sakarya, Zonguldak, Samsun, Ordu, Giresun ve Rize olarak belirlenmiştir. Filyos Nehri'nin döküldüğü bölge Karadeniz için en riskli bölgeler olduğu belirtilmiştir [27].

2.3.1 Karadeniz'in ekolojik sorunları

Karadeniz'in dört öncelikli sorunu şunlardır: ötrofikasyon/besin maddesi zenginleştirilmesi, sucul yaşam kaynaklarındaki değişiklikler, kimyasal kirlilik (petrol dahil olmak üzere) ve yabancı türlerin getirilmesi dahil olmak üzere, biyoçeşitlilik/yaşam alanı değişiklikleri.

Yeniden düzenlenen Bükreş Sözleşmesi - Kara Kökenli Kirleticiler Protokolü'ne göre, "Sıcak Noktalar"; aşırı kirliliğe maruz kalmış ya da kalabilecek ve insan sağlığı, ekosistem ve doğal kaynaklar üzerindeki gerçek veya potansiyel negatif etkileri engellemek veya azaltmak için öncelikli dikkat gerektiren sınırlı ve tanımlanabilir karasal alan, yüzey suyu veya bu alanlara bitişik akiferler olarak tanımlanmaktadır. Karadeniz Bölgesi'nde, Karadeniz'e dökülen ana nehirler (yüksek derecede kirlilik içerdiklerinden) ve bazı endüstriyel ve evsel kökenli tıkk su kaynakları veya zararlı atmosferik emisyonları da içerecek şekilde, yaklaşık olarak 50 Sıcak Nokta tanımlanmıştır. Romanya'nın Karadeniz kıyılarında önemli bir endüstriyel faaliyet mevcut olup bunlar arasında petrol üretimi, gemi inşası, inşaat malzemeleri endüstrisi vb. en belirgin atık kaynakları olarak öne çıkmaktadır. Karadeniz kıyısında yer alan illerin çoğunda uygun bir kontrol olmaksızın, atıksuları ve katı atıkları kıyısal alanlara boşaltmaktadır. Gürcistan'da ise, Kolkhetti Ulusal Parkı'nın ve Paliastomi Lagünü'nün güzellikleri ilerleyen ötrofikasyon ve ardışık toksik alg patlamalarından dolayı tehdit altındadır. Bunun nedeni, önemli miktarda besin maddesi yüklerinin etraftaki tatimsal

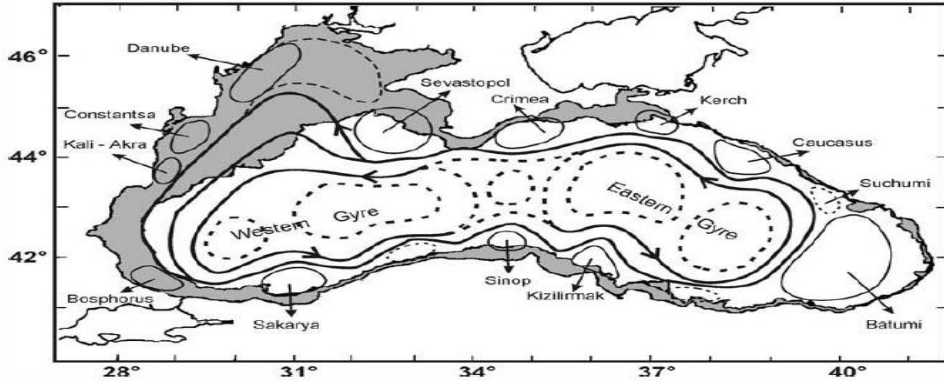
alanlar ve evsel atıksular aracılığıyla bu lagüne dökülmektedir. Ukrayna’da, Karadeniz kıyısı bölgesi, özellikle liman alanları, haliçler ve denize yakın olan metropolitan bölgeler nedeniyle önemli bir antropojenik baskıya maruz kalmaktadır. Ayrıca, diğer kirlilik kaynakları, kıyıda yer alan ve atıksularını denize deşarj eden endüstriyel tesislerdir. Bulgaristan’ın Karadeniz kıyıları boyunca, kıyı sularının ekolojik kalitesi yönetimi yetersiz kalmıştır. Bu nedenle, kıyı su kütlelerinin önemli bir bölümünün kalitesi orta - kötü su kalite sınıfları arasında dağılım göstermektedir. Diğer taraftan, son yıllarda Karadeniz kıyılarının güney kesimlerinin iyi ekolojik durumda olduğu gözlemlenmektedir. Karadeniz kıyısı ülkeleri, karasal kökenli kaynaklar ve faaliyetler nedeniyle ortaya çıkan kirliliğin sucul ortama ve kıyısal bölgelere, yaşam kaynaklarına ve insan sağlığına karşı ortaya çıkan tehlikenin bilincindedirler. Kirliliği önlemek ve yönetmek için hali hazırda var olan yerel, bölgesel ve ulusal önlem/çalışmaların daha da güçlendirilmesi gerekmektedir.

2.4 Akıntı (Dolaşım) Özellikleri

Karadeniz’in üst tabaka suları, genellikle siklonik, büyük ölçüde zamana bağımlı ve bütün havza boyunca alansal olarak şekillenen bir yapıdadır. Bir çok çalışma ve farklı veri tipinden elde edilen bulgulara göre Karadeniz, karmaşık, iç siklonik yapısında çok farklı özellikte girdaplı akıntıların baskın olduğu, havza boyunca kıyı topografyasına ve değişen kıta yamacının şekline bağlı olarak kesintili kıyı akıntıları ve kıyı akıntılarının kara tarafında bir seri antisiklonik girdaplarla karakterize olan bir akıntı sistemine sahiptir. İç dolaşım, her biri bir seri siklonik anafor içeren çok sayıda havza altı girdaba sahiptir. Bu girdaplar birbirleriyle olduğu kadar diğer döngüler ve kıyı akıntılarının uzantıları ile de etkileşim halindedir. Kıyı akıntısının dinamik yapısının bir parçası olarak havza çevresinde oluşan orta ölçekli özellikler, görünüşte kıyısal biyojeokimyasal işleyişi, kıta kenarının ötesiyle birleştirmektedir. Böylece, sahil suları ve açık sular arasında iki yönlü bir taşınım mekanizması oluşturmaktadır. Havzanın nispeten dar olduğunu dikkate alırsak, bu tip orta ölçekli bir işleyiş, bir kıyıdan diğer kıyıya çok rahatlıkla meridyonel taşınım sağlayabilmektedir [26]. Bu mevsimde bileşik çevresel bir akıntı sistemi son derece belirsizdir. Bununla birlikte, türbülans akım alanı Kasım-Aralık’tan sonra hızla, daha yoğun ve organize bir yapıya dönüşür. Dolaşım sisteminin en belirgin yarı kararlı ve/veya tekrarlanan özellikleri Şekil 2.3’te sunulmuştur. Bu özellikler;

- ✓ Siklonik olarak havzayı kuşatan kıyı akıntısı,
- ✓ İç kısmında dört ya da daha fazla girdap içeren, alt havza ölçekli iki siklonik girdap,
- ✓ Kıyı akıntı zonunun kıyısız tarafında, Boğaziçi, Sakarya, Sinop, Kızılırmak, Batum, Sohum, Kafkasya, Kerç, Kırım, Sivastopol, Tuna, Konstanza, ve Kaliakra antisiklonik girdapları,
- ✓ Kırım'ın güney ucu yakınında kıyı akıntısının iki kola ayrılması. Bir kol topoğrafik eğim durumuna göre güneybatıya doğru akarken, diğer kol önce kuzeybatı doğrultusuna döner ve sonragüney iç şelf akıntı sistemine katılır.
- ✓ İlk kıyı akıntısının bu iki kolunun güneybatı kıyılarında konvergensi,
- ✓ Kuzeybatı şelf sahasının kuzey kısmında büyük bir antisiklonik girdabın varlığı.

Kuzeybatı şelf sahasının yüzey tabakasındaki akış yapısını kontrol eden temel mekanizma, Tuna deşarjının dağılmasıdır. Şelfin açık suları boyunca rüzgar etkisi ve kıyı akıntısının yapısı bu sistemin ilave şekillendiricileridir. Tatlı su deşarjı sadece dolaşımı ve karışım özelliklerini etkilemekle kalmaz, aynı zamanda batı kıyıları boyunca tüm şelf sahasının ekosistemini etkilemektedirler. Tuna ağzı genellikle üst 25 m'lik tabakada antisiklonik bir bir döngü oluşturmaktadır. Bu nehir ağzının en uç kenarı batı sahili boyunca ince baroklinik bir sınır akıntısı oluşturarak güneye doğru uzanmaktadır.

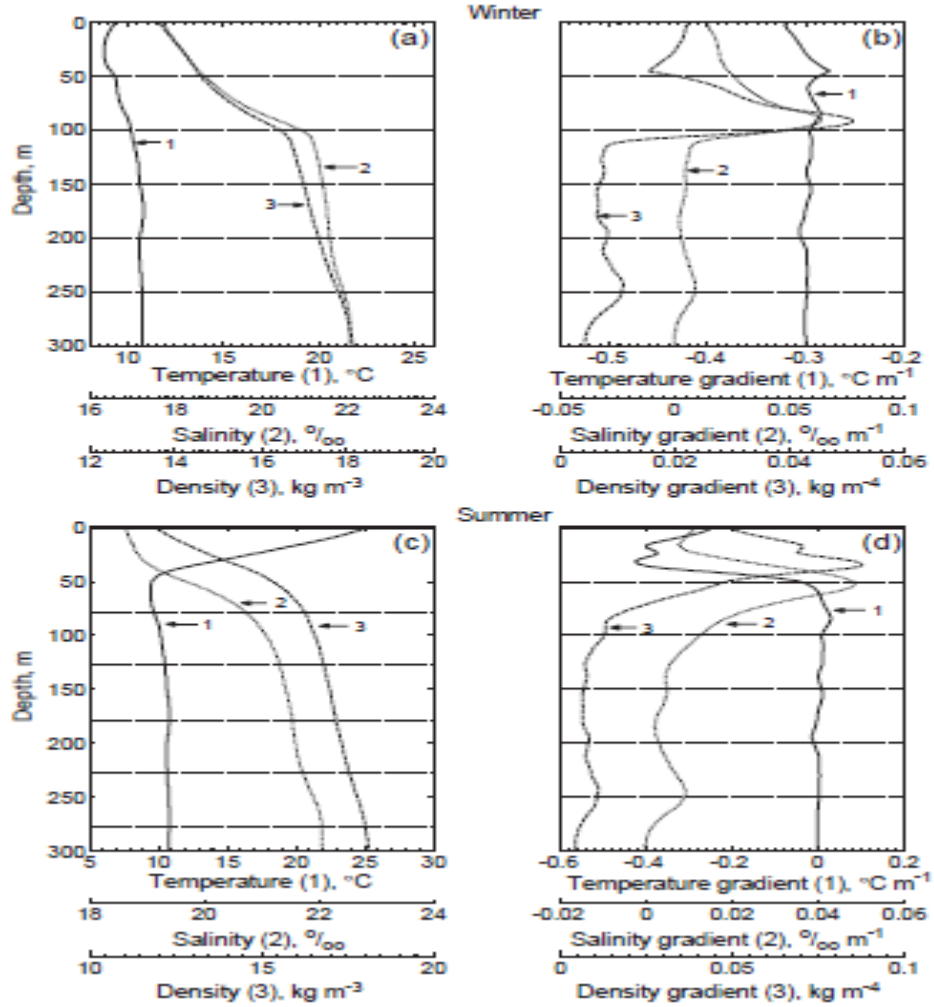


Şekil 2.3. Üst tabaka dolaşım sisteminin büyük yarı kalıcı/tekrarlayan özelliklerini gösteren diyagram. Veriler Topex-Poseidon ve ERSI-II altimetre verisi ve hidrografik çalışmaların sentezi ile elde edilmiştir [28].

Kıyı akıntısı, iç sulardan 3 km ile yaklaşık 50 km'lik bir zonla iyi tanımlanan ve tuzluluk farkları içeren bir cephe ile ayrılmaktadır. Şelf sahası ve iç sular arasında çapraz şelf alışverişinin bulunduğu hidrografik sörveyler, uydu görüntüleri ve altimetre verilerinden tespit edilmiştir [26].

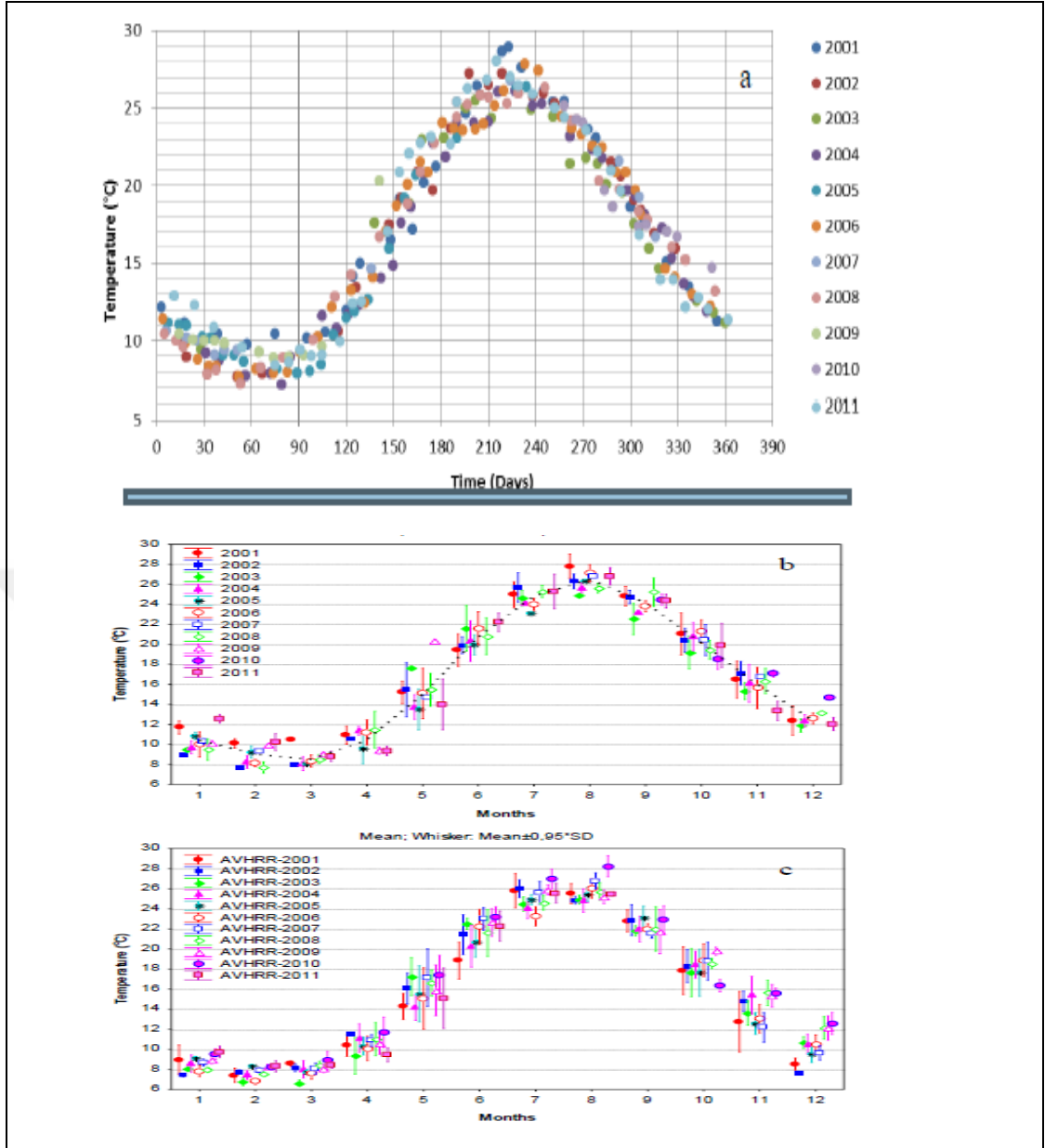
Yüzey sularındaki muhtemel aylık sıcaklık eğrileri asimetriktir. Çünkü sonbaharda suyun soğuması normalin altındadır. İlkbaharda (yazın ilk yarısında) sular maksimum sıcaklığa varmadan önce hava sıcaklığının altında bulunur. Buna karşılık yazın ikinci yarısı esnasında, sonbahar ve kışın su sıcaklığı hava sıcaklığından daha yüksektir. Su sıcaklığındaki değişiklikler, sahillerde ve sığ sularda en yüksek seviyededir. En yüksek su sıcaklıkları ağustos ayında ölçülmüş olup, Kerch boğazında maksimum su sıcaklığına temmuz ayında ulaşılır. En düşük su sıcaklıkları şubat ayında belirlenmiştir. Köstence ve Kerch boğazında en düşük sıcaklıklar ocak ayına rastlar. Kış esnasında Anadolu kıyıları, Kafkasya ve Kırım kıyıları, Karadeniz'in diğer bölümlerinden daha sıcaktır. Çünkü, dağlar engel vazifesi görür ve Karadeniz'deki en verimli sıcak su türleri olan Hamsi ve İstavrit kış boyunca bu bölgelerde yoğunlaşır [29].

Karadeniz'in tipik sıcaklık ve tuzluluk profilleri Blatov ve ark. (1984) ortaya konmuştur. Şekil 2.4.'de görüldüğü üzere; piknoklin, Karadeniz'in tüm derin su alanı üzerinde uzanan Soğuk Orta Tabaka (CIL)'sının alt sınırı ile çakışmaktadır. Bu tabaka, 25 m ile 150 m derinlikler arasında minimum sıcaklık değeri 6.5-7.5 °C ile karakterize edilmektedir. Bu özellikler, Karadeniz'deki hidrolojik, hidrokimyasal ve biyolojik olayları büyük ölçüde etkilemektedir. Tuzluluk tabakalaşması temel olarak vertikal alış-verişini idare eder ve sonuç olarak oksiklin ve kemoklinin 100 m ile 200 m arasında bir derinlikte çakışmasına neden olmaktadır. Karadeniz'in doğudaki orta bölümlerinde, yaz sezonunun sonunda sıcaklık 7.5-8.0 °C arasında değişebilir. Soğuk tabakanın altındaki sıcaklık dağılımı; 100 m'de 7.2-8.5 °C, 300 m'de 8.5-8.9 °C, 500 m 'de 8.6-8.9 °C ve 2000 m'nin altında 9.0-9.1 °C'dir. Sıcaklığın 750-1500 m'ler arasındaki derinliklerde homojen olmasının nedeni derin suların yüksek orandaki dinamik etkisinin bir sonucu olarak açıklanabilir [29].



Şekil 2.4. Karadeniz sıcaklık, tuzluluk ve potansiyel yoğunluk profilleri ile vertikal değişimleri: a) kış profilleri, b) kış vertikal değişimi, c) yaz profilleri, d) yaz vertikal değişimi [30].

Karadeniz'in güneyinde 2000'den sonra yürütülen ve Orta Karadeniz şelf alanı hakkında daha net fikir verebilecek bir diğer çalışma da Alkan ve ark. (2012) tarafından yürütülmüştür. On yıllık bir periyodu içeren (2001-2011) çalışmada sıcaklık değerlerinin aylık ve yıllık ortalamaları elde edilmiştir. Sıcaklık verileri 2002-2004 göreceli soğuk dönem dışında, soğuk ara tabaka suyu oluşumunun yokluğu veya çok belirgin olmadığını göstermekte ve genel bir ısınma eğilimini işaret etmektedir. Söz konusu ısınma eğilimi 1990'lı yıllarda görülen ısınmanın devamı niteliğindedir [30]. Çalışmada elde edilen üç farklı veri tipindeki sıcaklık değişimleri Şekil 2.5.(a-c)'de sunulmuştur.



Şekil 2.5. 2001-2011 yılları için elde edilen yıllık sıcaklık değişimleri, a) 2 m derinlikten elde edilen tüm ölçümlerin derlenmesinden, b) tüm yıllar için mevcut ölçümlerin aylık ortalamasından, c) AVHRR uydu verisi aylık ortalamasından elde edilen değerler [30].

Yüzey sularındaki muhtemel aylık sıcaklık eğrileri asimetriktir. Çünkü sonbaharda suyun soğuması normalin altındadır. İlkbaharda (yazın ilk yarısında) sular maksimum sıcaklığa varmadan önce hava sıcaklığının altında bulunur. Buna karşılık yazın ikinci yarısı esnasında, sonbahar ve kışın su sıcaklığı hava sıcaklığından daha yüksektir. Su sıcaklığındaki değişiklikler, sahillerde ve sığ sularda en yüksek seviyededir.

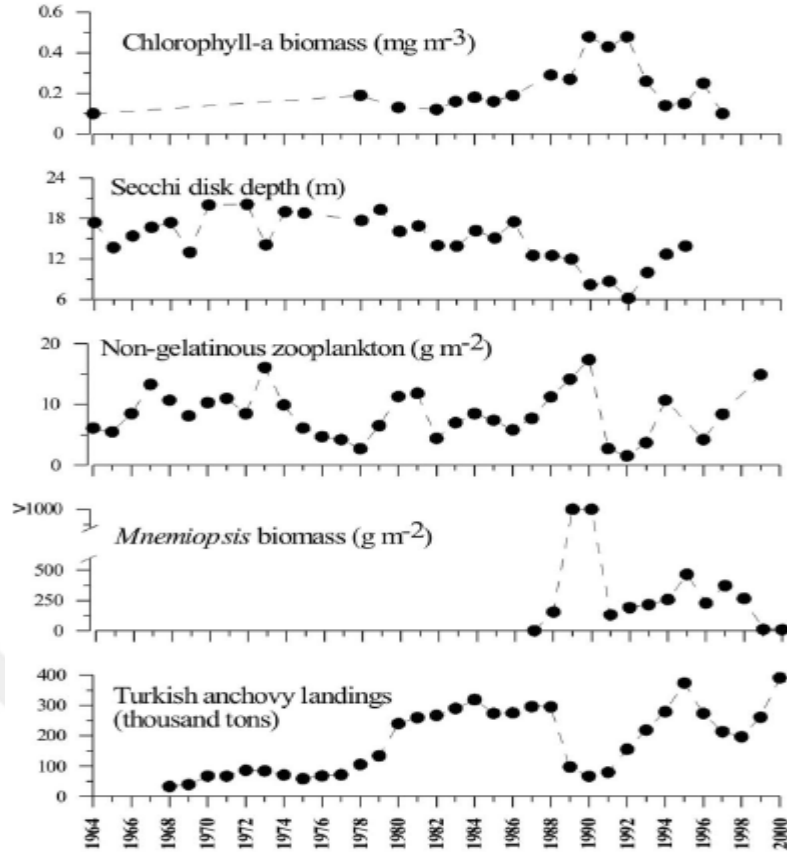
2.5 Klorofil-a Konsantrasyonu

Karadeniz'in fiziksel ve biyokimyasal yapısına dair yapılan kapsamlı çalışmalarda, 1964-2000 yılları arasında, klorofil-a konsantrasyonu değişimini ve ekosistem açısından klorofil-a ile ilgili olan dört farklı faktörün (Seki disk derinliği, jelimsi olmayan zooplankton yoğunluğu, *Mnemiopsis* biyomasi ve karaya çıkarılan hamsi avı miktarı) değişimini de ortaya koymaktadır.

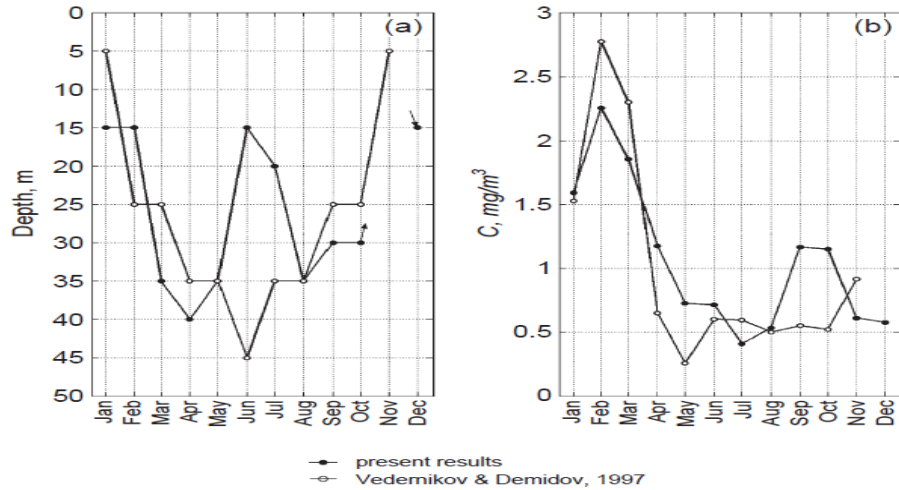
1990'dan itibaren klorofil-a konsantrasyonu hızla artmaya başlamış ve genel ortalama 2 gm^{-3} 'ün üzerine çıktığı görülmektedir. 1996'dan itibaren tekrar düşüşe geçmektedir. Klorofil-a değerindeki bu değişim ekosistem prodüktivitesindeki değişimi de net bir şekilde yansıtmakta ve ikincil faktörler üzerinde anlamlı sonuçlar yaratmaktadır. NATO SfP-971818 Karadeniz Projesi 1980-1985 yılları arasında yürütülmüş ve Optimal Spectral Decomposition (OSD) metodu ile yatay olarak ortalama mevsimsel klorofil-a değişkenliği saptanmıştır. Çalışmanın bulgularına (yüzeyden 100 m'ye kadar toplam 1100 klorofil-a profili ölçümü) göre; kış/ilkbahar (Şubat-Mart) ve sonbahar (Eylül-Ekim) olmak üzere bimodal yapıda iki plankton artışı tespit edilmiş ve tam olarak kayıtlanmıştır.

Klorofil-a bakımından zengin tabaka kış ve Haziran'da 15 m derinliğe kadar ulaşmış ve Nisan'da 40 m, Ağustos'ta ise 35 m'ye kadar derinleşmiştir (Şekil 1.9a-b). Şekil 1.9 dikkate alındığında, Temmuz ayında biri sıg (15 m), diğeri derin (45 m) olmak üzere iki klorofil-a maksimumu görülmektedir. Son 20 yılda toplanan verilere bakıldığında, dört ana tipte klorofil-a konsantrasyonu olduğunu göstermiştir.

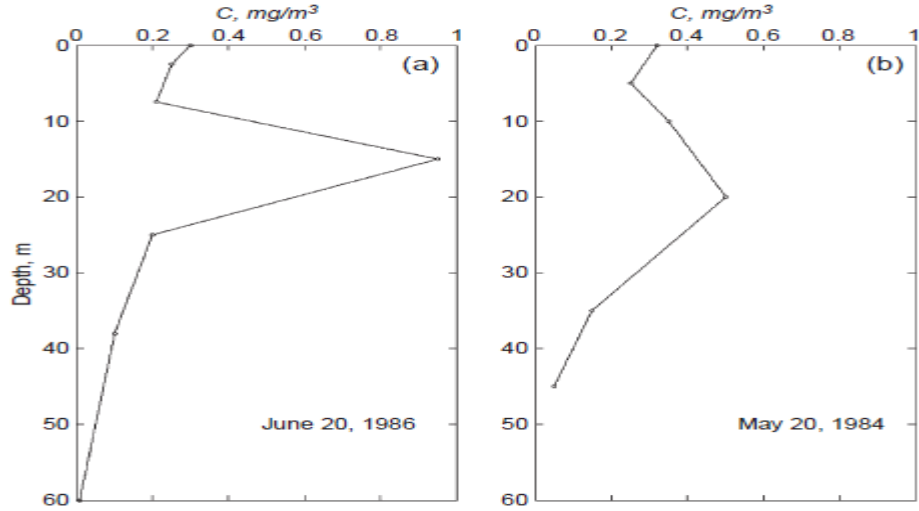
Sınıflandırmalarına göre bir çok belirgin ve simetrik maksimum ya da iki ve daha fazla birbirinden büyüklükçe farklı maksimum değerler yaz ve sonbahar boyunca klorofil-a'nın vertikal dağılımının karakteristik özelliğini oluşturur. Bu dönem içinde sıcaklık tabakalaşması dipten yüzeye doğru ilave nutrientlerin taşınmasını önleyen bir bariyer oluşturmaktadır. Örneğin, iki yerinde ölçümlü klorofil-a konsantrasyon profili, klorofil-a maksimum değerinin yaklaşık 20 m derinlikte gerçekleştiğini açıkça göstermiştir (Şekil 2.6) [26].



Şekil 2.6. Uzun vadeli değişim grafiği a) klorofil-a konsantrasyonu (mg m^{-3}), b) Seki disk derinliği (m), c) Jelimsi olmayan mezozooplankton biyoması (g m^{-2}), d) *Mnemiopsis* biyoması (g m^{-2}), e) Karaya çıkarılan hamsi avı miktarı (kton) [8].



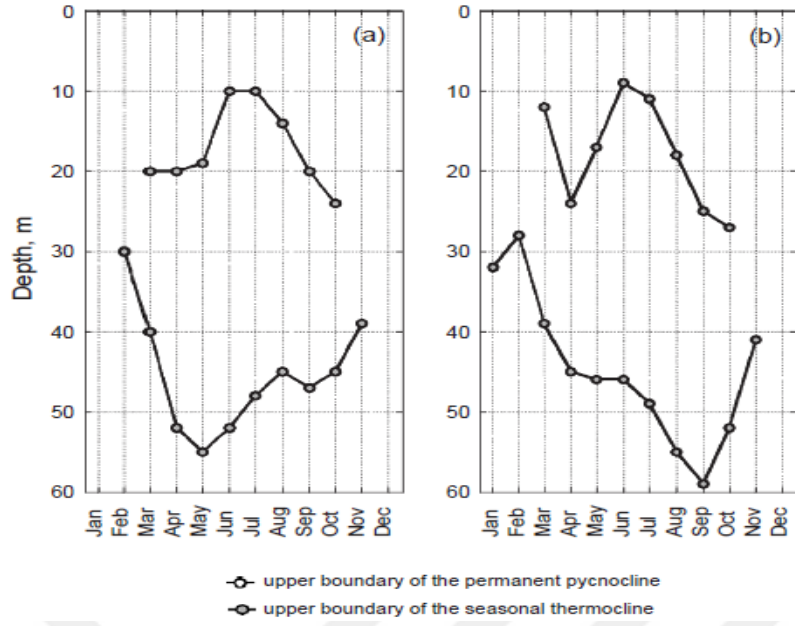
Şekil 2.7 Aylık ortalama a) yüzeyaltı klorofil-a maksimum derinliği ve b) yüzeyaltı klorofil-a maksimum konsantrasyonu. Dolu daire: OSD verisi, boş daire basit aritmetik ortalama [31].



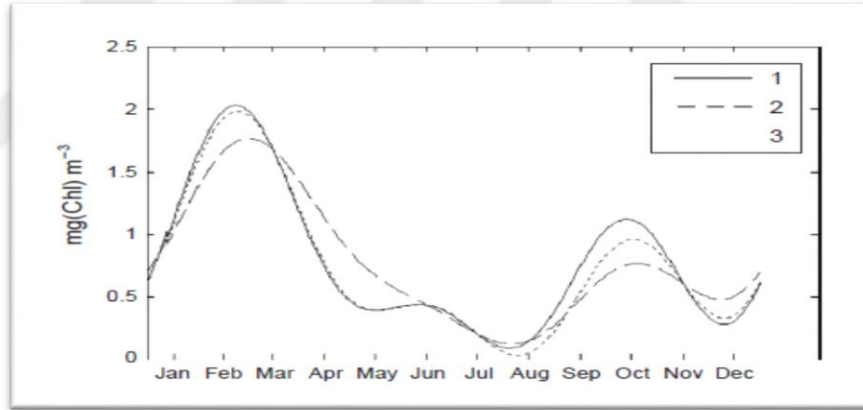
Şekil 2.8. Karadeniz’de gözlenen iki klorofil-a yaz vertikal profili a) Haziran 20, 1986, b) Mayıs 20, 1984 [31].

Karadeniz’de yüzeyaltı klorofil-a’nın maksimum değerinin yeri ve yoğunluğu ötrofik zondaki besleyici miktarı ile ilgilidir [32]. Kış/ilkbahar yüksek birincil üretimi, yüzey tabakada nutrientlerin azalmasına nedenneden olmaktadır ancak bu durum termoklini etkilemez. Bu yüzden termoklinde alg hücrelerindeki klorofil-a artar ve fitoplankton popülasyonu artmaktadır. Buna bağlı olarak da derinliğe bağlı bir klorofil-a tabakalaşması gerçekleşir [33] ve yüzey altındaki klorofil-a maksimum değeri mevsimsel termoklinin hemen altında yer almaktadır. Diğer taraftan klorofil-a bolluk tabakası sabit piknoklinin üst sınırı ile sınırlıdır. Temmuz’da, mevsimsel termoklinin üst sınırı (sabit piknoklin) merkezi Batı (Şekil 2.8 a) ve Doğu (Şekil 2.8 b) siklonik girdapları için 10 m (49-52 m)’ dir.

Sonuç olarak Karadeniz’in yüzey altı klorofil-a konsantrasyonu bimodal-zamanlı bir yapıya sahiptir. Birinci maksimum 2.25 mg/m³ ile Şubat ayında, ikinci maksimum ise 1.16 mg/m³ ile Eylül-Ekim ayında kaydedilmiştir. Minimum klorofil-a değerlerinin birincisi 0.40 mg/m³ ile Temmuz ayında, ikincisi ise 0.58 mg/m³ ile aralık ayında belirlenmiştir [31].



Şekil 2.9. Sabit piknoklin ve mevsimsel termoklinin a) Batı, b) Doğu siklonik girdaplarındaki üst sınırları [31].



Şekil 2.10 Üst 5 m derinlikteki tabakada klorofil-a konsantrasyonu (OSD yapılandırması) Düz çizgi: tüm veri (1. veri seti), uzun kesikli çizgi: Nisan hariç (2. veri seti), kısa kesikli çizgi: Ağustos hariç (3. veri seti) [31].

Karadeniz’de yüzey suları için klorofil-a sonuçları değerlendirilirken üç veri seti hazırlanmış ve hepsinde benzer eğilim elde edilmiştir. Bu veriye göre üst 5 m derinlikteki sularda klorofil-a Şubat (Kış/ilkbahar; 2.00 mg (klorofil-a)/ m³) ve Ekim (sonbahar; 1.00 mg (klorofil-a)/ m³) dönemlerinde artış gösterir (Şekil 2.9). Birinci dönemdeki klorofil-a konsantrasyonunun ikinci döneme oranı üç veri seti için sırasıyla 1.8, 2.2 ve 2.3 olarak bulunmuştur [31].

2.6 Derin Deniz Deşarj Sistemlerinin Denizel Ekosistemlere Etkisi

Günümüzde, denizel alanların kıyısında bulunan büyük ya da küçük tüm yerleşim alanlarından denizel ortama insan kaynaklı organik, inorganik ve termal deşarj yapılmaktadır. Doğal şartlar altında kıyısız deniz alanlarına karasal kökenli kirleticiler yağışla yıkanma ya da akarsularla taşınma yoluyla girdisinin olması mümkündür. Doğal şartlar altında gerçekleşen bu deşarjların denizel alana etkisi, insan kaynaklı deşarjlarına göre çok alt düzeydedir. Biyolojik anlamda ele alacak olursak, insan kaynaklı bu deşarjlar doğal değildir ve ekosistemi mutlaka olumsuz yönde etkilemektedir. Bu gerçeği bilmekle birlikte günümüz dünyasında daha iyi bir alternatif bulunmadığı sürece sözkonusu deniz deşarjı yönteminin kullanılmaya devam edilecektir. Bu durum da, izlenilecek en rasyonel yol, ekosistemin özelliklerini tanımaktır fakat deniz ekosistemleri ve özellikleri birbirinden son derece farklı olabildiğinden çok kolay olmayacaktır.

Bu yüzden deşarjları kontrol altında ve en iyi koşullarda gerçekleştirilerek mevcut olumsuz etkileri ekosisteme en az zararı verecek şekilde minimize etmek en akılcı çözüm olacaktır.

Deniz ortamına taşınan karasal kökenli kirlilik yükü ve sıcak-tuzlu-yoğun suların ortama etkisi etki faktörünün şiddetine ve denizin ekosisteminin özelliklerine bağlı olarak farklı sonuçlar doğurabilmektedir. Soğuk kuzey enlemlerde bu etki nispeten daha kolay tolere edilebilirken Karadeniz gibi subtropik kuşakta bulunan sular ve özellikle de ötrofikasyon eğilimi yüksek kıyısız sahil sularında etkiler daha vahim sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. Dolayısıyla risk faktörleri hesaplanmalı ve ekosisteme mümkün olan en az zararın verileceği akılcı yöntemler izlenmelidir. Risk faktörü elbette yerleşim bölgesinin büyüklüğüne, deşarjın evsel veya endüstriyel kaynaklı oluşuna ve çevrede tarım arazilerinin yoğunluğuna bağlı olarak ve hatta tüm bu faktörlerin hepsinin bir arada bulunabilirliğine bağlı olarak yükselebilir. Bu risklerin ve çevreye etkilerinin boyutları ile ilgili çok sayıda bilimsel çalışma bulunmaktadır. Her ekosistem birbirinden farklı tepkiler verebilirse de, benzer biyotik ve abiyotik değişkenlerin varlığına bakılarak Karadeniz için muhtemel tepkilerin neler olabileceği konusunda fikir yürütülebilir.

2.6.1 Baskıların belirlenmesi

Kanalizasyon, evsel atıklar, endüstriyel deşarj, tarımsal akış ve çeşitli kaynakları içeren karasal kökenli kirliliğin çevresel, sosyal ve ekonomik etkileri oldukça fazladır. Bozulmuş kıyı habitatu ve balıkçılık sahaları, kıyı turizminin ekonomik faydasında azalma, azalan balıkçılık, tür kayıpları, hastalıklar bu etkiler arasında sayılabilir. Bu etkilerin yıllık maliyeti milyar dolarlar seviyesindedir. Etkiyi hedefleyen projeler ve etkin yönetmeliklerin dizaynı ve uygulanması için aktif paydaş katılımı büyük finansal yatırım, politik irade, geçerli teknik analizlerin olması gerekmektedir. Diğer taraftan kent ve kıyı planlayıcılar ve yasa yapıcılar gerçek zamanlı ve çözüm odaklı bilgiye ihtiyaç duyarlar. Tüm bu çalışmalar minimum sosyal, ekonomik ve politik düzenlemeler ve en az maliyette riskleri azaltmanın en büyük olasılığını belirleyebilecek müdahale kombinasyonları ve tayin tiplerini içermektedir.

Kanun yapıcı ve planlayıcılar tarafından başarılı olabilmek için teknik bilgide katkıda yaygınlaştırılması ve geliştirilmesi için hangi stratejiler kullanılacaktır? Karasal kökenli kirleticilerin etkileri hakkında teknik bilgiyi kanun yapıcılar etkin bir şekilde nasıl kullanacaktır? Geçerliliğini ve kullanılabilirliği nasıl belirlenecektir? En iyi teknolojik uygulamalar ile karasal kökenli kirleticilerin önlenmesi ve alıcı ortamların korunması sağlanacaktır:

1. Entegre bilgi sistemlerinin oluşturulması
2. Geçmişe yönelik değerlendirme ve modelleme yoluyla çevreye duyarlı alıcı ortam operasyonu
3. Minimum ekolojik akışı belirlemek için bir ekolojik deşarj modeli geliştirme
4. Entegre kavram yönetimi değerlendirme ve kapasitesinin belirlenmesi
5. Atıksularda yapay sulak alanlar gibi doğal sistemlerin kullanımı
6. Bütünleşik kıyı yönetimi
7. Çevresel etki değerlendirme yönergeleri uygun liman kabul tesislerine ve atık bertaraf altyapısının ön-fizibilite çalışmaları
8. Atıksu yönetiminde ve genelde temiz üretim teknolojileri ve en iyi üretim teknoloji opsiyonları
9. Ortam su kalite izlenmesi (alanın standardizasyonunu ve laboratuvar yöntemlerini içermektedir)
10. Kirlilik indeksinin belirlenmesi

11. Doğal kaynak koşullarının tayini için araçlarının geliştirilmesi (zararın boyutunu içeren) risk tayini ve risk yönetimi

12. Kıyı deniz kaynakların ekonomik değerlendirilmesi

Etkili müdahalelerin azaltılması veya karasal kökenli kirlilik kaynaklarını azaltmak ana hedeflerimiz arasında olmalıdır. Karasal kökenli kirlilik yönetimi yapabilmek için doğal, sosyal ve bilimsel verilerin analizlerinin ilişkilendirilmesi gereklidir. Ekosistem mal ve hizmetlerin değerinin dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi karasal kökenli kirlilik kaynaklarının yönetimi için önemli bir gerekçe sağlayacaktır. Burada kritik bir adım ekosistem tarafından sağlanan toplam mal ve hizmetleri anlamaktır. Daha geniş olarak tanımlanırsa, 'ekosistem hizmetleri' doğal sistemlerde refah ve ekonomik zenginlik bağımlılığına değinmektedir. İnsanlar tarafından kıyı kaynak yönetimi (ön yönetim) ilgili davranış, insan algısı ve topluluk düzeyinde sosyal dinamikleri son yıllarda daha yaygın hale gelmektedir. Deniz yönetimi için topluluk tarafından destek ve algının temel anlaşılması yönetim aktivitelerinin uygulanmasında bir karışıklık yatacaktır. İnsanların deniz çevresinin algıları ve kıyı yönetimi çabaları odaklanmak için ölçeklendirme gerekiyor. Entegre kıyı bölgesi yönetimi (ICZM), entegre su kaynakları yönetimi(IWRM) ve entegre nehir havzası yönetimi (IRBM) uygulanabilir. Çevre kalitesi korunurken kıyıda ki ekonomik büyüme artırılması arasında bir denge sağlamak gereklidir.

Su Çerçeve Direktifi (SÇD) suyun nesillerce sürdürülebilir kullanımı için koruma ve restorasyonu sağlamayı hedefleyen yasal bir çerçeve yönetmeliktir. Nehirler, göller, geçiş suları olan haliçler ve kıyı sularının yanı sıra yeraltı sularını da bütünsel olarak ele alan bu çerçeve yönetmelikte insan etkinlikleriyle birlikte oluşan baskılar ve bunların etkilerin analizinin yapılması önemlidir. Yönetim Temel Birimleri/Uygunluk Kontrol Birimleri olan su kütlelerinin belirlenmiş hedef kaliteye ulaşamama durumunu önceden belirleyebilmek amacıyla yapılan bu risk değerlendirme basamağı direktifte baskı ve etkilerin analizi olarak tanımlanmıştır.

Yüzey sularını yakından tanımayı ve değerlendirmeyi sağlayan başlangıç evresinde insan etkinliklerinden doğan baskılar olup, sonucunda görülen etkiler için analiz ve değerlendirmeler yapılır. Burada belirtilmekte olan baskılar temel olarak kirlletici baskıları, nicel kaynak baskılar, hidromorfolojik baskılar ve biyolojik baskılar olarak dört ana grupta toplanabilir. Kirlletici baskıları noktasal (kentsel, endüstriyel, madencilik, balıkçılık, enerji ve bunun gibi karasal kökenli kirlleticiler) ve yayılı (tarım, atmosferik, sanayi atıkları ve ulaşım sektörü kaynaklı kirlleticiler) olarak

belirlenebilmektedir. Niceliksel kaynak baskıları su kaynaklarının çeşitli kullanımlar sonucu oluşan baskılardır. Yüzey suları üzerindeki hidromorfolojik baskılar daha çok nehirler üzerindeki insan etkinlikleriyle ortaya çıkar ve genel olarak tarama, su tutma ve kanal yatağı değişiklikleri olarak gruplandırılabilir. Biyolojik baskıları doğuran nedenlerse temel olarak balıkçılık ve gemicilik faaliyetleri olarak belirtilebilir [34].

2.6.2 Evsel DDD sistemlerinin Karadeniz ekosistemine etkileri

Bossart ve ark. (1990), bazı virüslerin evsel atıksu ile deniz memelilerine aktarıldığını ve zoonotik yapıda olduğunu ileri sürmüştür. Grip, solunum sinsityum virüsü, herpes, sitomegalovirüs ve kızamık da deniz memelilerini enfekte edebilen zoonotik virüslerdir. Deniz memelilerinde tespit edilen insan patojenleri içeren atıksu su ile ilişkili bakteriler *Escherichia coli*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Vibrio kolera* ve *Salmonella sp*'yi kapsamaktadır. Atıksu kaynaklı mantarlar da, kirlenmiş sularda yaşayan deniz memelilerini enfekte edebilmektedir.

Evsel kökenli deşarjlarla balıkların yaygın kısa vadeli tepkisi deşarj noktasının çevresinde bolluğun artmasıdır. Nutrient miktarında ve dolayısıyla balıklar için yem miktarında kısa vadeli bir artış meydana gelir ve bu balık türlerinin popülasyonunda artışa neden olabilir. Ancak, besin düzeyleri arttıkça alg gelişimi ve toksin üretimi olasılığı artmasına neden olarak sudaki çözünmüş oksijen azaltmaktadır. Uzun vadeli etkileri ise fitoplankton biyokütle artışlarını ve bentik ve balık topluluklarıyla tür çeşitliliğinde büyük ölçekli azalmaları kapsamaktadır. Alg toksinleri ile kirlenen suda beslenen balık türleri bu toksinleri absorbe ederler ve bazen sonuç kitlesel ölümlere kadar gidebilir. Karasal kökenli atıklarının neden olduğu en önemli sorunlardan biri derekreasyon amaçlı kullanımını etkileyen nitelik kaybıdır. Evsel kökenli atıklar plajlarda varlığı ve turizm kaybı ile ilişkili olarak ekonomik kayıplara neden olmaktadır [35].

Nutrient yüklerinin kıyı sularında iki yaygın tepkisi tanımlanmıştır. Bunlardan ilki klorofil, birincil üretim, makro ve mikro alg biyokütlesinde değişim, organik madde çökmesi, değişen besin oranları, zararlı alg çoğalmaları gibi direkt tepkilerdir, ikincisi ise bentik biyokütle, bentik toplum yapısı, bentik makrofitler, habitat kalitesi, su geçirimsizliği, sediman organik maddesi, sediman biyojeokimyası, çözünmüş oksijen seviyesinde değişim, sucul organizmaların ölümü gibi dolaylı tepkilerdir. Fitoplankton biyokütlesinin artması ve bunun sonucunda geçirgenlik ve ışık şiddetinin azalması batık bitkilerin büyümesini sınırlayan dolaylı bir tepkidir. Alg patlaması ve sonrasında

alg çökmesi hipoksi/anoksi ve bundan dolayı geniş alanlarda bentik canlılar ve balıkların kitlesel ölümüne yol açabilmektedir. Böylece hassas türler ortadan kalkabilir ve ekosistemde önemli değişiklikler meydana gelebileceği ortadadır. Kötüleşen çevresel kalite, ekolojik ve biyolojik kayıplara ek olarak, rekreasyonel değerleri ve turizmi de olumsuz etkilemektedir. Tüm dünyada birçok alanda, yüz binlerce km²'yi etkileyen besin konsantrasyonu, fitoplankton biyokütlesi ve üretkenlik artışları, besin oranlarının değişimi, tür kompozisyonu değişikliği ve büyük ölçekli hipoksi/anoksi rapor edilmiştir.

Ötrofikasyonun tür kompozisyonu, yapısı ve geniş alanlarda canlı topluluklarının fonksiyonunda önemli değişikliklere neden olduğu gösterilmiştir. Fitoplankton topluluklarının genel ötrofikasyon tepkisi biyokütle ve üretkenliğin artması şeklinde ortaya çıkmaktadır. Diatomlardan dinoflagellatlara kayma ve aynı zamanda fitoplankton boyutunun küçük boyutlu nanoplankton hakimiyetine doğru kayması (örneğin mikroflagellatlar) genellikle gözlenir. Benzer bir tepki deotçul kopepodların yerini küçük boyutlu ve jelatinli zooplanktonların alması ile zooplankton topluluklarında gözlenmektedir. Ötrofikasyon aynı zamanda makroalg ve filamentli alglerin çoğalmasını teşvik etmektedir. Bu genellikle problem oluşturur ve bentik faunayı, balık beslenmesi ve çoğalmasını, rekreasyonel kullanımları ve turizmi etkileyebilir. Ötrofikasyon kaynaklı hipoksi, bentik toplulukların ve balık topluluklarının trofik yapısı ve besin zincirinin yanı sıra yapısı ve çeşitliliğini değiştirir.

Bentik topluluklarda yırtıcı gastropodların hakimiyetinde azalma ve ötrofikasyona tepki olarak demersal (dipte yaşayan) balık türlerinin pelajik (suda yaşayan) türlere doğru kaydığı rapor edilmiştir.

Denizlerde evsel atık girdisinin olduğu değişik bölgelerde kirlilik parametreleri tayini yapıldığında alınan sonuçlarda organik madde, amonyak, azot ve deterjanın yüksek olduğu görülmektedir. Amonyak ise biyolojik açıdan canlılar üzerinde toksik etkiye sahiptir. Deterjanlar; boşaltıldıkları sularda köpük oluşturma, biyolojik ayrışma sonucu oksijen tüketimi ve trofikasyona neden olmaktadır. Deterjanın balıkların bünyesinde biriktiği bilinmektedir. Denizlerde ötrofikasyon problemi dünya çapında pek çok kıyıya yakın sularda giderek daha şiddetli toksik fitoplankton artışlarının ortaya çıkmasıyla son yıllarda önem kazanmıştır. Denizde toksik fitoplankton artışları tatlı su ekosistemlerinden daha önemlidir. Toksik türlerinin çeşitliliği çok daha fazladır

ve mevcudiyetleri deniz ürünlerinin tüketimi ve satışı üzerinde önemli etkilere neden olabilmektedir [36].

Haliç ve kıyı deniz ekosistemleri üzerinde ötrofikasyonun etkileri aşağıdaki gibidir:

- ✓ Deniz fitoplankton ve epifitik alg biyokütlesinin artması,
- ✓ Fitoplankton tür kompozisyonunun toksik türlere kayması (örneğin çiçeklenme oluşturan dinofagellatlar),
- ✓ Jelatinimsi zooplankton seviyesinin zararlı derecede artışı,
- ✓ Makroalgüretim, biyokütle ve tür kompozisyonundaki değişiklikler,
- ✓ Damarlı bitki üretimi, biyokütle ve tür kompozisyonundaki değişiklikler,
- ✓ Suyun berraklığının azalması,
- ✓ Mercan resifi topluluklarının ölümü ve kayıpları,
- ✓ Su kütlesinin estetik değerinin azalması,
- ✓ Su kolonunda yüksek pH ve çözünmüş oksijen azalması,
- ✓ Tür kompozisyonunun daha az tercih edilen canlı türlerine doğru kayması,
- ✓ Rekreatyonel ve ticari canlı türlerinin ölme olasılığının artması.

2.7 Derin Deniz Deşarjı Tasarım Kriterleri

Deniz deşarj tesisleri başlıca; deşarj terfi merkezi veya cazibeli deşarj halinde, yükleme odası, denge bacası, deşarj hattı ve difüzör birimlerinden oluşmaktadır.

2.7.1. Deşarj borusu yönünün ve boyunun belirlenmesi

Deşarj borusu doğrultusu, boruyu etkileyecek dalga kuvvetlerini asgariye indirmek amacıyla en büyük dalgaların geliş istikametine olabildiğince paralel olacak şekilde yerleştirilmeye çalışılır. Deniz tabanına yerleştirilen deşarj borularına dalgalar ve akıntılar nedeniyle hidrodinamik kuvvetler etkimektedir. Ancak, akıntıların yarattığı kuvvetler, normal koşullarda, dalgaların oluşturduğu kuvvetler yanında ihmal edilebilecek mertebede kalmaktadır ve ölçülen akıntı hızları göz önüne alındığında, bu kuralın geçerli olduğu söylenebilir. Bu durumda yapılan tasarımın doğru ve tutarlı olabilmesi için, seçilen bir tasarım dalgası tarafından oluşturulacak olumsuz etkilerin belirlenmesi ve bu koşullar altında borunun kararlılığı ile dayanımını sağlayan önlemlerin önerilmesi gerekir. Karadeniz Bölgesi'nde yapılan çalışmalar ve mevcut

projeler incelendiğinde boruların deşarj hattı boyunca gömülerek geçirilmesi, boruları korumak adına en etkili çözüm olarak görülmektedir.

Deşarj borusu boyunun belirlenmesi, derin deniz deşarj projelerinin en önemli aşamalarından biridir. Çizelge 2.1’de Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği’nin (SKKY Tablo 24) getirdiği kıstaslarda, deşarj borusu boyu ile ilgili sınırlamalar mevcuttur.

Çizelge 2.1. Evsel atıksu debilerine göre minimum deşarj boru boyu

Nüfus	Debi	Minimum deşarj boru boyu
<1000	200 m ³ /gün	500 m
1000–10 000	200–2000 m ³ /gün	1300 m

Boru boyu (ve buna bağlı olarak ulaşılan derinlik), sistemin sağlayacağı seyrelmeleri en çok etkileyen parametredir. Bu nedenle deşarj borusu boyunun belirlenmesinde alıcı ortama verilen kirlilik yükünün seyrelmesine ait hesaplamalar kullanılmaktadır. Boru boyu, gerekli seyrelmeyi sağlayacak boru boyu buna bağlı olarak derinlik, seyrelme hesaplarına göre seçilmelidir.

Etkin boru boyunun hesabında Pomeroy formülü kullanılabilir:

$$X = \frac{a.Q'}{Y} \quad (2.1)$$

Burada;

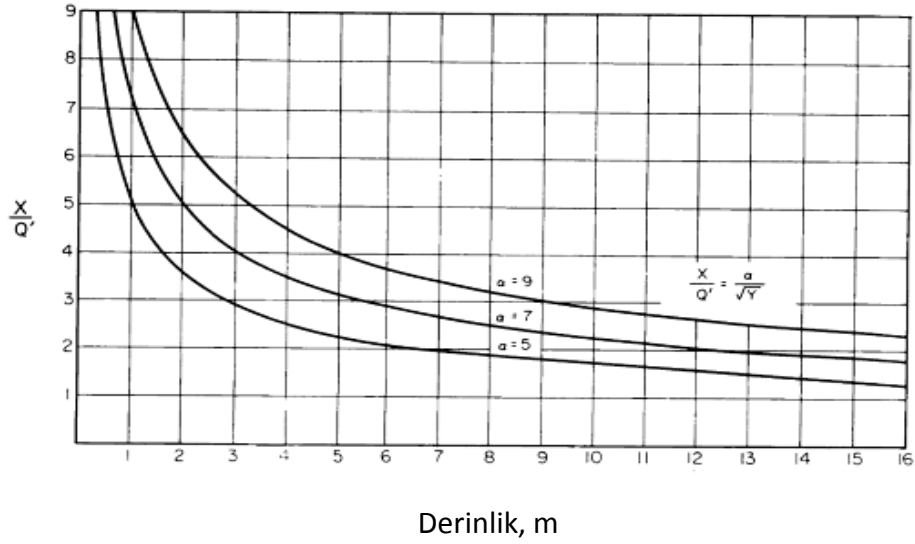
- X : Etkin boru boyu (m)
Q' : Ortalama debi (m³/s.gün)
Y : Deşarj derinliği (m)
a : Pomeroy katsayısı

“q” katsayısı, yerel şartlara bağlı olmakla birlikte Çizelge 2.2.’de verildiği şekliyle hesaplarda kullanılabilir.

Çizelge 2.2. Pomeroy formülündeki a katsayıları

Alan	q (Tipik değer)
Plaj ve yüzme alanları	9
Yüzme dışı turistik alanlar	7
Diğer alanlar	5

Şekil 2.11’de Pomeroy formülünde parametrelerin hesaplanmasında kullanılan eğri verilmiştir.



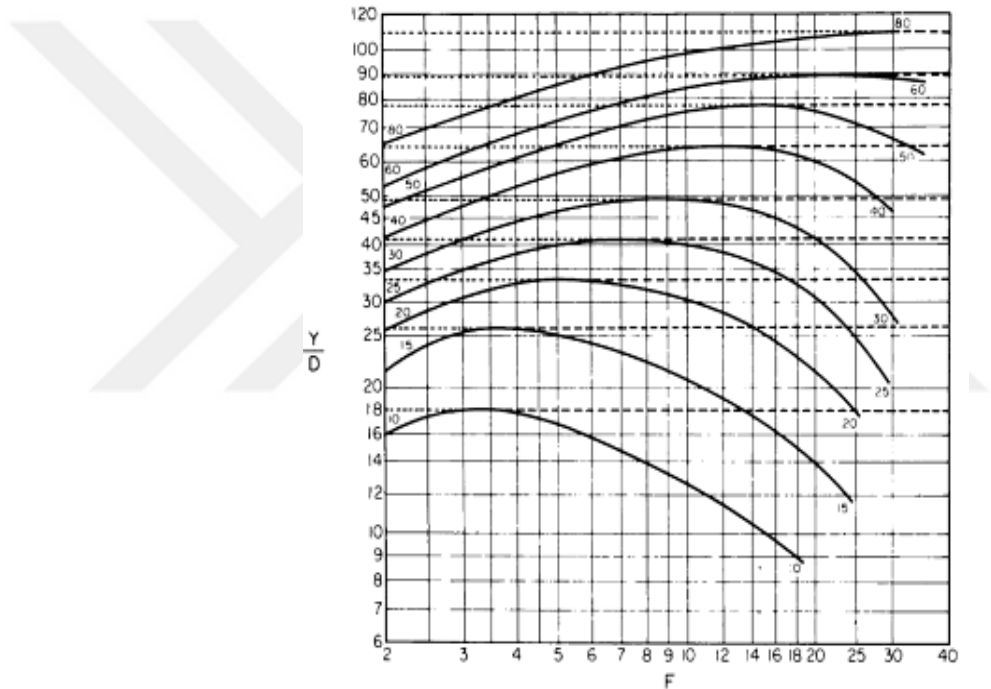
Şekil 2.11. Boru boyunun hesaplanması için Pomeroy formülünden oluşturulan abak [37].

Karadeniz’in oşinografik özellikleri dikkate alındığında tabakalaşma derinliğinin yaklaşık 25 metre olduğu Bakanlığın Karadeniz Kirlilik İzleme Projesi verilerinden anlaşılmaktadır. Bu bağlamda, Karadeniz’de DDD için uygulanması gereken en az deşarj derinliğinin 30 m ve deşarj hattı boyunun da kıyı alanlarının korunması açısından en az 2000 metre olması önerilmektedir. Karadeniz’in batimetrik özelliği nedeniyle 45 metre derinliğin sağlandığı alanlarda 2000 metre deşarj hattı boyu kriterinin aranmayarak kıyı koruma bandı mesafesi (300 metre) ile dalga kırılma noktaları dışına deşarj edilmesi uygun görülmektedir.

2.7.2 Deşarj borusu çapının belirlenmesi

Deşarj borusu çapı, arıtılmış atıksuların borular içindeki akışı için aşağıda verilen maksimum ve minimum hız sınırları göz önüne alınarak süreklilik denkleminde belirlenecektir.

Deşarj borusunda çökelmenin önlenmesi için minimum hızın 0,6 m/s, aşırı yük kayıplarının engellenebilmesi için maksimum akış hızının 2,5 m/s olarak alınması gerekmektedir. Bunun yanı sıra sistem günde en az bir kere hız 0,75 – 0,80 m/s olacak şekilde dizayn edilmelidir. Deşarj hatlarında optimum su hızı 0,8 – 1,8 m/s olmalıdır. Deşarj borusunun çapının belirlenmesinde Şekil 2.12’de verilen grafik kullanılmaktadır.



Şekil 2.12. Seyrelme hesabı ile deşarj boru çapının belirlenmesinde kullanılan abak [37].

Burada;

Y : Deşarj derinliği (m)

D : Deşarj borusu çapı (m)

Q : Maksimum debi (m³/s)

ifade etmektedir. Froude sayısı;

$$F = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} D^2 \sqrt{g' D}} \text{ formülü ile hesaplanmaktadır (} g' = 0.27468 \text{).} \quad (2.2)$$

2.7.3 Difüzör yönünün belirlenmesi

Difüzör yönü genellikle hakim akıntı yönüne dik olacak şekilde belirlenir. Burada amaç, ilk seyrelme etkinliğini en üst düzeyde tutabilmektir. Özellikle jet dinamiğinin etkili olduğu ilk seyrelme, deşarjlarda sistemin performansını arttırmak için yüksek tutulmaya çalışılır ve diğer seyrelmelere göre yüksek olan seyrelmedir. Bölgede mevcut dip akıntı varsa difüzörü bu akıntıya dik olarak yerleştirmek ilk seyrelmeyi artıracaktır.

2.7.4 Difüzör boyunun belirlenmesi

Difüzör boyu, difüzörün birim boyundan deşarj edilmesi gereken debinin seçilmesi ile belirlenir. Bu debiye birim debi adı verilir ve “q” ile gösterilir. Maximum debinin birim debiye bölünmesi ile de (Q_{max}/q) bir difüzör boyu elde edilir. Yapılan araştırmalar göstermiştir ki, $q=0,010 - 0,015 \text{ m}^3/\text{s.m}$ aralığında yapılan bir seçim hem hidrolik özellikler, hem de dispersiyon etkinliği açısından gerekli sınırlar içinde kalan bir difüzör boyunu belirlemektedir. Daha sonra, delik aralıkları ile delik çaplarının da sağlaması gereken kriterler göz önüne alınarak yapılan hidrolik hesaplar ile gerçek difüzör boyunun, delik çaplarının ve delik aralıkları belirlenmelidir.

2.7.5 Difüzör çıkış delik özelliklerinin belirlenmesi

Difüzörden çıkış yatay veya düşey yönde olabilmekte, boru üzerinde bir delik şeklinde açılan çıkış ağızları (dairesele veya çan eğrisi biçiminde yuvarlatılmış) veya baca şeklinde, kısa borulardan oluşturulan çıkış ağızları kullanılabilir.

2.7.6. Deliklerin çap, aralık sayıları

Çeşitli ülkelerde farklı değerler kullanılmaktadır. Örneğin ABD minimum delik çapı 5 cm önerilmektedir, İskandinav ülkelerinde ise 10 cm uygun görülmektedir. Yapım ve temizleme kolaylığı sağlamak gibi pratik düşünceler, delik çapının en az 10 cm olması gerektiğini ortaya koymaktadır [37].

Ülkemizde uygulanan deşarjlarda 10 cm delik çapı pek çok projede uygun görülse de mekanik ızgaradan geçirilen ve ilave başka bir ön arıtma birimi bulunmayan atıksu deşarj proseslerinde difüzör delik çapı en az ızgara net açıklığının 2 katı olarak alınmaktadır.

Difüzör deliklerinin toplam alanı aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır;

$$\sum_{i=1}^n a_i \leq \left(\frac{1}{2} \sim \frac{2}{3} \right) \cdot \frac{\pi d^2}{4} \quad (2.3)$$

Burada;

D : deşarj boru çapı;

a_i : i derinliğinin en kesit alanıdır.

Delikler arası mesafe (L) hesaplanırken atıksuyun yüzeye çıkması durumunda;

$$L \geq \frac{1}{3} h$$

Yoğunluk tabakalaşması olması durumunda atıksu tutuklanmışsa;

$$L \geq \frac{1}{3} y_{\max}$$

olarak alınmaktadır. Şaşırtmalı difüzör delikleri için bu değerlerin yarısı alınabilir.

2.7.7 Seyrelme hesapları

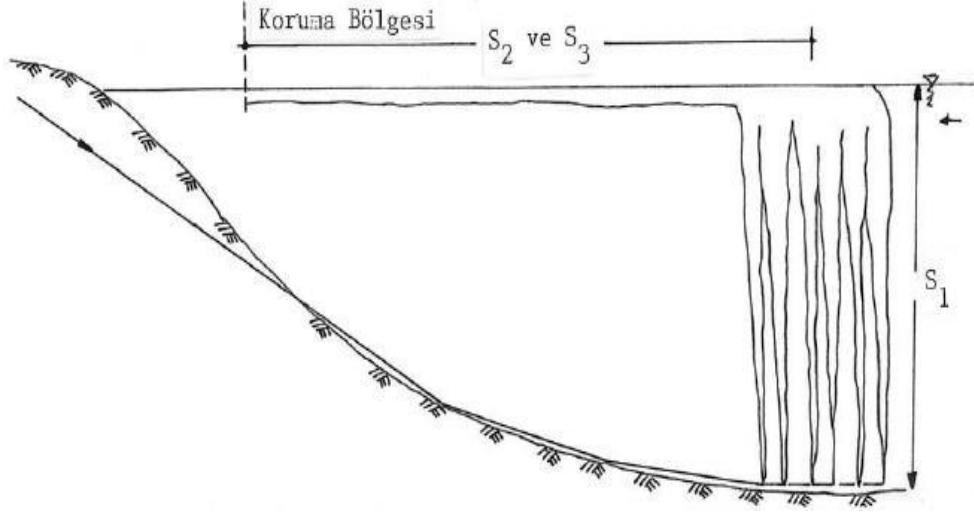
Derin Deniz deşarj hattı ile denize verilen atıksular üç değişik yolla seyreltilir:

Atıksuyun deşarj borusu ucundan çıkarak su yüzeyine erişmesi veya belli bir seviyede batmış vaziyette kalması sırasında seyrelmesi. Buna ilk seyrelme (S_1) denir.

Su yüzeyine ulaşan veya belli bir derinlikte batmış vaziyette duran atıksu tarlasının boyuna dispersiyon etkisi ile yatay istikamette yayılıp, açılarak seyrelmesi. Buna ikinci seyrelme (S_2) denir.

Atıksu su içerisindeki korunamayan türden unsurların 1 ve 2.'deki fiziksel seyrelmelere ilaveten zamanla biyolojik olarak ayrışmaları, güneşin radyasyon tesiri ve çökelen maddelerle sürüklenme yoluyla uğradıkları ilave seyrelmeye de üçüncü seyrelme (S_3) denir.

Toplam ya da gerekli seyrelme ($S_T = S_1 \times S_2 \times S_3$) ile hesaplanır.



Şekil 2.13. DDD Sisteminde S1, S2, S3 Seyrelmeleri [37].

DDD sisteminin sağlaması gereken seyrelme oranı; deşarj edilen sudaki kirlетici madde konsantrasyonu C_0 , C_{st} ise SKKY’nde verilen o kirlетici için sağlanması gereken standart olmak üzere:

$$S_{gerekli} = C_0 / C_{st} \text{ olarak tanımlanmaktadır.}$$

2.7.7.1 Seyrelme (Yakın alan seyrelmesi)

Atık suyun deşarj borusundan çıkışı ile başlayıp, deniz suyunda yoğunluk tabakalaşması oluşması halinde tutsaklanma seviyesine, deniz suyu yoğunluğunun derinlik boyunca değişmemesi durumunda ise yüzeye çıkışına kadar devam eden ve esas olarak sıvı jetinin momentumu ile atık su ve deniz suyu arasındaki yoğunluk farklılığının yaratacağı seyrelmeye ilk seyrelme denir. 1. seyrelmeyi etkileyen pek çok faktör vardır. Bunlar içerisinde en önemlileri: atık suyun karakteri ve yoğunluğu, difüzör tipi ve boyutları, deniz suyundaki tabakalaşma durumu, deşarj yerindeki derinlik, ilk karışım akıntı değerleridir.

1. seyrelme deniz ortamında yoğunluk derinlik değişimlerinin homojen, lineer ve non lineer olması durumlarında farklı hesap yöntemleri ile hesaplanmaktadır. Ayrıca difüzörden deşarj edilirken atıksu bulutlarının birbirine karışmaması ya da karışması durumlarına göre farklı hesaplama yöntemleri mevcuttur. Karadeniz Bölgesi’nde muhtemel deşarj derinliklerinde sabit piknoklin bulunmamaktadır. Ancak

görülebilecek mevsimsel piknoklinleri dikkate almak için mevsimsel olarak derinlik-yoğunluk değişimleri izlenmeli ve 1. seyrelme hesabı buna göre yapılmalıdır.

Yukarıda sayılan durumlara göre 1. seyrelme hesapları 27527 sayılı 20/03/2010 tarihli Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği Ek-5’de tanımlanmıştır. Duruma uygun hesap yöntemi kullanılarak hesaplama yapılmalıdır. Ayrıca deşarj sonrası oluşan atıksu bulutunun seyrelmeyi engelleyici etkisi göz önüne alınarak hesaplama yapılması daha sonraki dönemler için güvenli tarafta kalmak için yararlı olacaktır. Bu durum için hesaplama yöntemi de belirtilen tebliğde de mevcuttur.

Sıcak su ve tuzlusu deşarjları için birinci seyrelme sonunda maksimum sıcaklık artışının 1°C’den fazla olmaması sağlanmalıdır.

Gerekli birinci seyrelme aşağıdaki formülle hesaplanabilir [37].

$$S_1 = T_{\max} / \Delta T \quad (2.4)$$

$T_{\max}$: Soğutma suyunun giriş ve deşarj sıcaklığı arasındaki fark (°C)

ΔT : maksimum sıcaklık artışı (1 °C)

$$Q.(S_1-1) = u. L_d. H$$

2.7.7.2 Seyrelme (difüzyon yolu ile seyrelme)

Atıksu yüzeye veya tutsaklanma seviyesine ulaştığında, o bölgedeki akıntı sisteminin etkisiyle sürüklenir. Bu esnada deniz ortamındaki mevcut türbülansın etkisiyle deniz suyu ile atıksu arasında ek karışımlar ve seyrelmeler meydana gelir. Deşarj noktasından koruma bölgesine kadar olan taşınma esnasında meydana gelen seyrelmeye türbülanslı difüzyon yolu ile seyrelme ya da 2. seyrelme denir. 2. seyrelme hesabı için çeşitli yaklaşımlar olsa da genellikle Brooks Modeli tercih edilmektedir.

$$S_2 = \frac{1}{\operatorname{erf}\left\{1.5/\left[\left(1+\frac{2}{3}\beta\frac{x}{b}\right)^3-1\right]\right\}^{0.5}} \quad (2.5)$$

Burada;

X, atıksu bulutunun difüzörden olan uzaklığını

u: akıntı hızını

b, x=0 noktasındaki atıksu tarlası genişliğini (Pratikte b, etkin difüzör uzunluğu olarak ele alınmakta ve difüzörün akıntı yönüne dik izdüşüm uzunluğu olarak kullanılmaktadır).

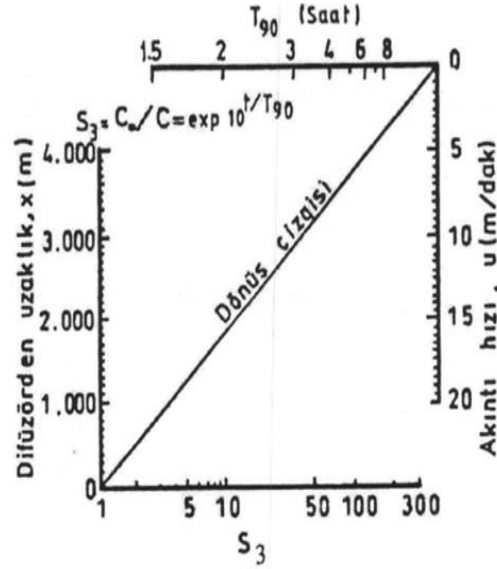
Koliform bakterilerinin ölme ve yok olma kinetiğinin birinci mertebeden olduğu düşünülerek üçüncü seyrelme:

$$S_3 = 10^{(t/T_{90})} \text{ şeklinde hesaplanır.}$$

Burada;

t (saat) : bakterilerin kıyı koruma bölgesine ulaşma zamanıdır. ($t = x/u$)

x : taşınma mesafesi (m), u: akıntı hızı (m/saat)

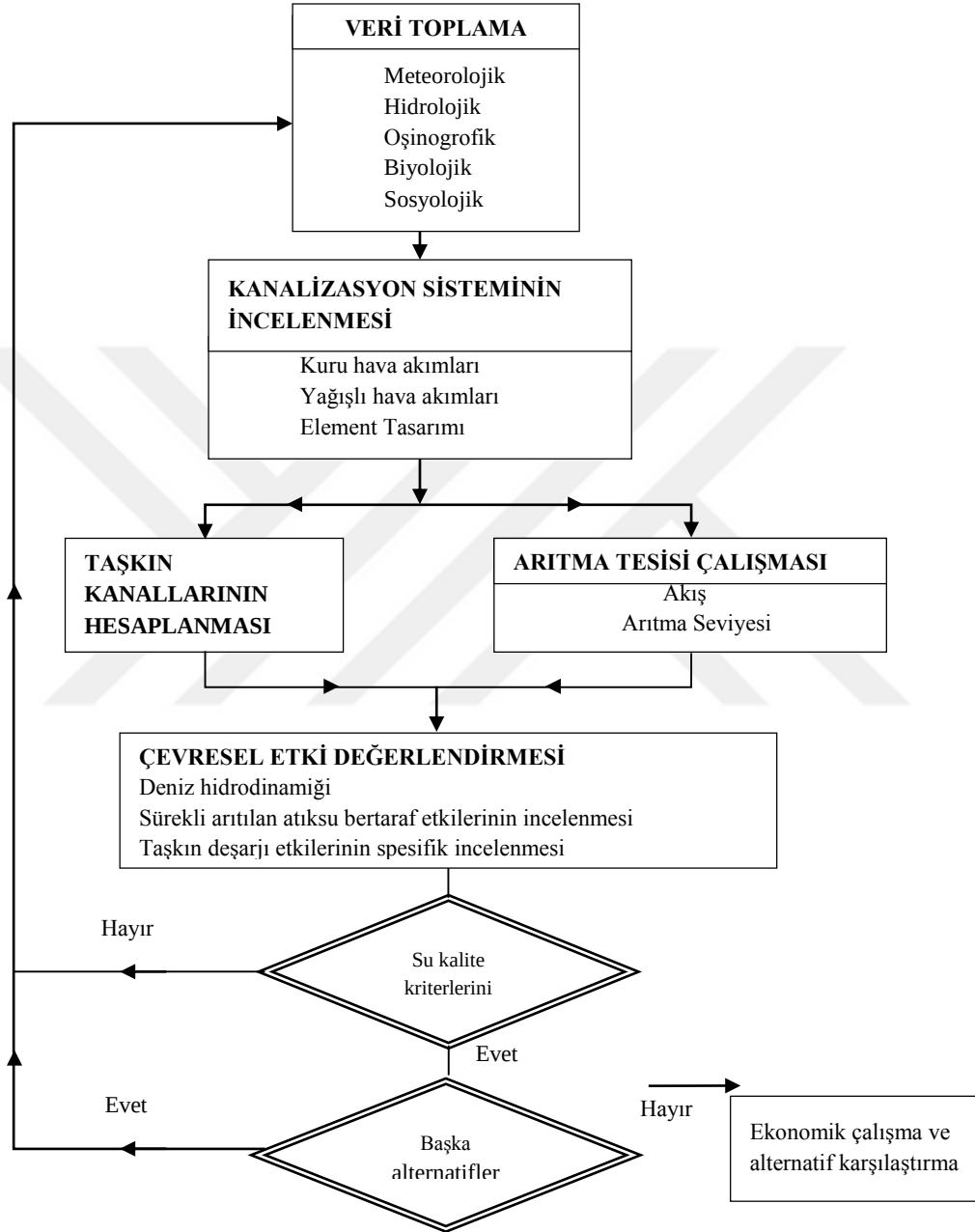


Şekil: 2.15. Seyrelme hesabı için abak [37].

Seyrelme hesaplarında; tasarım akıntıları, T_{90} 'ın minimum ve maksimum değerleri ile belirlenen difüzör için seçilen bir deşarj borusu uzunluğunda sistemin sağladığı toplam seyrelmeler hesaplanmaktadır. Boru boyunun gerekli seyrelmeyi sağlayamaması durumunda, seçilen yeni ve daha uzun boru için aynı işlemler tekrarlanır. Karadeniz'de boru boyu hesaplarına etki eden T_{90} parametresi literatür değeri olarak 2 saat alınmaktadır. T_{90} parametresinin yanı sıra boru boyu hesabında önemli parametrelerden birisi de atıksu koliform konsantrasyonudur. Sadece fiziksel arıtmıdan geçen atıksular için bu değer 10^8 EMS/100 ml, klasik biyolojik arıtım ya da diğer ikincil arıtım yöntemleri uygulandıktan sonra yapılan deşarjlarda 10^7 EMS/100 ml olarak alınmalıdır.

2.7.8. Derin deniz deşarjı sistemlerinin çevresel tasarımı

Yapılan araştırmalar sonucunda derin deniz deşarj sistemlerinin çevresel tasarımı için bir akım şeması oluşturulmuştur ve Şekil 2.15.'de sunulmuştur.



Şekil 2.16. Derin deniz deşarj sistemlerinin çevresel tasarımı akım şeması [37].

3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

Son yıllarda yılda Karadeniz ekosisteminde önemli değişikliklerin olduğu ve özellikle bölgenin kuzey-batısında yer alan geniş kıta sahanlığına büyük nehirler yoluyla ulaşan karasal kaynaklı kirleticilerin Karadeniz'in kirlenmesinde önemli rolü olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmektedir. Atık suların derin denize deşarjı güvenilir ve nispeten daha ucuz bir atık uzaklaştırma teknolojisi olup, dünyanın pek çok yöresinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada Rize ili İslampaşa mevki ve Fındıklı ilçelerinde bulunan DDD sistemlerinin performanslarının belirlenmiştir. Bu çalışma Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ile Ondokuz Mayıs Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nün tarafından Prof. Dr.Yüksel Ardalı'nın yürütücülüğünde yapılmış olan "Karadeniz Bölgesi'nde Derin Deniz Deşarjı Tasarım Kriterlerinin Belirlenmesi Projesi" ile desteklenmektedir.

3.1 Çalışma Alanı

Rize; Doğu Karadeniz kıyı şeridinin doğusunda, 40°-22' ve 41°-28' doğu meridyenleri ile 40°-20' ve 41°-20' kuzey paralelleri arasında yer alır.



Şekil 3.1. Rize ili siyasi haritası [37].

Batıdan Trabzon'un Of, güneyden Erzurum'un İspir, doğudan Artvin'in Yusufeli ve Arhavi ilçeleri ile kuzeyden Karadeniz tarafından çevrili olan Rize'nin

göller hariç yüzölçümü 3.922 km²'dir. 2014 yılı adrese dayalı nüfus verilerine göre nüfusu 329.779'dur. Bunun 211.495'lik kısmı il merkezi ve ilçelerde 118.284 kişisi belde ve köylerde yaşamaktadır.

3.2 DDD Sistemlerinin Mevcut Durumu

Karadeniz kıyı şeridi boyunca Rize'de mevcut DDD sistemleri incelendiğinde belirlenen bulgulara aşağıda yer verilmiştir.



Şekil 3.2. Rize-İslampaşa ve Rize-Fındıklı DDD hatları [37].

Karadeniz Bölgesinde Rize ilinde belirlenen noktalarda mevcut evsel ve endüstriyel DDD uygulamalarının envanteri çıkarılmıştır. Ayrıca mevcut DDD hat girişleri ön arıtma tesisleri incelenerek mevcut durumları belirlenmiş, olumlu ve olumsuz yönleri belirlenmiş ve değerlendirme yapılmıştır.

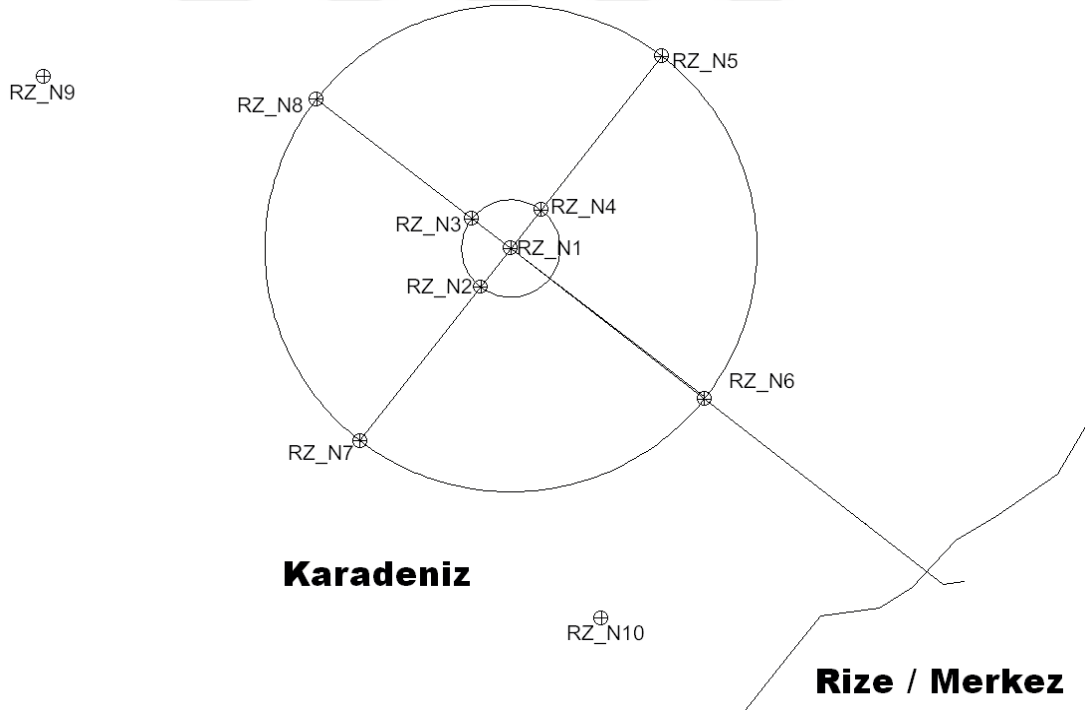
3.2.1 Rize-İslampaşa DDD Hattının Mevcut Durumu

Rize İslampaşa deşarj hattı ekonomik ömrünü doldurmak üzeredir. Çok eski bir tesis olduğundan projesine ulaşılamamıştır. Rize Belediyesi çalışanları tarafından elde edilen bilgiler ışığında Rize-İslampaşa DDD'de ortalama 277 l/s'lik debide -44 m derinliğinde yaklaşık 1142 m deniz deşarj hattı bulunduğu belirlenmiştir. Hat üzerinde

52 m uzunluğunda difüzör mevcuttur. Projede 258 m çelik boru, 895 m HDPE boru kullanılmıştır. Mevcut hat Karadeniz'deki diğer hatlar gibi difüzör hariç zemine gömülü olarak yapılmıştır.

Sistem ekonomik ömrünü 2016 yılında dolduracağından mevcut fiziksel arıtma merkezinin bulunduğu noktada arıtma tesisi inşası planlanmaktadır. İkincil arıtım sonrası derin deniz deşarjı bölge için uygun olacaktır. Şiddetli yağış dönemlerinde debi artışı meydana geldiği ve taşmalar olduğu ifade edilmektedir. DDD hattı üzerinde şamandıra bulunmadığı, şamandıraları kopup kaybolduğu ya da balıkçılar tarafından tahrip edildiği ifade edilmektedir.

Rize Belediyesi'nden alınan bilgiler Rize-İslampaşa DDD hattının inşaatı tamamlanan yeni bir DDD hattı olduğu (Rize 2 DDD olarak planlanmıştır) ve bu hattın çok kısa bir süre sonra devreye alınacağı, İslampaşa hattının ise kullanılmayacağı yönündedir. Belediye çalışanları bu alana bir arıtma tesisi planlandığını ifade etmektedirler. Belirlenen noktaların gösterimi Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'de verilmiştir.



Şekil 3.3. Rize / Merkez İslampaşa DDD hattı örnekleme noktaları [37].

3.2.2 Rize-Fındıklı DDD hattının mevcut durumu

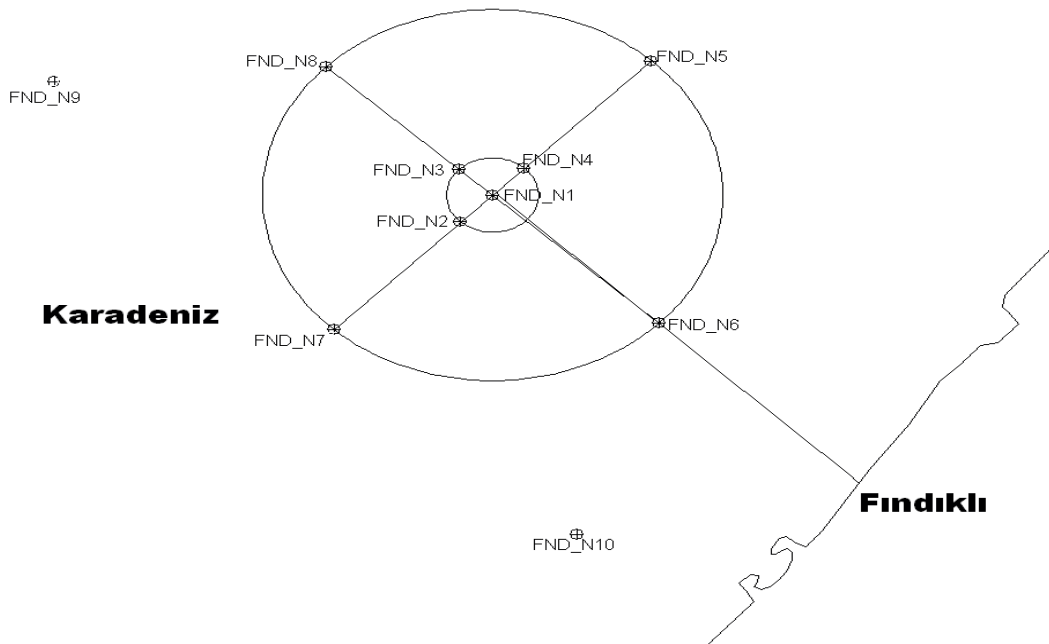
Rize-Fındıklı DDD hattı “Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği”ne uygun deşarj sağlayabilmek için seyrelme şartlarını sağlamak üzere dizayn edilmiş bir sistemdir. Bu amaç için sistemde kaba ve ince ızgaralar, kum tutucu ve terfi merkezi oluşturulmuştur.

Rize-Fındıklı DDD hattının da bölgedeki diğer tesisler gibi tamamen gömülü olarak projelendirilmesi hattın güvenilirliği açısından uygun görülmüştür. Hattın toplam uzunluğu 1100 m'dir. Sadece 30 m uzunluğundaki difüzör zemin üzerindedir. Difüzörün bulunduğu derinlik -44 m'dir.

DDD hattı üzerindeki şamandıralar kopmuş durumdadır ve hat üzerinde şamandıra bulunmadığı tespit edilmiştir. Difüzör üzerinde deliklerin de kopmuş olduğu bilgisi alınmıştır.

Kara yapıları mevcut ve çalışır durumdadır. Yağışlı dönemlerde kanalizasyon sistemi yağmur suyu aldığı için 2. pompa devreye alınmaktadır. Deşarj hattı aktif ve çalışır durumdadır.

Kanalizasyon sistemi revize edilerek yağmur sularının girişi engellenmelidir..
Difüzör üzerinde difüzör bacalarının (riser) tamiri tamamlanmalı, şamandıralar yeniden oluşturulmalı ve hat üzerinde yerleştirilmelidir.



Şekil 3.4. Rize Fındıklı DDD hattı örnekleme noktaları [37].

3.2.3 Rize-Pazar DDD hattının mevcut durumu

Rize-Pazar DDD hattı “Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği”ne uygun deşarj sağlayabilmek için seyrelme şartlarını sağlamak üzere projelendirilmiş bir sistemdir. Bu amaç için sistemde kaba ve ince ızgaralar, kum tutucu ve terfi merkezi mevcuttur.

Pazar Derin Deniz Deşarjı sistemi Karadeniz’in şiddetli dalgalarından hattı koruyabilmek için hat difüzör dahil olmak üzere tamamen zemin altına döşenmiştir. Hattın toplam uzunluğu 2000 m’dir. Hat üzerinde 30 m uzunluğundaki difüzör bulunmaktadır. Difüzörün bulunduğu derinlik -21 m’dir.

Rize-Pazar DDD tesisine Haziran 2015 tarihinde yapılan ziyaret sırasında sistemin arıza nedeniyle çalışmadığı ve dereye deşarj yapıldığı tespit edilmiştir. Temmuz 2015 tarihinde yapılan ziyarette sistemin düşük debide çalışmakta olduğu jeneratör ve pompalarda herhangi bir sorun olmadığı belirlenmiştir.

Kanalizasyon sistemi revize edilerek sisteme aşırı yük gelmesi engellenmelidir. Yağmur suyu toplama sistemi bir an önce tasarlanmalıdır. İLBANK’dan alınan bilgiye göre tesisin ayrık sistem olarak projelendirilmesine rağmen, uygulamada birleşik sistem olduğu görülmektedir. Sürekli izleme ve denetimler yapılarak sistemin düzgün çalışması sağlanmalıdır.

3.2.4 Rize-Çayeli DDD hattının mevcut durumu

Rize-Çayeli DDD sistemi çok eski bir tesis olmasına rağmen aktif olarak çalışmaktadır. Projesi ilgili kurumlarda bulunamadığı için koordinatları da dâhil olmak üzere hat hakkında bilgi sahibi olunamamıştır. Belediye çalışanlarından alınan sözlü bilgi uyarınca sistemin 1150 m uzunluğunda olduğu ve -25 m derinliğe ulaştığı ve hattın Karadeniz’deki diğer hatlar gibi zemine gömülü olarak yapıldığı bilgisi sözlü olarak alınmıştır. Diğer yandan, kanalizasyon sistemine yoğun kum girişi olduğu ve DDD hattının değiştirilmesinin planlandığı ifade edilmiştir.

DDD hattı üzerinde şamandıra bulunmamaktadır. Ön arıtma üniteleri ve pompalar halen çalışır durumdadır ve deniz deşarj hattı aktif olarak çalışmaktadır.

Kanalizasyon sistemi revize edilmeli, dereler gibi yüzeysel akımlardan sisteme kum girişi engellenmelidir. Kaybolan ya da kırılan şamandıralar yenilenmelidir. Ancak öncelikle hattın koordinatları belirlenmelidir.

3.3 Seyrelme hesapları

3.3.1 Rize-İslampaşa DDD hattının seyrelme hesapları

Deşarj edilecek atıksudaki koliform miktarı hiçbir arıtma olmayacakmış kabulü ile 10^7 kabul edilir ise, rekreasyonel amaçla kullanılan 300 m’dir. Genişliğindeki kıyı koruma şeridi sınırlarında istenen koliform standardı 1000 koliform/100 m dir.

a. Birinci Seyrelme

1. Metot:

Atıksuyun difüzörden çıkışı ile başlayıp deniz suyunda yoğunluk tabakalaşması oluşması halinde tutsaklanma seviyesine, deniz suyu yoğunluğunun derinlik boyunca değişmemesi durumunda seyrelme birinci seyrelme denir.

Durgun üniform yoğunluklu ortama yatay dairesel jet deşarjı (Atıksu jetleri arasında girişim olması durumunda)

$Q_{\max}$	:	0.450	m^3/sn	(maksimum debi)
$Q_{\min}$	:	0.150	m^3/sn	(minimum debi)
Z	:	32	m	(deşarj derinliği)
L_d	:	800	m	(deşarj borusu uzunluğu)
$D_{\text{deşarj-iç}}$	:	0.555	m	(deşarj borusu iç çapı)
$\rho_{\text{atıksu}}$	:	999	kg/m^3	(atıksuyun yoğunluğu)
$\rho_{\text{denizsuyu}}$	:	1013	kg/m^3	(denizsuyu yoğunluğu)
$\Delta\rho$	:	14	kg/m^3	(yoğunluk farkı)
$D_{i-iç}$	:	0.1102	m	(difüzör delik çapı)
D_{adet}	:	8	ad	(difüzör delik adedi)
$D_{s-iç}$	:	0.1586	m	(son difüzör delik çapı)
$L_{\text{difüzör}}$	:	50	m	(difüzör boyu)
$D_{\text{difüzör-iç}}$	:	0.441	m	(difüzör çapı)
U	:	0.05	m/sn	(akıntı hızı)
g	:	9.81		(yerçekimi ivmesi)

$Q_{\min}$ Debisine göre İlk Seyrelme Hesapları:

Bir delikten geçecek debi;

$$q_1 = Q_{\min} * A_{i-riser} / (4 * A_{i-riser} + A_{s-riser}) \quad (3.1)$$

$$q_1 = (0.150 * 0.1102) / (8 * 0.1102 + 0.1586) = 0.01489 \text{ m}^3/s$$

Bir delikten geçecek jet hızı; $U_1 = (q_1/(A_1)) = 1.56 \text{ m/s}$

$$F_0 = \frac{U_0}{\sqrt{\Delta\rho \cdot g \cdot \frac{D}{S_0}}} \quad (3.2)$$

$$F_0 = \frac{1.56}{\sqrt{14 \cdot 9.81 \cdot \frac{0.1102}{1000}}}$$

ρ_a = Alıcı ortam yoğunluğu ; 1013 kg/m^3

ρ_o = Atıksu yoğunluğu ; 999 kg/m^3

$\Delta\rho = 1013 - 999 = 14 \text{ kg/m}^3$

Y = Difüzör deliğinden itibaren ölçülen düşey mesafe

S_m = Jet akışındaki seyrelme

$F_0 = 12.70$

$Z/D_0 = 32 / 0.1102 = 290 > 0.5 \cdot F_0$

$$S_m = 0.54 \cdot F_0 \left(0.38 \cdot \frac{Z}{D \cdot F_0} + 0.66 \right)^{5/3} \quad (3.3)$$

$S_m = 285$

Dairesel ağızlı deliklerden çıkan jetler için ortalama seyrelme;

$S_1 = 1.74 \cdot S_m$

$S_1 = 495$

Deniz deşarj sisteminde oluşacak gerçek ortalama ilk seyrelmenin Q ; toplam atıksu debisi S_1 ; ortalama jet seyrelmesi, u ; öngörülen akıntı hızı, d ; su derinliği ve L_d akıntıya dik yöndeki bulut genişliği olmak üzere:

$S_g = S_1 / (1 + p)$

$$P = \frac{Q \cdot S_1}{u \cdot d \cdot L_d} = \frac{0.150 \cdot 495}{0.05 \cdot 32 \cdot 54} \quad (3.4)$$

$P = 0.86$

$S_2 = 495 / (1 + 0.86) = 266$

$S_1 > S_g$ olduğundan $S_g = 266$

$Q_{\max}$ Debisine Göre İlk Seyrelme Hesapları:

Bir delikten geçecek debi;

$$q_1 = Q_{\min} \cdot A_{0\text{-riser}} / (4 \cdot A_{0\text{-riser}} + A_{s\text{-riser}}) \quad (3.5)$$

$q_1 = (0.450 \cdot 0.1102) / (8 \cdot 0.1102 + 0.15864) = 0.04468 \text{ m}^3/\text{s}$

Bir delikten geçecek jet hızı; $U_1 = (q_1/(A_1)) = 4.68 \text{ m/s}$

$$F_0 = \frac{U_0}{\sqrt{\Delta\rho \cdot g \cdot \frac{D}{S_0}}} \quad (3.6)$$

$$F_0 = \frac{4.69}{\sqrt{14 \cdot 9.81 \cdot \frac{0.1102}{1000}}}$$

ρ_a = Alıcı ortam yoğunluğu ; 1013 kg/m^3

ρ_o = Atıksu yoğunluğu ; 999 kg/m^3

$\Delta\rho = 1013 - 999 = 14 \text{ kg/m}^3$

Y = Difüzör deliğinden itibaren ölçülen düşey mesafe

S_m = Jet akışındaki seyrelme

$F_0 = 38.10$

$Z/D_0 = 32 / 0.1102 = 290 > 0.5 \cdot F_0$

$$S_m = 0.54 \cdot F_0 \left(0.38 \cdot \frac{Z}{D \cdot F_0} + 0.66 \right)^{5/3} \quad (3.7)$$

$S_m = 170$

Dairesel ağızlı deliklerden çıkan jetler için ortalama seyrelme;

$S_1 = 1.74 \cdot S_m$

$S_1 = 297$

Deniz deşarj sisteminde oluşacak gerçek ortalama ilk seyrelmenin Q; toplam atıksu debisi S_1 ; ortalama jet seyrelmesi, u; öngörülen akıntı hızı, d; su derinliği ve L_d akıntıya dik yöndeki bulut genişliği olmak üzere:

$S_g = S_1 / (1 + p)$

$$P = \frac{Q \cdot S_1}{u \cdot d \cdot L_d} = \frac{0.450 \cdot 297}{0.05 \cdot 32 \cdot 54} \quad (3.8)$$

$P = 1.54$

$S_2 = 297 / (1 + 1.54) = 117$

$S_1 > S_g$ olduğundan $S_g = 117$

2. Metot:

Atıksu jetleri arasında girişim olmaması durumu (tek dairesel kesitli jetler)

Durgun ve Uniform Yoğunluklu Ortamda İlk Seyrelme Hesabı:

*Atıksu Jetleri Atıksu jetleri arasında girişim olmaması durumu (tek dairesel kesitli jetler) (nokta kaynak)

$$F = \frac{U}{\left(\frac{\rho_d - \rho_a}{\rho_d} \times g \times d \right)}$$

uo= orifiste çıkış hızı (m/s)

D= Çıkış Ucunun Çapı (m)

$$u_{0\max} = 4.69 \text{ m/s}$$

$$u_{0\min} = 1.56 \text{ m/s}$$

$$d_{\text{if}} \text{ delik çapı} = 0.125 \text{ m}$$

$$F_{\max} = 36$$

$$F^I = 1.07 \cdot F$$

$$F^I_{\max} = 39$$

$$F_{\min} = 12$$

$$F^I_{\max} = 13$$

$$y/D < 0.89 \cdot F \text{ ---- } S_m = 0.54 \cdot F \cdot (y^{0.44}) \cdot ((D \cdot F)^{-0.44})$$

$$y/D < 0.89 \cdot F \text{ ---- } S_m = 0.54 \cdot F \cdot (0.38y/(D \cdot F) + 0.68)^{1.67}$$

Difüzör deliğinden itibaren ölçülen düşey mesafe; $y/D = 256$

D : difüzör delik çapı $0.89 \cdot F = 34.286$ $y/D > 0.89 \cdot F$

F: densimetrik froude sayısı

$$S_m = 146$$

Sm: jet eksenindeki seyrelme

$$S_0 = 2 \cdot S_m = 291$$

$$F = 32$$

b. İkinci Seyrelme

$$\beta = \frac{12\varepsilon}{U \times (L_{\text{dif}} \times 100)} = 0.28 \text{ cm}^2/\text{sn} \quad (3.9)$$

$$S_2 = \frac{1}{\text{erf}\left(\sqrt{\frac{3/2}{\left(1 + \frac{2}{3} \times 0.28 \times \frac{510}{54}\right)^3 - 1}}\right)} = \frac{1}{\text{erf}(0.067)} = \frac{1}{0.075} = 13.33$$

$$S_2 = 13.33$$

İkinci seyrelme hesabı için abaktan okunan S_2 değeri : 9.5

c. Üçüncü Seyrelme

Üçüncü seyrelme bakterilerin deniz ortamındaki hareketleri sırasında yok olmaları nedeniyle oluşan seyrelmedir.

Denize deşarj edilen atıksu içerisindeki korunmayan türden maddelerin atıksu tarlasının yatay hareketi esnasında güneş ışınlarının radyasyon tesiri, tuzluluk ve çökelen maddelere tutunma gibi etkiler sonucu meydana gelen seyrelme olup, bakteri azalma katsayısı T90 parametresinin fonksiyonudur.

$$\begin{aligned} T_{90} &= 2 \\ t \text{ (saniye)} &= (L-300) / u = (800-300) / 0.05 = 10000 \\ t \text{ (saat)} &= 10000 / 3600 = 2.78 \\ S_3 &= 10^{(t/T_{90})} = 24.547 \end{aligned}$$

Toplam seyrelme	S ₁	S ₂	S ₃	S _{toplam}
Q _{max}	117	9.50	24.547	27284
Q _{min}	266	9.50	24.547	61861

Toplam seyrelme değerlerinden anlaşılacağı üzere tasarlanan deşarj sistemi, seçilen difüzör için minimum ve maksimum debilerde gerekli seyrelme;

Arıtılmış atıksuda koliform miktarı : $1 \times 10^7 / 100 \text{ ml}$

$$\text{Maksimum debide} \quad 1 \times 10^7 / 27284 = 367 \text{ koliform} < 1000$$

$$\text{Minimum Debide} \quad 1 \times 10^7 / 61861 = 162 \text{ koliform} < 1000$$

Gerekli seyrelme sağlanmaktadır. Bu durumda deşarj hattı uzunluğu ve difüzör yeterlidir.

3.3.2 Rize-Fındıklı DDD hattının seyrelme hesapları

a. Birinci Seyrelme

Seyrelme hesapları II.kademe ortalama debisi $Q = 70 \text{ lt/sn}$ 'ye göre yapılacaktır. Birinci seyrelme hesabı iki ayrı metotla yapılacak olup bunlardan düşük olanı seçilecektir.

1. Metot

Piknoklin üst hizasının deniz tabanından mesafesi, $y_{\max} = 40.97 - 30 = 10.97$ m dir.

Deniz tabanından kıyıya dik doğrultuda akıntı hızı, $U = 0.10$ m/s

Akıntının sahile dik olarak yöneldiği en elverişsiz şartlardaki ilk seyrelme

$$S_1 = \frac{U \times b^* \times h^*}{Q_{\text{ort}}} \quad (3.10)$$

Burada b^* akıntıya dik difüzör boyunu, h^* atıksu tarlası kalınlığını göstermektedir.

Atıksu tarlası batmış durumda iken;

$$h^* = \frac{y_{\max}}{2} \text{ alınabilir.}$$

Difüzör deşarj hattı ile sola doğru 450 lik açı yapacaktır.

$$U = 0.10 \text{ m/sn} , b^* = 30 \times \cos 45$$

$$S_1 = \frac{0.10 \times 30 \times \cos 45 \frac{10.97}{2}}{0.070}$$

$$S_1 = 166$$

2. Metot

$$S_1 = 0.54 F_o [0.38z / (D_o F_o) + 0.68]^{5/3}$$

Burada;

D_o = Deşarj noktasında jet çapı

z = Deşarj derinliği

F_o = Froude sayısı

$$S_1 = 0.54 \times 17.6 \times [0.38 \times 41.50 / (0.0696 \times 17.6) + 0.68]^{5/3}$$

$$S_1 = 732$$

$S_1 = 166$ olarak kabul edilmiştir.

b. İkinci Seyrelme

İki ayrı metodla hesap yapılacaktır.

1. Metot

X: Difüzörün orta noktasının sahile düşey uzaklığı

$$X = 1100 + (30/2) \times \cos(45) - 250 = 860.6$$

$$X = 861$$

$$b = 30$$

$$U = 0.10 \text{ m/sn} = 6 \text{ m/dak}$$

$$S_2 = 6$$

2. Metot

$$\varepsilon = 0.01 \times (L_{\text{dif}} \times 100)^{4/3} = 0.01 \times (30 \times 100)^{4/3} = 432.7 \quad (3.11)$$

$$\beta = \frac{12\varepsilon}{U \times (L_{\text{dif}} \times 100)} = 0.173 \text{ cm}^2/\text{sn}$$

$$S_2 = \frac{1}{\text{erf}\left(\sqrt{\frac{3/2}{\left(1 + \frac{2}{3} \times 0.173 \times \frac{861}{30}\right)^3 - 1}}\right)} = \frac{1}{\text{erf}(0.138)} = \frac{1}{0.155} = 6.45$$

$$S_2 = 6.5$$

$S_2 = 6$ alınmıştır.

c. Üçüncü Seyrelme

$x = 861$ (Difüzörün orta noktasının sahile düşey uzaklığı)

$$U = 0,10 \text{ m/sn} = 360 \text{ m/sa}$$

$$t = \frac{X}{U} = \frac{861}{360} = 2,39 \text{ saat}$$

$$S_3 = 10^{t/90}$$

$$S_3 = 10^{(2,39/2)}$$

$$S_3 = 15,7$$

d. Toplam Seyrelme

$$ST = S_1 \times S_2 \times S_3$$

$$= 166 \times 6 \times 15.7$$

$$ST = 15637$$

$$C = \frac{10^7}{S_T} = \frac{10^7}{15.637}$$

$C = 639.5 / 100 \text{ mL} < 1000$ bulunur.

C : Sahile koruma bandına ulaşan total koliform konsantrasyonu.

Deşarj borusu ve difüzör boyu yeterlidir.

3.4 Arıtma Yöntemleri

Sahil yerleşim birimlerinin atıksuları iki şekilde deşarj edilmektedir.

- Sahile çok yakın mesafeden, sık deşarj (denizin alçak su seviyesi altından deşarj).
- Çevre Mühendisliği bakımından gerekli şartları sağlayacak şekilde hesaplanan belirli bir derinlikten deşarj (derin deniz deşarjı).

Her iki durumda da atıksu deşarjının halk sağlığı, denizin rekreasyon kullanımının kısıtlanmaması, denizin estetik görünümü ve ekolojik yapısı üzerinde tesirleri çok iyi değerlendirilmelidir.

Atıksuların deşarj öncesi arıtımı alıcı ortamın su kalitesi standartlarını en ekonomik şekilde sağlamak bakımından farklılık gösterir. Atıksuların deniz deşarj sistemleri ile alıcı su ortamında seyreltilmek suretiyle uzaklaştırılması bütün dünyada yaygın olarak uygulanmaktadır. Derin deniz deşarj sistemlerinin KOI, BOİ₅, AKM, TP, TN, koliform vb. kirlilik parametrelerinin deniz ortamındaki seyrelme ve tabii arıtma mekanizmaları etkisiyle kısa sürede istenilen seviyelere indirildiği literatürde belirtilmektedir. Fakat yapılan incelemeler ve analiz sonuçları arıtım proseslerinin yetersiz olduğu hatta bazen sadece ızgaradan geçirilerek atıksuyun deşarj edildiği belirlenmiştir. Literatürde ifade edildiği gibi parametrelerin istenilen seviyeye I. ve II. arıtım ile indirilmesi mümkün olmayacaktır.

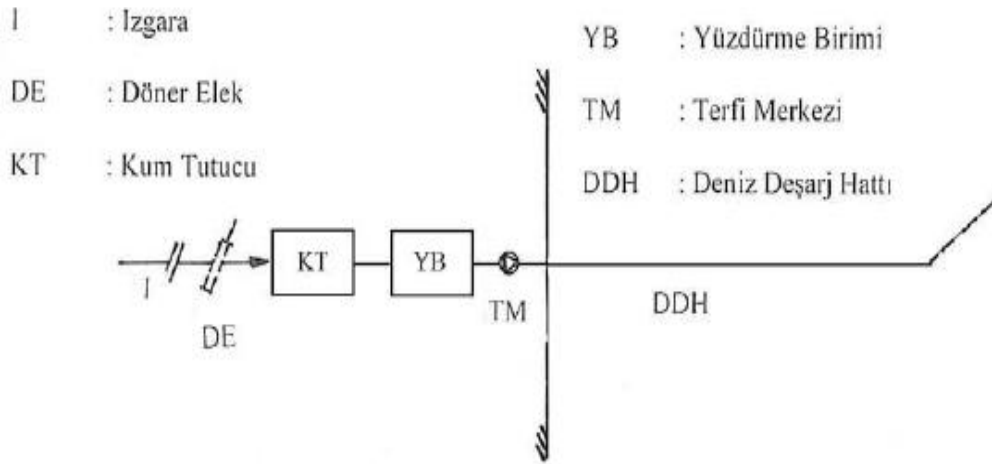
Karadeniz'e ait özellikler ortaya konulduktan sonra tasarım parametrelerinin belirlenmesi çok önemlidir. Arıtımda dikkat edilmesi gereken unsurlar aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir:

- Arıtma teknolojisinin seçimi sırasında işin maliyeti, sistem verimi, iklim, topoğrafya, alıcı ortamın mevcut ve ilerideki yararlı kullanımı, mekanik teçhizat temini ve kalifiye eleman ihtiyacı gibi faktörler dikkate alınmalıdır.

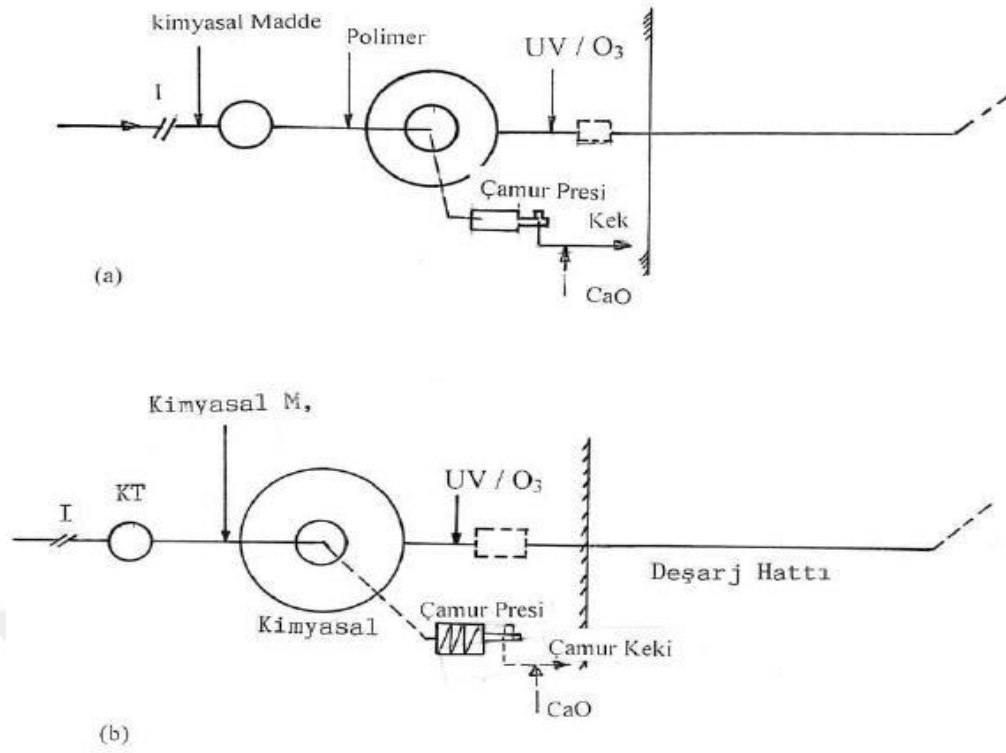
- Açık denizlerle su alışverişi nispeten sınırlı olan iç deniz ve kapalı körfezlere atıksu deşarjı halinde söz konusu olmaktadır. Bu gibi hallerde alıcı ortamda kirleticilerin önemli oranda birikmesi söz konusu olabilmektedir.

- Besi maddeleri (N, P) kapalı su ortamlarında birikerek ötrafikasyona yol açtığından alıcı ortamda organik madde giderimi ve çözünmüş oksijen eksikliği yönünden çok önemli sorunlar olmasa bile, deşarj öncesi arıtma ile nütrient giderimi önemlidir.

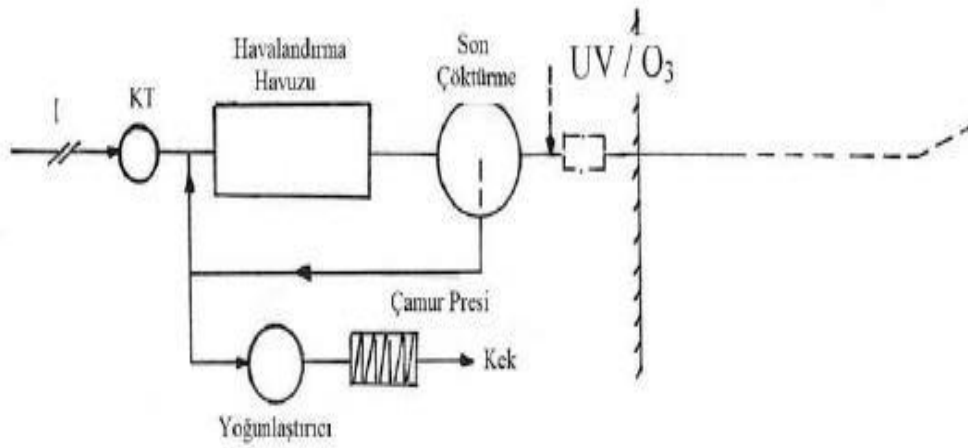
- Alıcı ortamın estetik durumunun değişmesine yol açan yüzücü maddeler, yağ-gres, koku ve renk parametrelerinin kontrolü için de deşarj öncesi arıtma gerekmektedir.
- Zehirli maddelerin ve ağır metallerin besin zinciri içerisinde birikimi, yüksek oranda seyrelme sağlayan derin deniz deşarjı hatları ile önlenabilir.
- Çok küçük yerleşim birimlerinde bile tavsiye edilen asgari arıtma, atıksuların ızgaradan geçirilerek mekanik arıtmadır.
- Izgara arkasında bir kum tutucunun da bulunması deşarj terfi merkezindeki pompaların ve deşarj hattının ömrünü uzatacak ve bakım masraflarını azaltacaktır. Izgara ve kum tutucuda tutulan malzeme genellikle evsel atıklarla birlikte atık depolama alanlarında depolanabilir.
- Büyük yerleşim birimlerinde kaba ızgara ile birlikte döner mikro eleklerin de kullanılması ayrıca yaygın bir uygulamadır.
- Aktif çamur, biyodisk ve stabilizasyon havuzları, bu alanda öncelikle kullanılan arıtma sistemleridir. Bu sistemlerle karbonlu maddelerin %85-95 oranında giderimi mümkün olabilmektedir. Ancak nütrient giderim verimleri aktif çamur sistemlerinde % 30-45, stabilizasyon havuzlarında ise en fazla % 40-50 aralığında değişmektedir.



Şekil 3.5. Mekanik ön arıtmadan sonra deşarj [37].



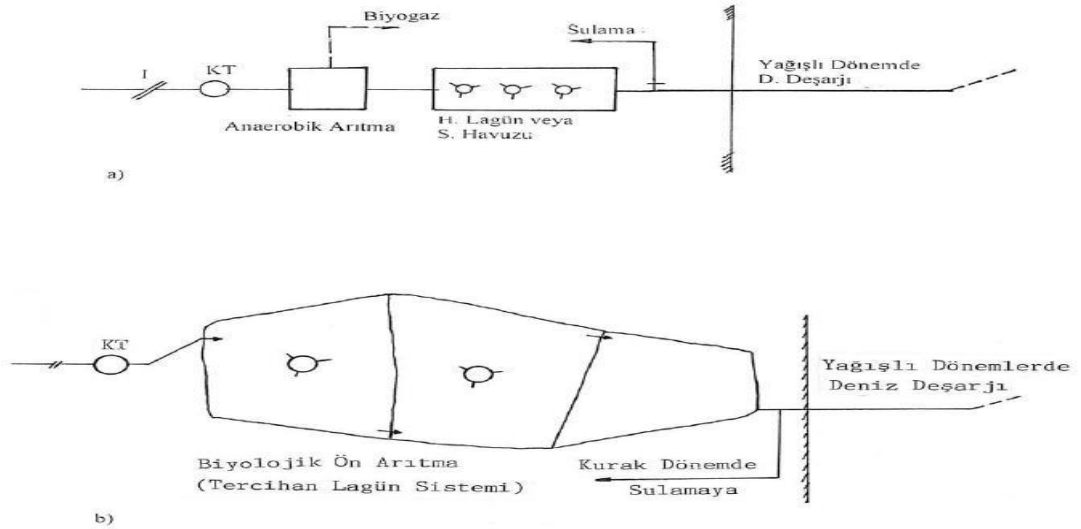
Şekil 3.6. Kimyasal ön arıtmadan sonra deşarj [37].



Şekil 3.7. İkinci kademe biyolojik arıtma ve dezenfeksiyondan sonra deşarj[37].

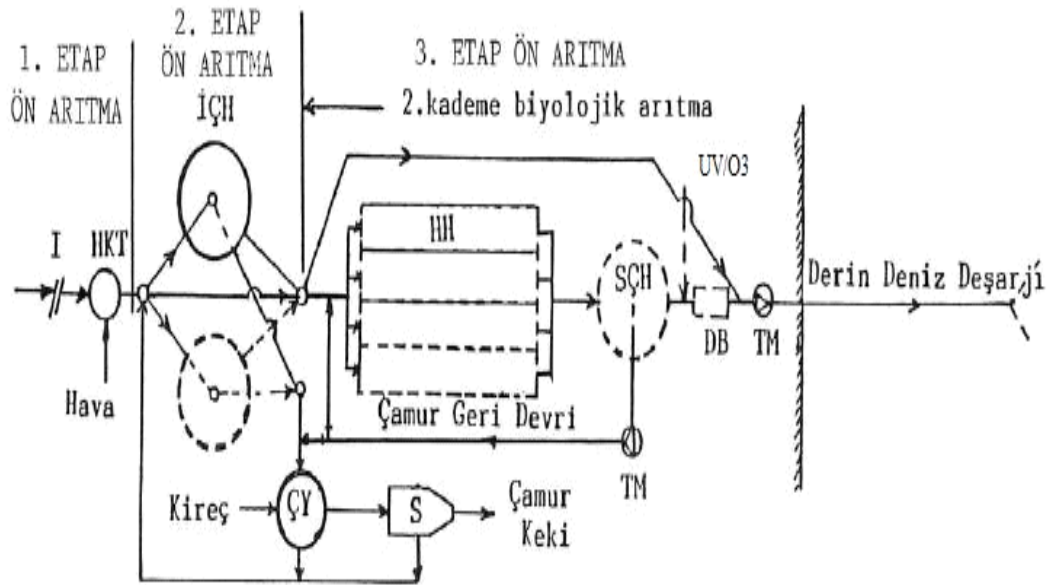
Deşarj öncesi arıtmada fiziko-kimyasal arıtma sistemlerinin uygulanması küçük ve orta büyüklükteki yerleşim birimleri ile endüstriyel atıksular için büyük potansiyele sahiptir.

- Bu sistemlerin arazi ve enerji ihtiyacı biyolojik arıtma sistemlerine göre çok daha azdır, sıcaklık değişimlerinden etkilenmezler ve istendiğinde kesikli (mevsimlik) olarak çalıştırabilirler.
- Pıhtılaştırıcı kimyasal madde olarak genellikle 100-300 mg/1 konsantrasyonunda alüm ve/veya kireç kullanılır.
- Arıtma sonucu %90 üzerinde PO_4 , %30-40 N, %70-80 BOI_5 ve %50-90 ağır metal giderimi sağlanabilmektedir.
- Kimyasal arıtmada giderilmeyen fosforun büyük kısmı, inşa edilecek bir hızlı kum filtresinde askıda maddeler tutulmak suretiyle giderilebilir.
- Kimyasal arıtma sonucu evsel atıksularda, mevcut primer çamur miktan 1,5-2 misli artabilir. Ağırlıklı olarak AKM kontrolü maksadıyla düşük dozlu ($<50 \text{ gr FeCb/m}^3$) kimyasal arıtma da kullanılmaktadır.
- Üçüncü kademe arıtma ile N, P gibi nütrientler gerekli seviyede giderilir ve çikış suyu denize deşarj edilir.
- Kapalı deniz ve körfezler için düşünülebilen çok pahalı bir hal şeklidir.
- Kapalı koy ve körfezlerde genellikle azot parametresi ötrofikasyon için sınırlayıcı olduğundan arıtma şeması uygulanır.
- Azotla birlikte fosforun da giderilmesi gerektiğinden Şekil 3.8'deki gibi bir arıtma dizisi uygulanabilir.



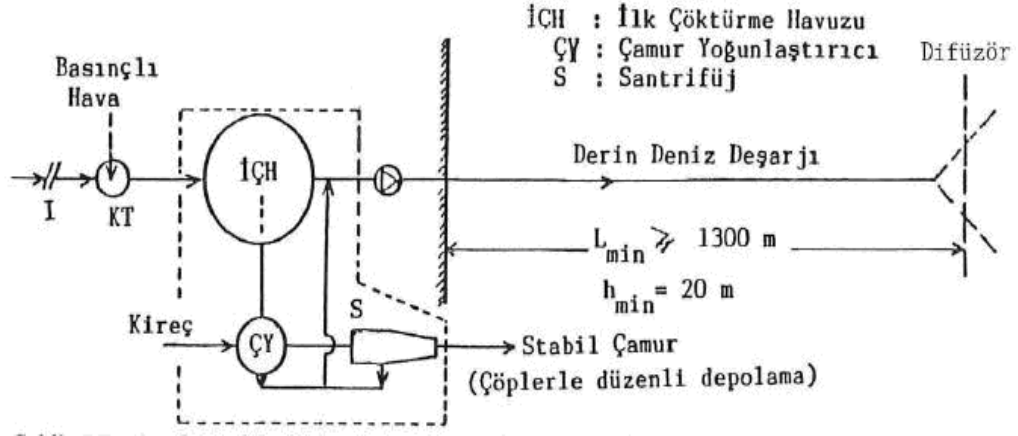
Şekil 3.8. Ön arıtmadan sonra mevsimlik deşarj [37].

- Başlangıçtaki sadece kısmi mekanik ön arıtma birimlerini ihtiva eden arıtma sistemi nüfus artışı ve maddi imkanlara paralel olarak tedricen geliştirilerek belli bir süre sonunda 2. ve hatta 3. kademe biyolojik arıtmaya dönüştürülür.
- Karadeniz şartlarına çok uygun düşen bu tür boyuna kademelendirme Şekil 3.9'da görülmektedir.



Şekil 3.9. Boyuna kademelendirme ile değişken ön arıtma [37].

- Karadeniz gibi arazinin az ve pahalı, alıcı ortam olarak kullanılan denizin ise yeter derecede akıntılı olduğu yerlerde, ilk etaptaızgara, döner elek ve kum tutucudan ibaret bir kısmi mekanik arıtmayı müteakip derin deniz deşarjı uygulanabilir.
- Projenin ilk yıllarında difüzörde çökelmelere engel olmak üzere deliklerden bir kısmının kapalı tutulması gibi tedbirler düşünülmelidir (kum tutucular, basınçlı hava veya diğer bir usulle mekanik olarak temizlenmelidir).
- İkinci etapta,kısmi mekanik arıtma sistemi, kimyasal madde ilaveli çöktürme ve çamur stabilizasyon birimlerinin de ilavesi ile geliştirilebilir. (Alıcı ortama verilen BOI₅ yükünde %70-80 nispetinde bir azalma)

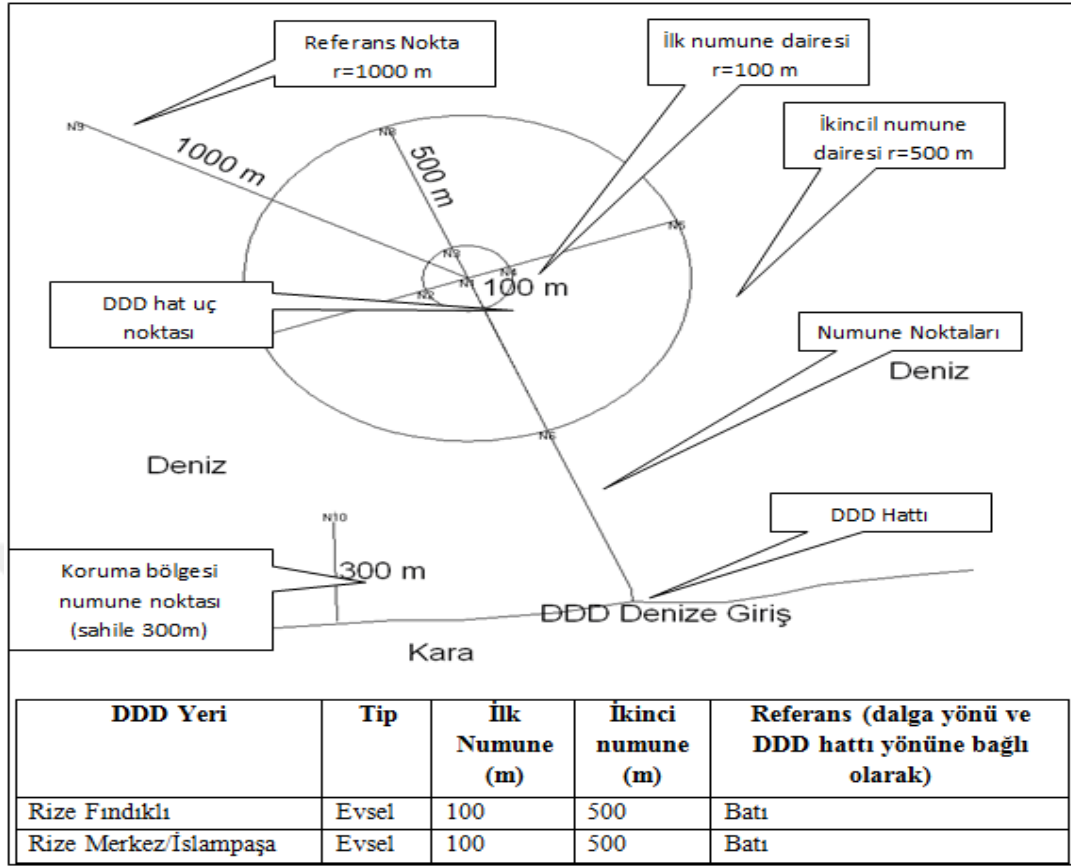


Şekil 3.10. Arazi darlığı bulunan ve kuvvetli akıntılı denizlere kıyısı olan sahil beldeleri için tipik arıtma sistemi [37].

- Çöktürme havuzundan alınan taze çamur, kireç ilavesi ile pH 10'un üzerine yükseltilerek stabilize edilip mekanik olarak santrifüj veya burgu pres ile suyu alındıktan sonra çöplerle beraber uzaklaştırılabilir.

3.5 Su Örneklerinin Alınması

Numune alınan DDD hatları Şekil 3.2.'de ve numune alınan noktaların derinlikleri Çizelge 3.1'de gösterilmiştir. Deniz ortamında numune alma işlemlerinde; diğer bilgilerin yanı sıra meteorolojik şartlar, (yağış, hava sıcaklığı, rüzgar durumu vb.) numune alma noktalarının koordinatları, noktanın derinliği, o noktadaki toplam su derinliği gibi bilgilerin de Numune Alma Tutanağı'nda ya da ek olarak düzenlenecek tutanakta kayıt edilmiştir. Su, atıksu, göl ve göletler, akarsular ve deniz sularından numune alma konularında, "Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği (R.G:10.10.2009/ 27372)" ve TS Standartlarının güncel halleri dikkate alınır. Derin Deniz Deşarjına İzin Verilebilecek Atıksuların Özellikleri ve Derin Deniz Deşarjı Genel Kalite Kriterleri ile Derin Deniz Deşarjları İçin Uygulanacak Kriterler İzlenen Parametreler Çizelge 3.3.'de verilmiştir.



Şekil 3.11. DDD hattı boyunca numune noktalarının seçimi [37].

Çalışmada, Temmuz 2015 ve Eylül 2015 dönemlerinde belirlenen noktalardan numune alımı yapılmıştır. Numune alım görselleri Şekil 3.12, Şekil 3.13 ve Şekil 3.14'te verilmiştir.



Şekil 3.12. Rize-Merkez DDD hattı deniz suyu numune alma ve CTD ölçümleri



Şekil 3.13. Rize-Fındıklı DDD hattı deniz suyu numune alma ve CTD ölçümleri



Şekil 3.14. Envanter çalışmaları

Atıksu ve deniz suyu numunelerinin pH ve sıcaklık değerleri çoklu parametre ölçüm cihazı ile numune alma esnasında ölçülmüştür. Aynı işlem numunelerin laboratuvar ortamına getirilmesiyle tekrarlanmıştır.

Çizelge 3.1. Numune alma noktalarının derinlikleri

Numune Alma Noktaları	Rize-Fındıklı	Rize-İslampaşa
	Derinlik (m)	Derinlik (m)
	Yüzey	Yüzey
N1	0,95	0,46
N2	0,59	0,92
N3	0,95	0,65
N4	0,63	1,72
N5	0,79	0,63
N6	0,43	0,82
N7	0,48	0,64
N8	0,4	0,46
N9	0,47	0,8
N10	0,46	0,48

Evsel DDD sistemleri girişinde SKKY Tablo-22 kapsamında yer alan parametrelerin analizi yapılmıştır. Deniz suyunda ise SKKY Tablo-4 ve SKKY Tablo-23 kapsamındaki parametrelerin analizleri gerçekleştirilmiştir.

3.6 Numune Alma Koruma ve Analiz Yöntemleri

Deniz ortamında numune alma işlemlerinde; diğer bilgilerin yanı sıra meteorolojik şartlar, (yağış, hava sıcaklığı, rüzgar durumu vb.) numune alma noktalarının koordinatları, noktanın derinliği, o noktadaki toplam su derinliği gibi bilgilerin de Numune Alma Tutanağı'nda ya da ek olarak düzenlenecek tutanakta kayıt edilmesi gerekir. Atıksu debisi 1000 m³/gün üzerinde olan tesislerin, derin deniz deşarjı noktasını 1 kilometre çevreleyen çember üzerinde numune alınması zorunludur. Hakim rüzgar yönü ve akıntı hareketlerinin, deşarj edilen atıksu bulutunu taşıması ihtimalini de göz önüne alarak daire içerisinde, iki farklı derinlikte (dip ve yüzey), iki ara numune alma noktası belirlenir. Bu amaç için özel olarak yapılan cihazlarla numune alınır.

Su, atıksu, göl ve göletler, akarsular ve deniz sularından numune alma konularında, “Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği (R.G:10.10.2009/ 27372)” ve TS Standartlarının güncel halleri dikkate alınır.

3.6.1 Atıksu numuneleri

Atıksu numunelerinin pH ve sıcaklık değerleri çoklu parametre ölçüm cihazı ile numune alma esnasında ölçülmüştür. AKM tayini için atıksu 1 L’lik koyu renkli cam şişelere alınmıştır. AKM tayininde kullanılan numune hacmi atıksudaki katı madde yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir. Yağ gres tayini için atıksu, önceden içerisine koruyucu olarak derişik H_2SO_4 eklenmiş 1 L’lik koyu renkli cam şişelere alınmıştır. Numunenin son pH’sı 2’nin altındadır. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOI_5) tayini için atıksu numunesi 1L’lik cam şişelere alınmış, bu numunelere koruyucu ilavesi yapılmamıştır. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) tayini için atıksu, önceden içerisine koruyucu olarak derişik H_2SO_4 eklenmiş 1 L’lik koyu renkli cam şişelere alınmıştır. Numunenin son pH’sı 2’nin altındadır. Toplam azot (TN) tayini için atıksu, 1 L’lik koyu renkli cam şişelere alınmıştır. Toplam fosfor (TP) tayini için atıksu, önceden içerisine koruyucu olarak derişik H_2SO_4 eklenmiş 1 L’lik koyu renkli cam şişelere alınmıştır. Numunenin son pH’sı 2’nin altındadır. MBAS tayini için atıksu, 1 L’lik koyu renkli cam şişelere alınmıştır. Tüm numuneler soğuk zincir altında mümkün olan en kısa sürede laboratuvarlara ulaştırılarak analizleri yapılmıştır. Atıksu numunelerinde analizi yapılan parametreler için kullanılan analiz yöntemleri Çizelge A.1.’de verilmiştir.

3.6.2 Deniz suyu numuneleri

Tüm su örnekleri 5 L hacimli Niskin şişeleri kullanılarak alınmıştır. Çözünmüş oksijen, pH, iletkenlik, sıcaklık, tuzluluk ve derinlik ölçümleri için CTD prob kullanılmıştır. AKM örnekleme için deniz suyu 1 L’lik plastik bidonlara alınmıştır. Numune hacmi ortamdaki katı madde yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir (APHA ve diğ., 1999). Klorofil-a tayini için deniz suyu, 1 L’lik plastik bidonlara alınmıştır. Klorofil-a tayini, Aquaflour Turner Designs Model: 8000-010 cihazı ile yapılmıştır. Amonyak tayini için deniz suyu, önceden içerisine koruyucu olarak derişik H_2SO_4 eklenmiş 500 mL’lik plastik bidonlara alınmıştır. Parçalanabilir organik kirleticilerin (BOI_5) tayini için 1 L ve zehirlilik tayini için 10 L deniz suyu numunesi alınmış, bu numunelere koruyucu ilavesi yapılmamıştır. Fenol tayini için deniz suyu örnekleri

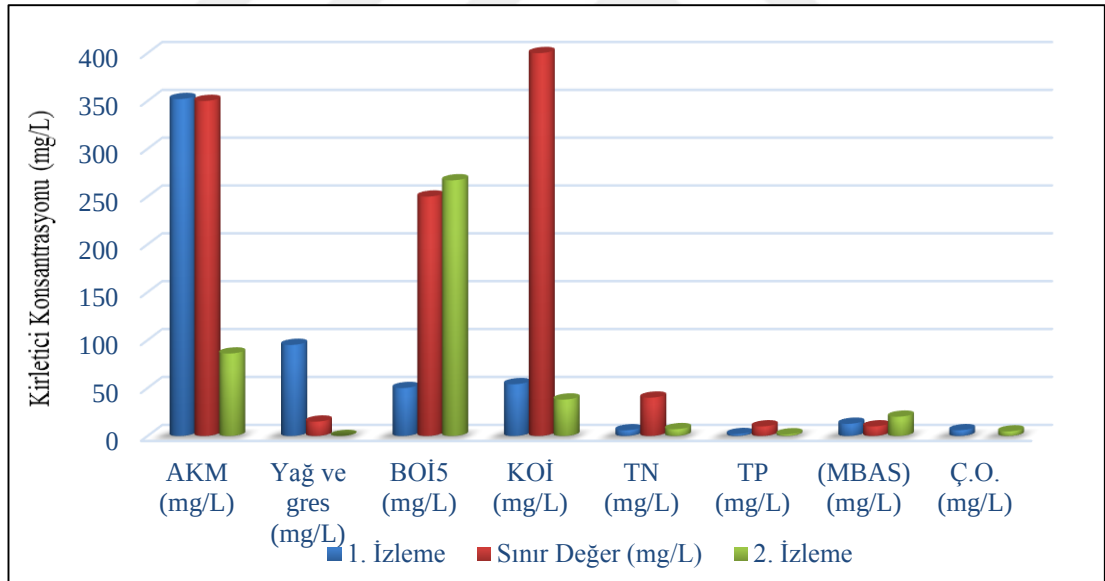
koruyucu olarak derişik H_2SO_4 eklenmiş 1 L'lik koyu renkli cam şişelere alınmıştır. Petrol türevleri için deniz suyu 1 L'lik koyu renkli cam şişelere alınmış, bu numunelere koruyucu ilavesi yapılmamıştır. Metal analizleri için deniz suyu numuneleri koruyucu olarak derişik H_2SO_4 eklenmiş 1 L'lik plastik şişelere alınmıştır. Radyoaktivite ölçümleri için deniz suyu numuneleri 1 L'lik plastik şişelere alınmıştır. Mikrobiyolojik analizler için deniz suyu numuneleri 500 ml'lik steril plastik şişelere alınmıştır. Tüm numuneler soğuk zincir altında mümkün olan en kısa sürede laboratuvarlara ulaştırılarak analizleri yapılmıştır. Deniz suyu numunelerinde analizi yapılan parametreler için kullanılan analiz yöntemleri Çizelge A.2.'de verilmiştir.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

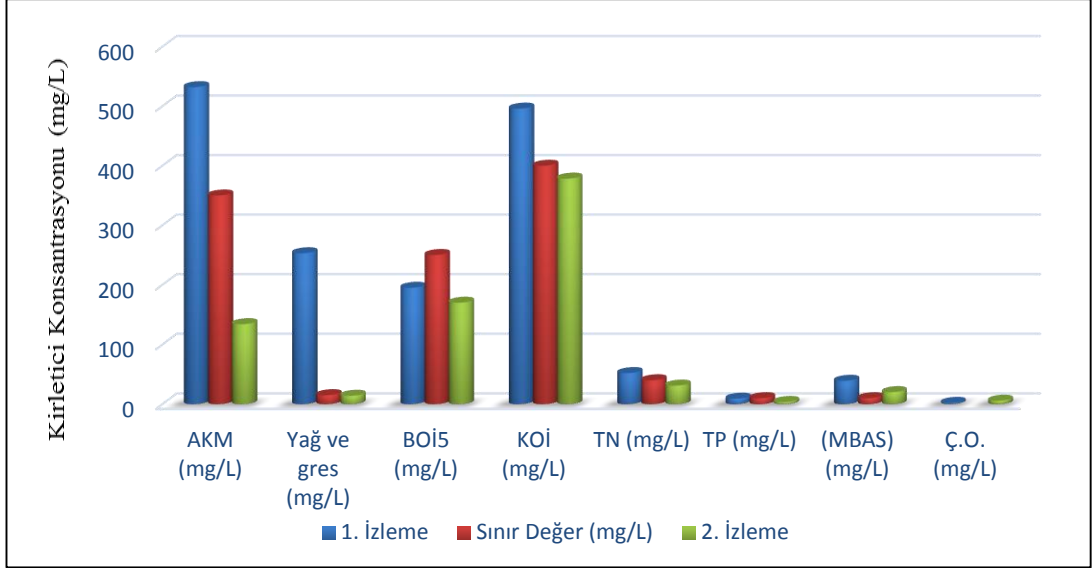
4.1 Derin Deniz Deşarjı Hatlarının Girişinden Alınan Atıksu Örneklerinde Yapılan Analizlerin Tablo 22'ye göre Değerlendirilmesi

Rize-Fındıklı DDD sistemi girişinde 1. izlemede, AKM (352 mg/L), yağ-gres (95 mg/L) ve MBAS (12.72 mg/L) değerleri SKKY Tablo 22'de belirtilen sınır değerleri aşmaktadır. Birinci izlemede, Rize-İslampaşa DDD sistemi girişinde de AKM (532 mg/L), yağ-gres (253 mg/L), KOİ (496 mg/L) ve toplam azot (52 mg/L) ve MBAS (39.05 mg/L) değerlerinin SKKY Tablo 22'de belirtilen sınır değerlerden daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4.1. Temmuz-Eylül 2015 döneminde Rize-Fındıklı örnekleme istasyonunda evsel atıksuda ölçülen değerler

İkinci izlemede ise, Rize Fındıklı DDD sistemi girişinde BOİ5 (267 mg/L) ve MBAS (20.12 mg/L) değerleri, Rize-İslampaşa DDD sistemi girişinde de MBAS (20.12 mg/L) değeri SKKY Tablo 22'de belirtilen sınır değerleri aşmaktadır.



Şekil 4.2. Temmuz-Eylül 2015 döneminde Rize- İslampaşa örnekleme istasyonunda evsel atıksuda ölçülen değerler

İkinci izlemede, Rize-Fındıklı (RZ-FN) BOİ₅ 267 mg/L, birinci izlemede yağ-gres 95 mg/L ve her iki izleme MBAS 12.72 mg/L ve 20.12 mg/L sınır değerlerin üzerinde bulunmuştur. İlk izlemede Rize-İslampaşa (RZ-İSL)'da, TN 52 mg/L, yağ gress 253 mg/L, KOI 496 mg/L ve MBAS 39.05 mg/L değerleri ile sınır değerlerinin üzerinde çıkmıştır.

Çizelge 4.1. SKKY'ye göre Tablo 22'de mevcut parametrelerin örnekleme noktalarındaki değerleri

BÖLGE	RİZE (FINDIKLI)		
Parametre	Sınır Değer	1.izleme	2.izleme
pH	6-9	7.37	7.69
Sıcaklık	35 °C	16.8	20.9
Askıda katı madde (mg/L)	350	352	86
Yağ ve gres (mg/L)	15	95	<10
Yüzer maddeler	Bulunmayacaktır	Bulunmamaktadır	Bulunmamaktadır
5 günlük biyokimyasal oksijen ihtiyacı, BOİ ₅ (mg/L)	250	50	267
Kimyasal oksijen ihtiyacı, KOI (mg/L)	400	54	38
Toplam azot (mg/L)	40	5.9	7.1
Toplam fosfor (mg/L)	10	2	1.7
Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri (MBAS) (mg/L)	10	12.72	20.12
Saha Ölçümleri			
Çözünmüş oksijen (mg/L)		5.99	4.73
Çözünmüş oksijen doygunluğu		65.9	52.4
İletkenlik (µS/cm)		120.7	240
Redoks potansiyeli (mV)		ND	-

Çizelge 4.2. SKKY’ye göre Tablo 22’de mevcut parametrelerin örnekleme noktalarındaki değerleri

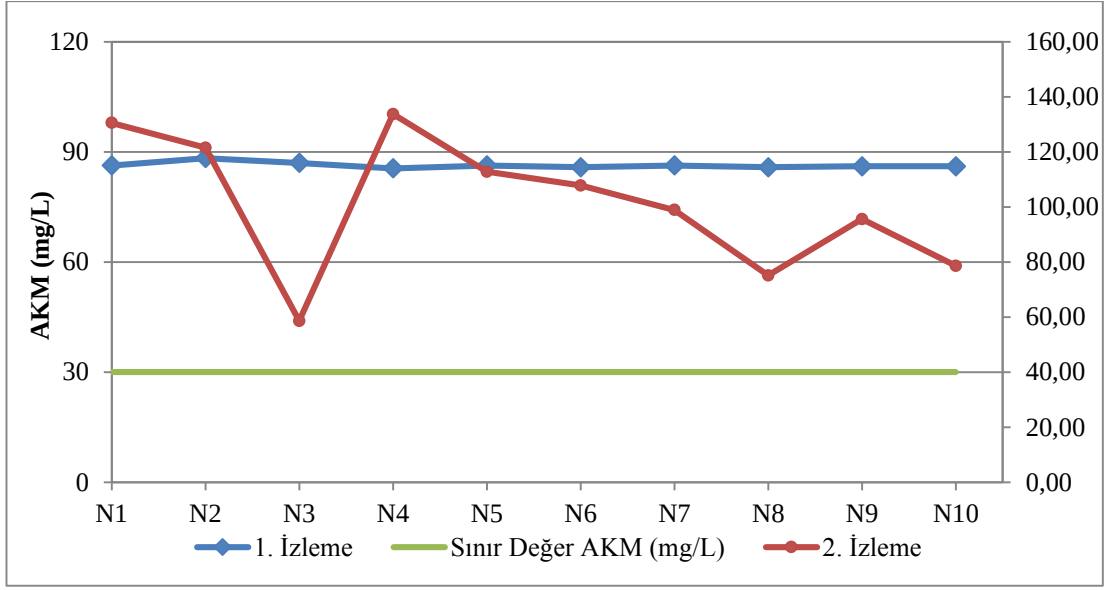
BÖLGE	RİZE (İSLAMPAŞA)		
Parametre	Sınır Değer	1.izleme	2.izleme
pH	6-9	7.27	7.34
Sıcaklık	35 °C	20.7	21.5
Askıda katı madde (mg/L)	350	532	134
Yağ ve gres (mg/L)	15	253	14
Yüzer maddeler	Bulunmayacaktır	Bulunmamaktadır	Bulunmamaktadır
5 günlük biyokimyasal oksijen ihtiyacı, BOİ ₅ (mg/L)	250	195	170
Kimyasal oksijen ihtiyacı, KOİ (mg/L)	400	496	378.4
Toplam azot (mg/L)	40	52	31
Toplam fosfor (mg/L)	10	9.1	3.6
Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri (MBAS) (mg/L)	10	39.05	20.12
Diğer parametreler	Saha Ölçümleri		
Çözünmüş oksijen (mg/L)		2.08	5.69
Çözünmüş oksijen doygunluğu (%)		23.13	60.1
İletkenlik (µS/cm)		905	354
Redoks potansiyeli (mV)		ND	-

4.2 Deniz Suyu Analiz Sonuçlarının SKKY Tablo 4 ve Tablo 23’de Yer Alan Kriterler Açısından Değerlendirilmesi

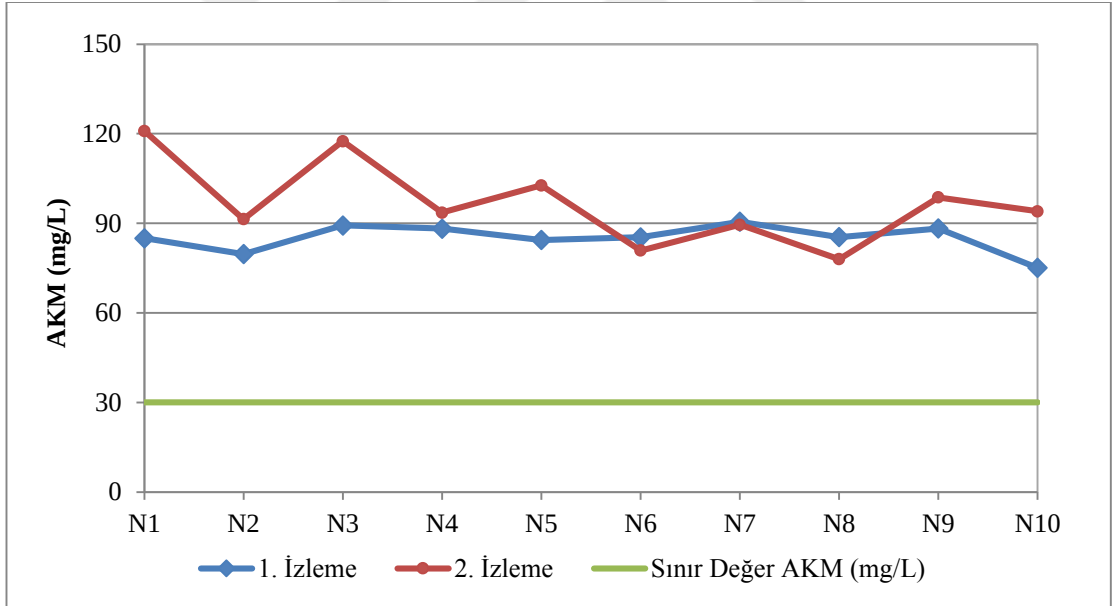
DDD hattının verimliliğinin belirlenmesi amacıyla Temmuz ve Eylül ayında deniz ortamında gerçekleştirilen 1. ve 2. izleme döneminde elde edilen çeşitli parametrelere ait bulgular aşağıda verilmiştir. Bu bölümde analiz sonuçlarına göre yapılan grafiklerin değerlendirmesi verilmiştir. Deniz suyu örneklerinde SKKY “Deniz Suyunun Genel Kalite Kriterleri” başlıklı Tablo 4 ve Tablo 23 kapsamında yer alan parametrelerin analizleri gerçekleştirilmiştir. SKKY’de bulunan ilgili tablolar (Tablo 4, Tablo 22, Tablo 23) eklerde verilmiştir.

4.2.1 Deniz suyunda askıda katı madde (AKM) değişimleri ve değerlendirilmesi

1. ve 2 izlemede, deniz suyunda AKM değerlerinin istasyonlara göre değişimleri Şekil 4.3-4.4’de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Rize - Fındıklı DDD hattı için deniz suyunda AKM (mg/L) değerleri (Yüzey örnekleri) (Temmuz-Eylül 2015)



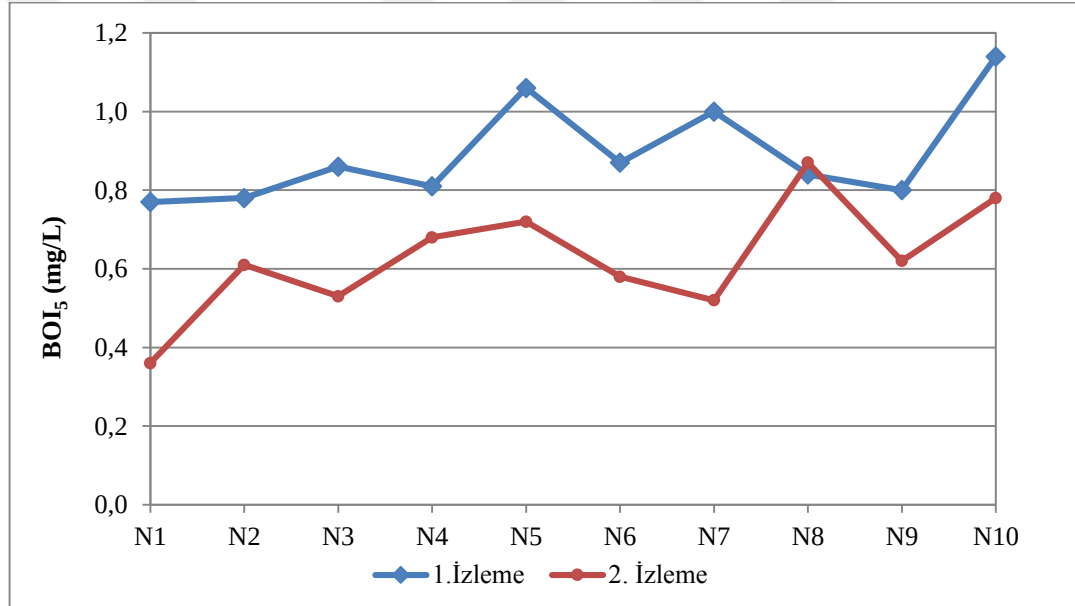
Şekil 4.4. Rize - İslampaşa DDD hattı için deniz suyunda AKM (mg/L) değerleri (Yüzey örnekleri) (Temmuz-Eylül 2015)

AKM değerleri 1. İzlemede 74.20-136.70 mg/L arasında ve 2. izlemede 62.10-166.70 mg/L değişim göstermiştir. 2. izlemede yağışların artışına bağlı olarak AKM değerlerinde artış görülmüştür.

1. ve 2. izlemelerde deniz suyunda yüzeyden alınan örneklerin tamamında AKM değerleri SKKY Tablo 4'te verilen sınır değerin (30 mg/L) üzerindedir. Karadeniz bölgesinde özellikle büyük akarsular, yüksek yağış oranları nedeniyle oluşan sel ve taşkınların etkisi ile kıyı sularına yüksek miktarda AKM taşımakta ve bulanıklığı artırmaktadır. DDD sistemleri çevresinde ölçülen yüksek AKM değerlerinin erozyonla taşınan ve akarsularla deşarj edilen katı maddeler ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

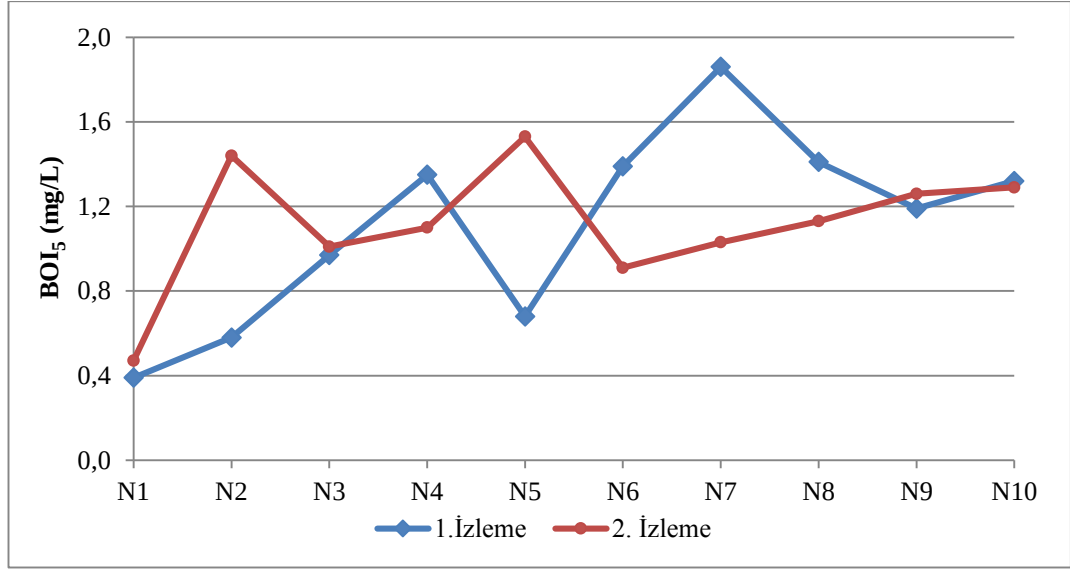
4.2.2 Deniz Suyunda Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ₅) değişimleri ve değerlendirilmesi

1. ve 2. izlemede, BOİ₅ değerlerinin istasyonlara göre değişimleri Şekil 4.5 - 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Rize - Fındıklı DDD hattı için deniz suyunda BOİ₅ (mg/L) değerleri (Yüzey örnekleri) (Temmuz-Eylül 2015)

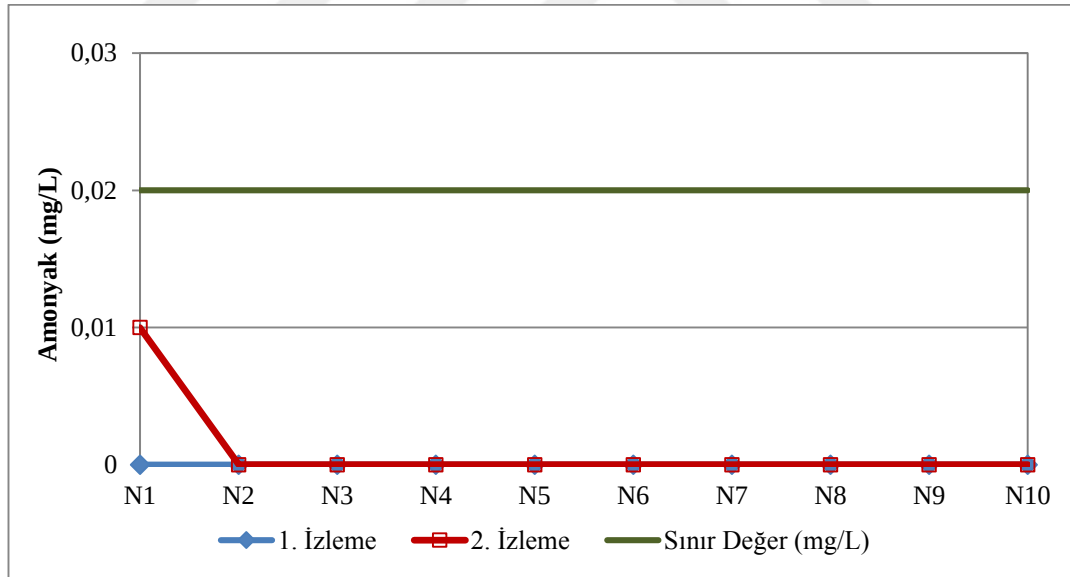
1. ve 2. izleme sonuçlarına göre, deniz suyu örneklerinde BOİ₅ değerleri genel olarak oldukça düşük seviyededir. BOİ₅ değerleri 1. izlemede 0.37-2,46 mg/L ve 0.2-1.44 mg/L izlemede arasında değişim göstermiştir. SSKY Tablo 4'e göre parçalanabilir organik kirleticilerin miktarının (BOİ₅) seyredikten sonra deniz suyunun çözünmüş oksijen doygunluk seviyesini %90'nın altına düşürmeyecek düzeyde olması gerekmektedir.



Şekil 4.6. Rize - İslampaşa DDD hattı için deniz suyunda BOI₅ (mg/L) değerleri (Yüzey örnekleri) (Temmuz-Eylül 2015)

4.2.3 Deniz suyunda amonyak değişimleri ve değerlendirilmesi

1. ve 2 izlemede, amonyak değerlerinin istasyonlara göre değişimleri Şekil 4.7’de gösterilmiştir.

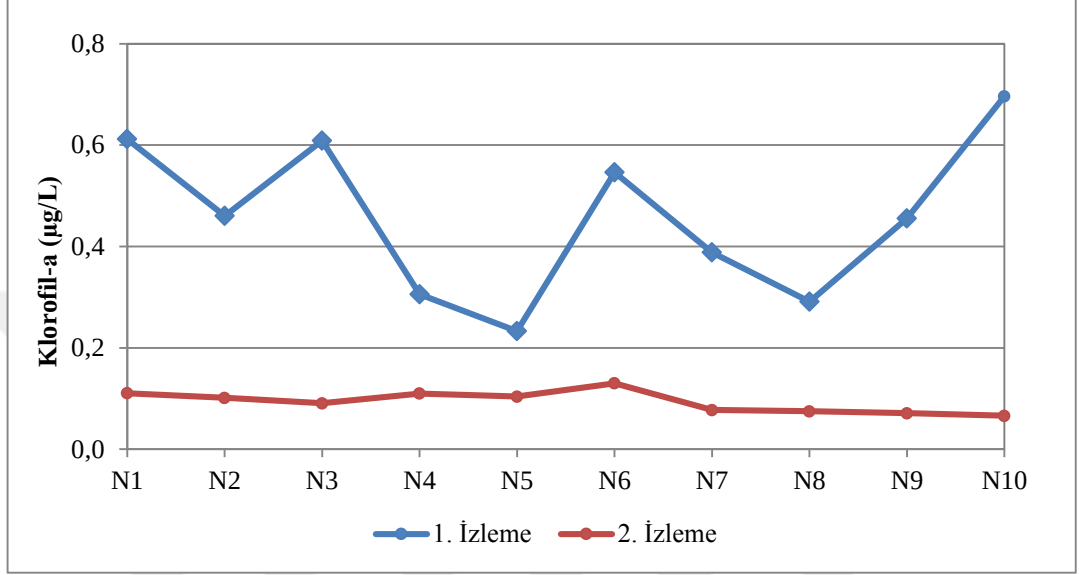


Şekil 4.7. Rize - Fındıklı DDD hattı için deniz suyunda amonyak (mg/L) konsantrasyon değerleri (Yüzey örnekleri) (Temmuz-Eylül 2015)

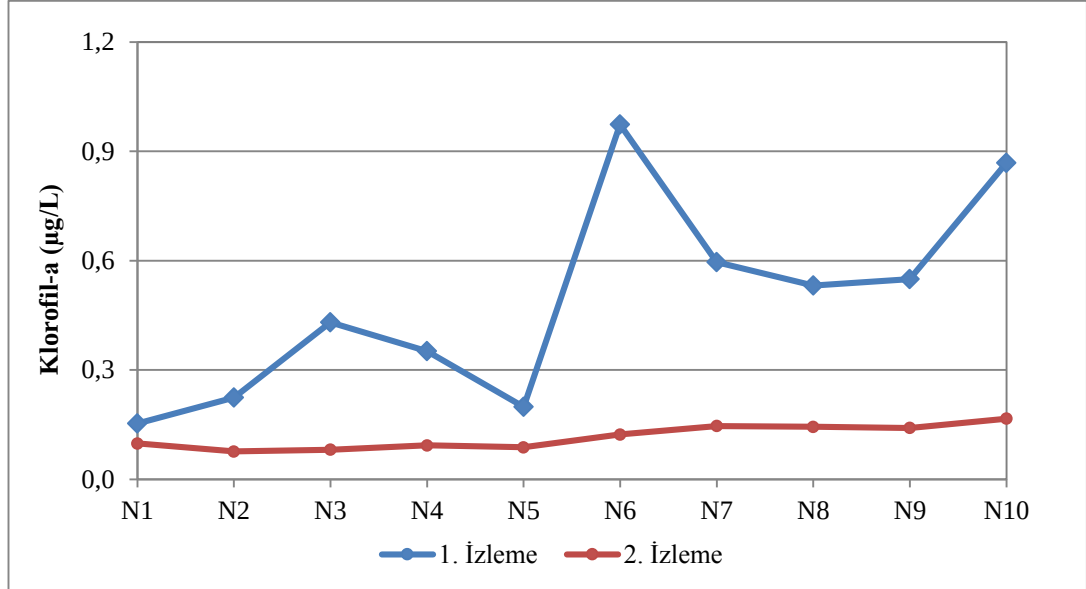
DDD hattı boyunca alınan deniz suyu örneklerinin büyük çoğunluğunda amonyak değerlerinin oldukça düşük düzeyde olduğu belirlenmiştir. Ölçülen amonyak değerlerinin SKKY Deniz Suyunun Genel Kalite Kriterleri başlıklı Tablo 4’de verilen sınır değerden (0.02 mg/L) düşük olduğu görülmektedir.

4.2.4 Deniz suyunda klorofil-a değişimleri ve değerlendirilmesi

1. ve 2. izlemede, klorofil-a değerlerinin istasyonlara göre değişimleri Şekil 4.8 - 4.9’da gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Rize - Fındıklı DDD hattı için deniz suyunda Klorofil-a ( g/L) konsantrasyon değerleri (Yüzey  rnekleri) (Temmuz-Eylül 2015)

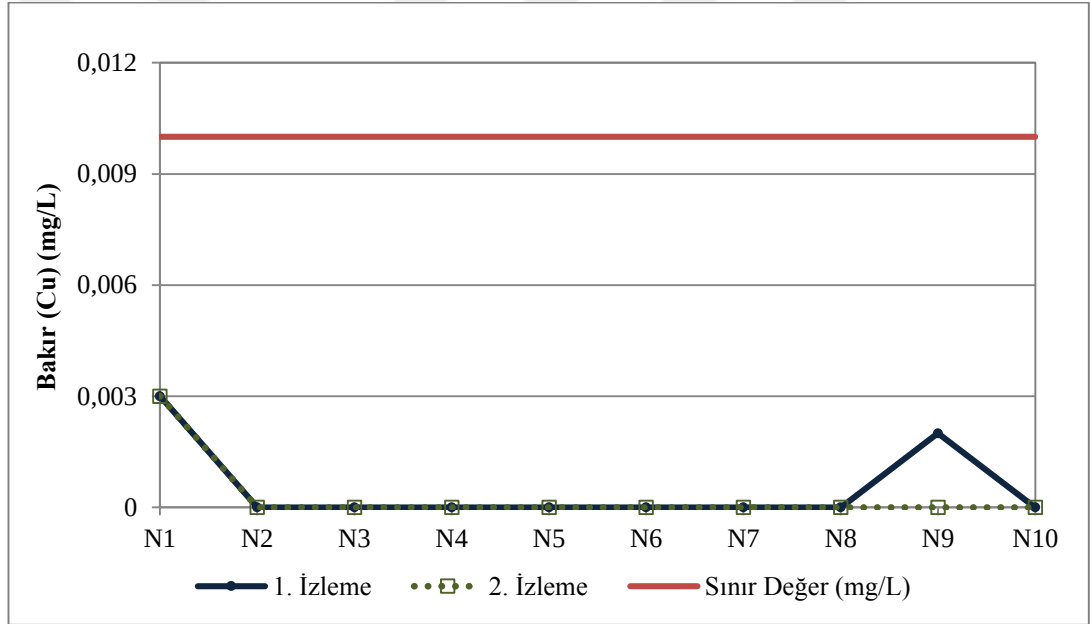


Şekil 4.9. Rize - İslampaşı DDD hattı için deniz suyunda Klorofil-a ( g/L) konsantrasyon değerleri (Yüzey  rnekleri) (Temmuz-Eylül 2015)

Rize Fındıklı ve Rize-İslampaşa DDD hattı boyunca alınan 1. ve 2. izleme örnekleme noktalarında klorofil-a değerlerinin 1 µg/L'den daha düşük olduğu belirlenmiştir. Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği, Hassas ve Az Hassas Su Alanları Tebliği, Ek 3'de tanımlanan Marmara ve Karadeniz İçin Ötrofikasyon Kriterlerine göre klorofil-a değerleri için <1 µg/L; ötrofik, 1-3 µg/L; mezotrofik, >3 µg/L; oligotrofik ve >5 µg/L; hiperötrofik koşulları yansıtmaktadır. DDD hattı boyunca deniz ortamının oligotrofik özellikte olduğu ifade edilebilir.

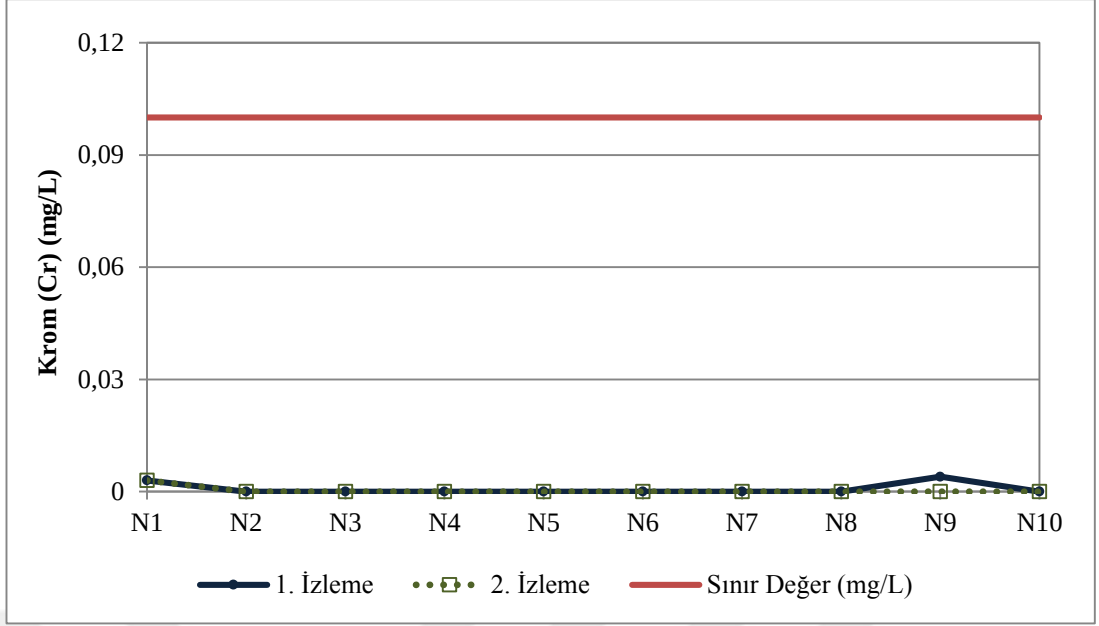
4.2.5 Deniz suyunda ağır metallerin değişimleri ve değerlendirilmesi

1. ve 2. izlemede, ağır metal değerlerinin istasyonlara göre değişimleri Şekil 4.10-4.16'da gösterilmiştir.

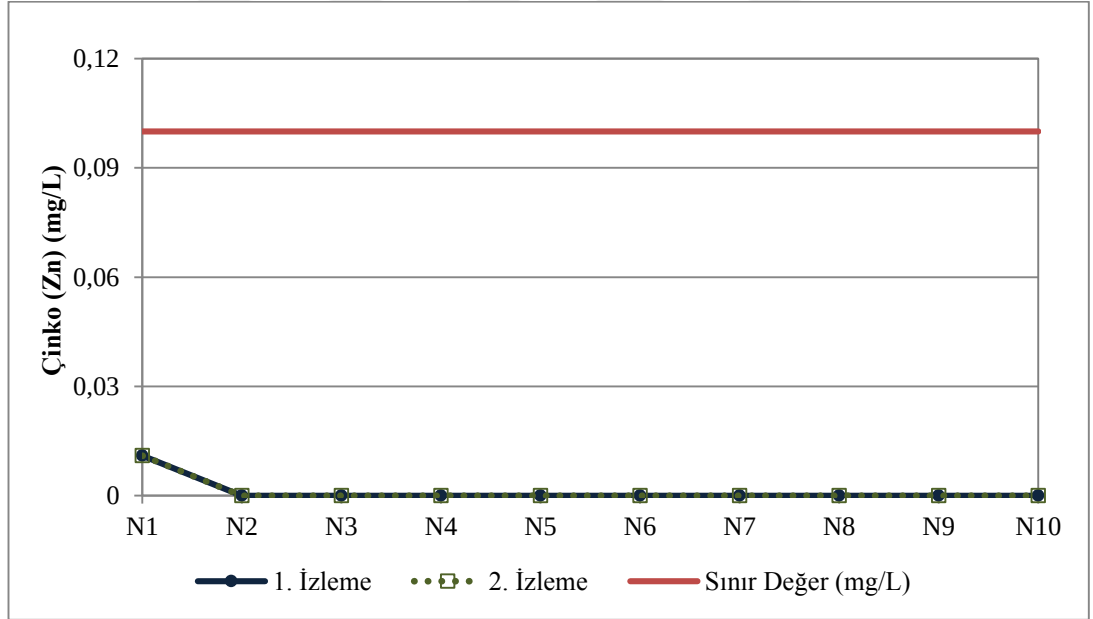


Şekil 4.10. Rize - Fındıklı DDD hattı için deniz suyunda Bakır (Cu) (mg/L) konsantrasyon değerleri (Temmuz-Eylül 2015)

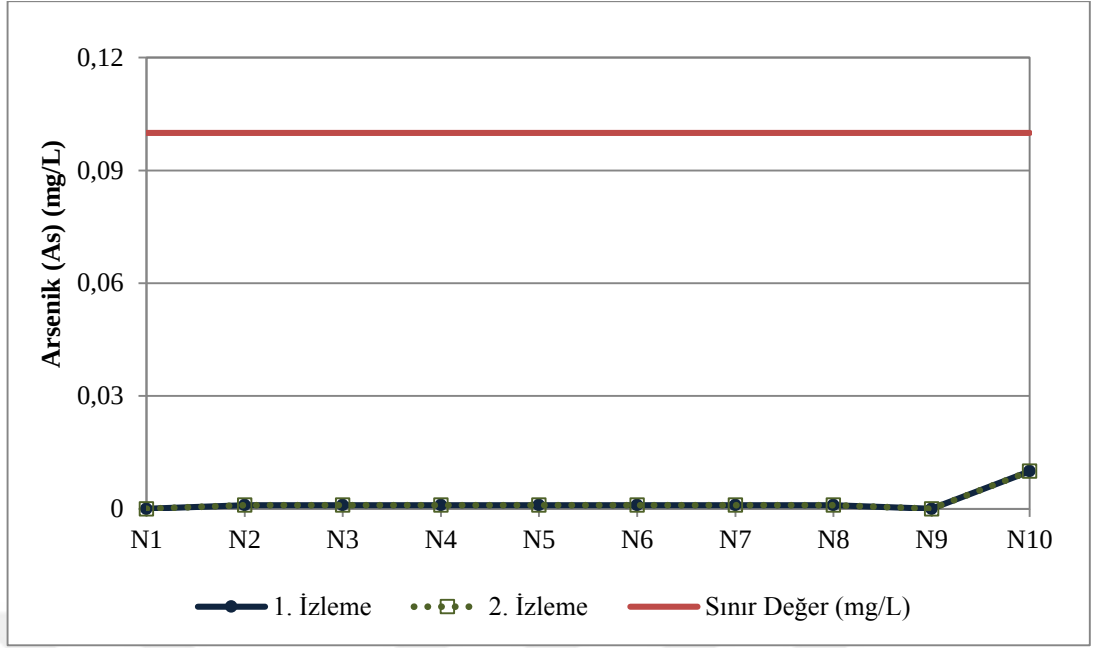
Bu konsantrasyonlar SKKY Tablo 4'de bakır için verilen sınır değer (0.01 mg/L) üzerindedir. Kadmiyum ve krom konsantrasyonu örnekleme yapılan hiçbir evsel DDD sisteminde SKKY Tablo 4'de verilen sınır değer (0.01 mg/L) üzerine çıkmamıştır. Aynı şekilde nikel ve çinko konsantrasyonları da SKKY Tablo 4'de verilen sınır değeri (0.1 mg/L) aşmamıştır.



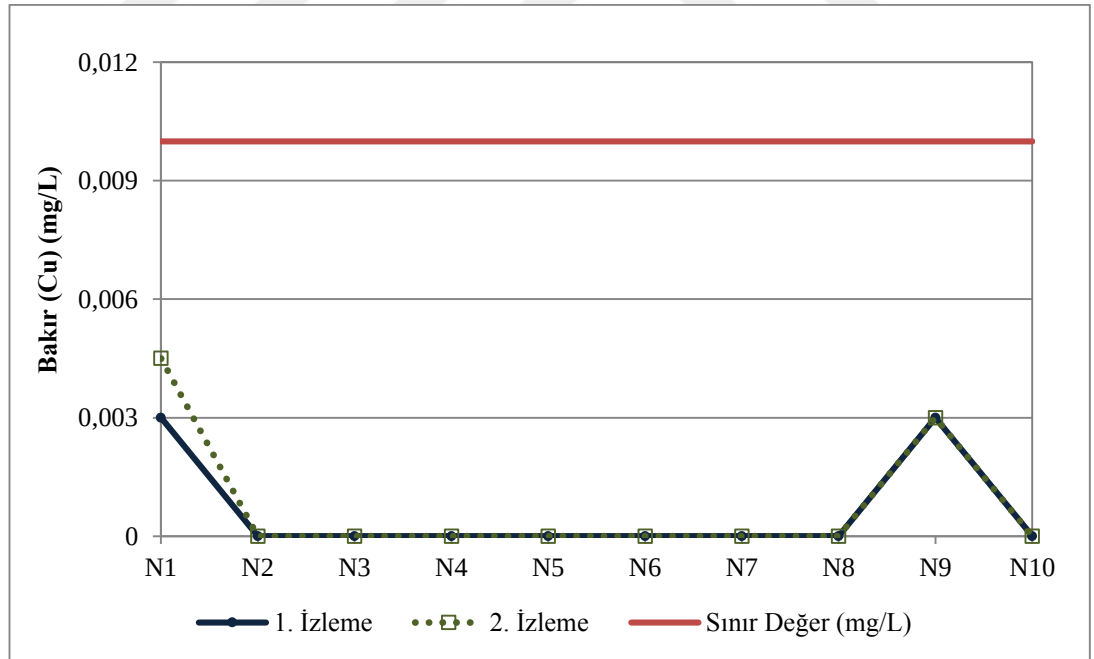
Şekil 4.11. Rize - Fındıklı DDD hattı için deniz suyunda Krom (Cr) (mg/L) konsantrasyon değerleri (Temmuz-Eylül 2015)



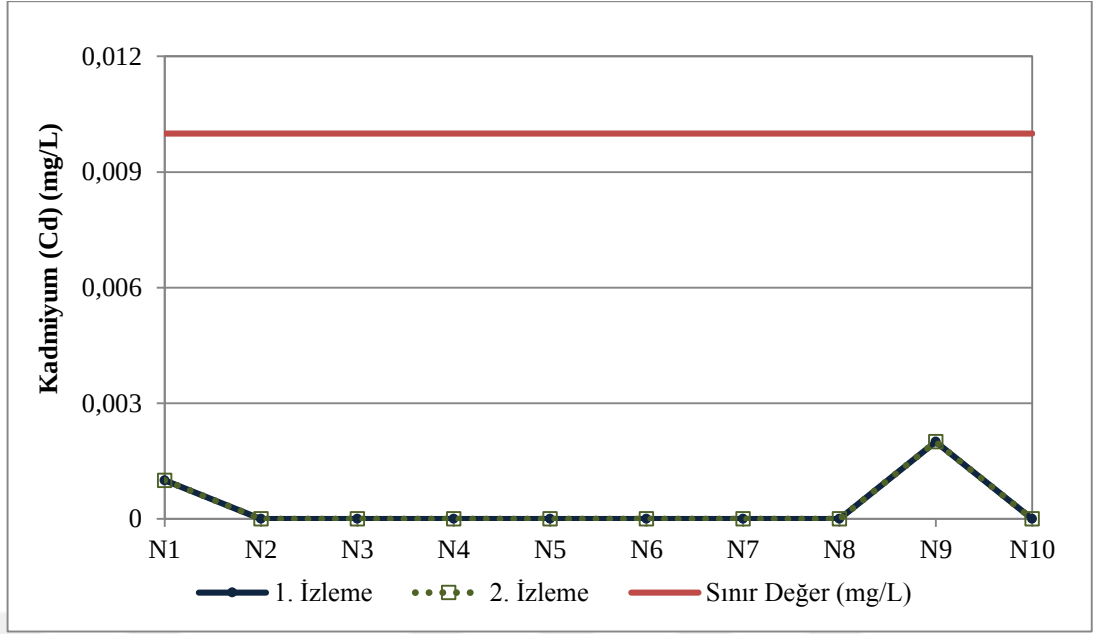
Şekil 4.12. Rize - Fındıklı DDD hattı için deniz suyunda Çinko (Zn) (mg/L) konsantrasyon değerleri (Temmuz-Eylül 2015)



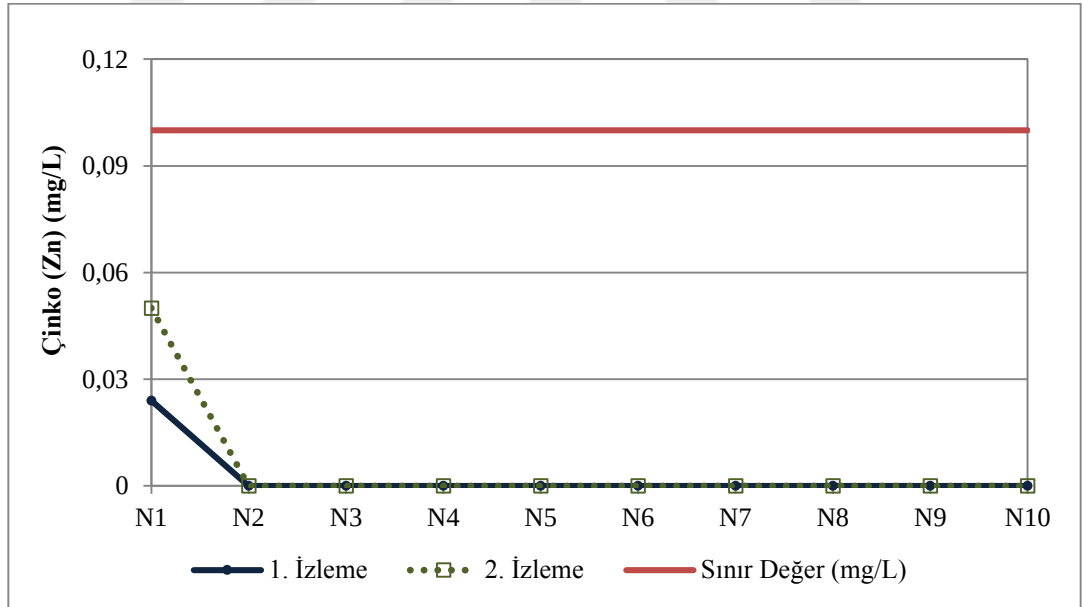
Şekil 4.13. Rize - Fındıklı DDD hattı için deniz suyunda Arsenik (As) (mg/L) konsantrasyon değerleri (Temmuz-Eylül 2015)



Şekil 4.14. Rize - İslampaşa DDD hattı için deniz suyunda Bakır (Cu) (mg/L) konsantrasyon değerleri (Temmuz-Eylül 2015)



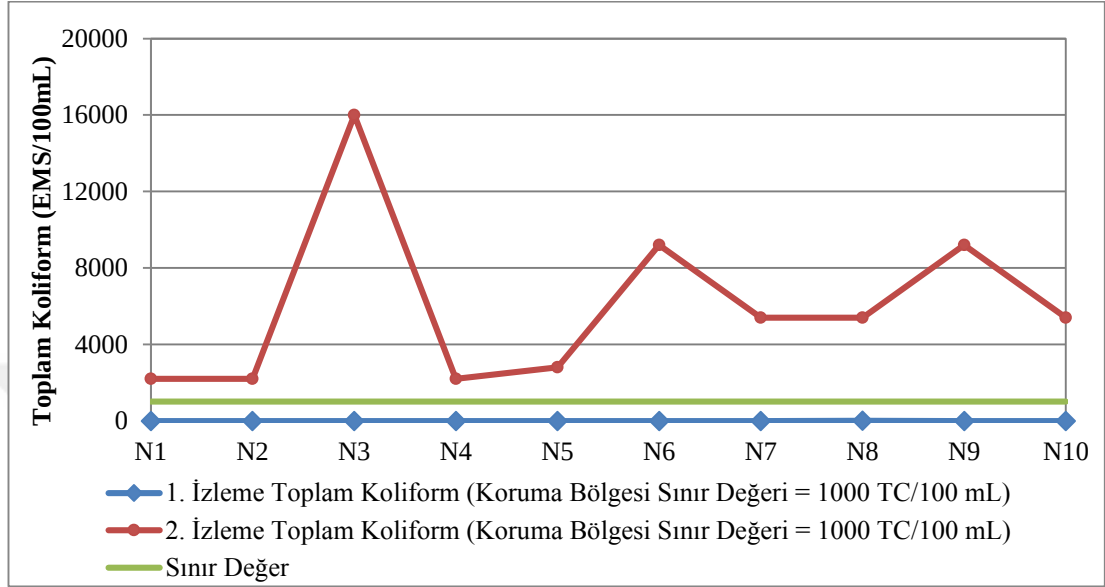
Şekil 4.15. Rize-İslampaşa DDD hattı için deniz suyunda Kadmiyum (Cd)(mg/L) konsantrasyon değerleri (Temmuz-Eylül 2015)



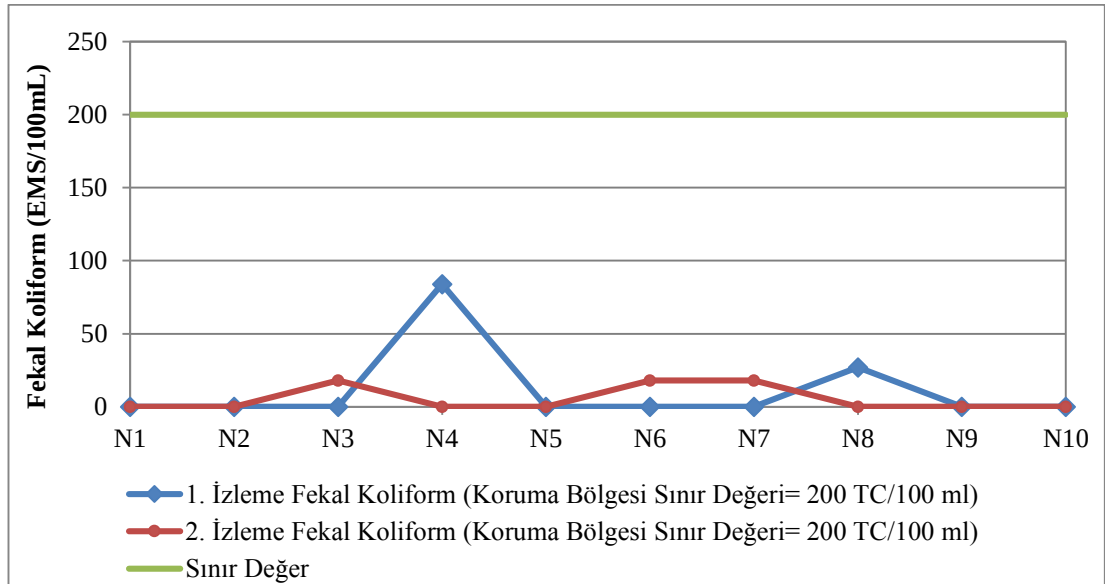
Şekil 4.16. Rize-İslampaşa DDD hattı için deniz suyunda Çinko (Zn) (mg/L) konsantrasyon değerleri (Temmuz-Eylül 2015)

4.2.6 Deniz suyunda koliform değişimleri ve değerlendirilmesi

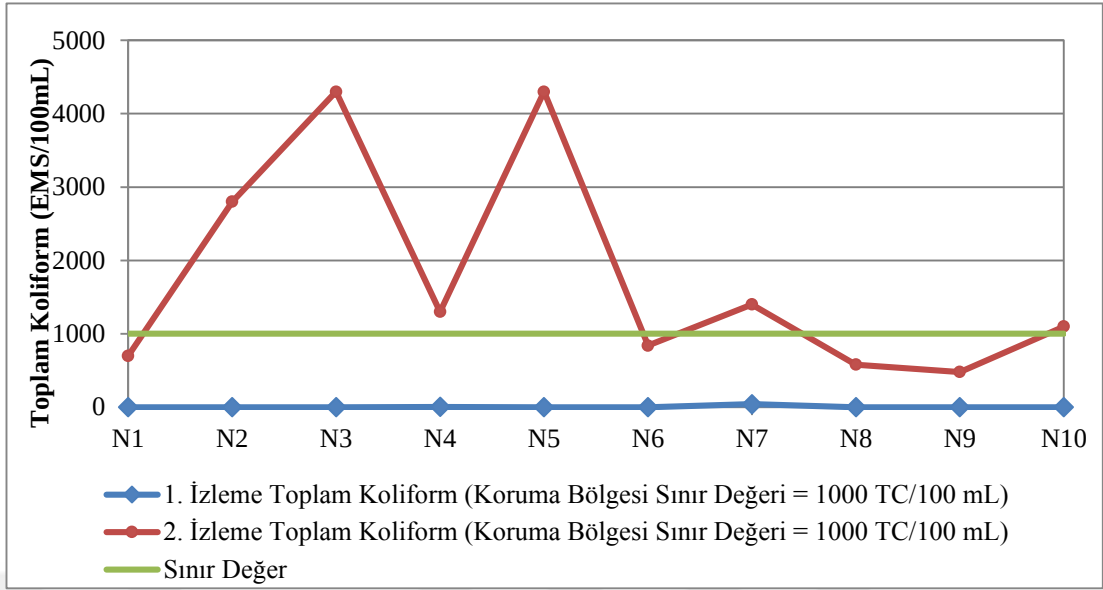
1. ve 2. izlemede, toplam koliform ve fekal koliform değerlerinin istasyonlara göre değişimleri Şekil 4.17- 4.20’de gösterilmiştir.



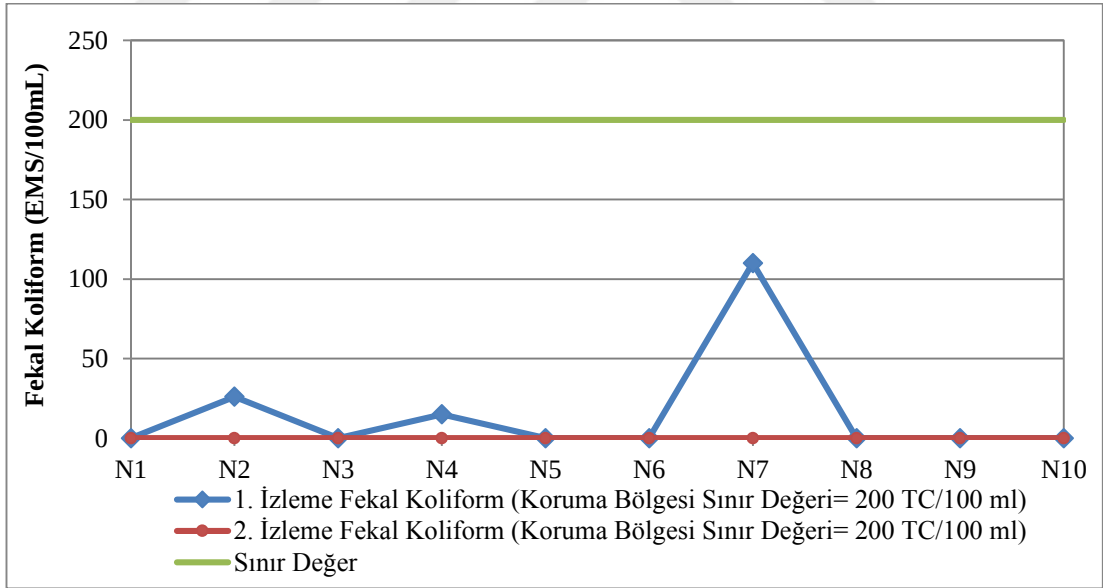
Şekil 4.17. Rize-Fındıklı DDD hattı için deniz suyunda Toplam Koliform (EMS/100 mL) konsantrasyon değerleri (Yüzey  rnekleri) (Temmuz-Eylül 2015)



Şekil 4.18. Rize-Fındıklı DDD hattı için deniz suyunda Fekal Koliform (EMS/100 mL) konsantrasyon değerleri (Yüzey  rnekleri) (Temmuz-Eylül 2015)



Şekil 4.19. Rize-İslampaşa DDD hattı için deniz suyunda Toplam Koliform (EMS/100 mL) konsantrasyon değerleri (Yüzey örnekleri) (Temmuz-Eylül 2015)



Şekil 4.20. Rize-İslampaşa DDD hattı için deniz suyunda Fekal Koliform (EMS/100 mL) konsantrasyon değerleri (Yüzey örnekleri) (Temmuz-Eylül 2015)

“Derin Deniz Deşarjları İçin Uygulanacak Kriterler” başlıklı SKKY Tablo 23’de derin deniz deşarjıyla sağlanacak olan toplam seyrelme sonucunda insan teması olan koruma bölgesinde, zamanın % 90’ında, EMS olarak toplam koliform seviyesinin

1000 TC/100 mL ve fekal koliform seviyesinin 200 FC/100 mL'den az olması gerektiği belirtilmektedir. İncelenen DDD sistemlerinin tümünde koruma bölgesi sınırı olan kıyıya 300 m mesafedeki N10 noktasında 1.izlemede toplam koliform seviyesinin 1000 TC/100 ml'den ve fekal koliform seviyesinin 200 FC/100 ml'den daha düşük olduğu görülmektedir. DDD hatları boyunca toplam koliform değerinin sınır değerlerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Seyrelme oranlarını belirleyebileceğimiz N5, N6, N7, N8 noktalarında toplam koliform Rize-Fındıklı DDD hatları boyunca TC değerlerinin yüksek olduğu ve seyrelme oranlarının yeterli olmadığı sonucuna varılmıştır.

4.3 CTD (İletkenlik, Sıcaklık, Derinlik) Değerlendirmesi

4.3.1 Karadeniz sıcaklık tabakalaşması mevcut durumu

Karadeniz su kolonunda sıcaklık değişiminin temel özelliği derinliğe bağlı olarak hızla azalmasıdır. Yüzey tabakasında yıl boyunca değişim gösteren sıcaklık 50-70 metredeki soğuk ara tabakanın ortalarında 8°C civarlarına düşer. Sıcaklıktaki bu minimum değer su derinliğine bağlı olarak 75-100 metre derinliklerde de gözlenebilir. 50-200 metre derinlikler arasındaki tuzluluk gradienti nedeniyle dip sularına ısı transferine gerçekleşmez. Bu sebeple Karadeniz'in dip suları iklim koşullarından fazla etkilenmez.

Yüzey suyu aylık ortalama sıcaklık değişimi, güz döneminde atmosferik soğumaya bağlı olarak su soğumasının yavaş olması nedeniyle asimetriktir. Bahar ve yaz mevsiminin ilk yarısında maksimum sıcaklığına ulaşmadan önce deniz suyu hava sıcaklığından daha düşük iken yaz mevsiminin ikinci yarısından itibaren hava sıcaklığından daha yüksektir. Soğuk ara tabakanın sıcaklık değişimi 6.4-7.0°C iken Orta ve Doğu Karadeniz'de bu değer yaz sonlarında 7.5-8.0°C olabilmektedir. Soğuk ara tabakanın altında ise su sıcaklığı 100 metrede 7.2-8.5°C ve 300 metrede 8.5-8.9°C'dir.

Karadeniz'de soğuk ara tabakanın altındaki derinliklerde sıcaklık, yıl boyunca çok az değişmektedir. 8°C eş sıcaklık eğrisiyle sınırları belirlenen soğuk ara tabakanın suları genel görüşe göre her yıl yüzey sularıyla yenilenmektedir. Yapılan sıcaklık ölçümleri derinliğe bağlı incelendiğinde genellikle etkili değişimlerin ilk 50 metrede olduğu görülmektedir. Yıl boyunca ilk 50 metre derinlikte sıcaklık yönünden çeşitli

tabakalaşmalar gözlenirken bu derinliğin altında tabakalaşmanın söz konusu olmadığı görülmektedir.

Bunun nedeni yüzey suyunun sıcaklığının yüksek ve yoğunluğunun düşük olması ve karışıma zorlayacak rüzgâr olmamasından dolayı yüzey etkisinin çok fazla derine inememesidir. Yüzey suyu sıcaklığının yüksek olması nedeniyle mevsimsel termoklin tabakası 30-50 m arasında belirgin olarak gözükmemektedir. Soğuk ara tabakanın altındaki derinliklerde 7-8°C civarında sabitlenmektedir. Tatlı su girişlerine yakın istasyonlarda sıcaklıklar daha düşüktür. Üst tabaka sıcaklığı ve kalınlığı istasyonlar arasında küçük farklılıklar göstermektedir.

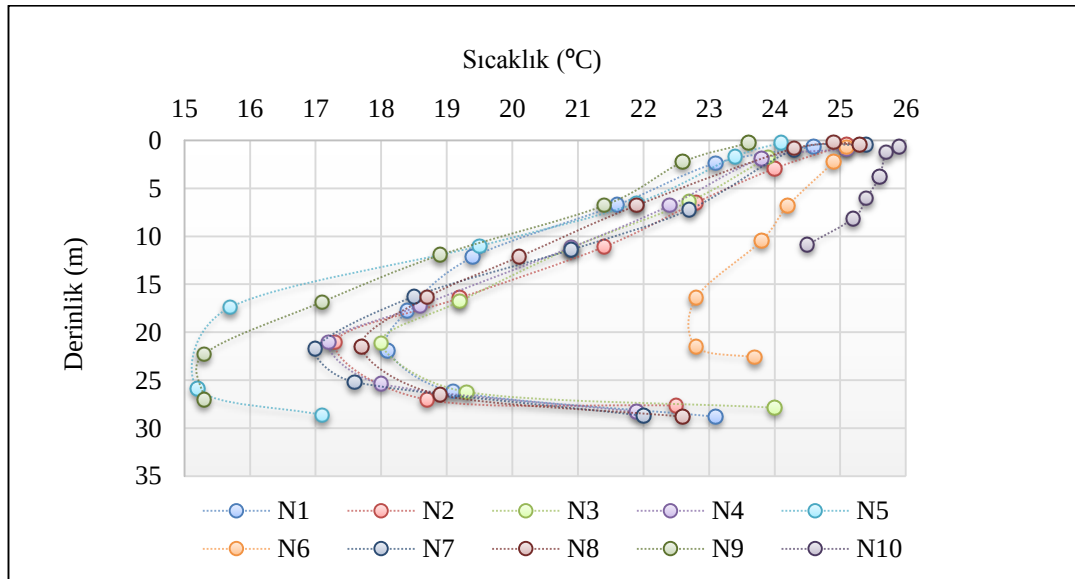
Yüzeysel su sıcaklığı değerlerinin 18.79 ile 15.09°C arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu kapsamda yüzey suyu sıcaklıklarında ciddi bir azalma olduğu ortadadır. Yüzey suyu sıcaklığının azalmasına rağmen mevsimsel termoklin tabakası 30-50 m arasında belirgin olarak gözükmemektedir. 50 ve 200 m derinlikler arasındaki tuzluluğun değişimi daha derin sulardaki sıcaklık değişimini önler. Bu nedenle Karadeniz diğer derin denizlere göre, iklimsel değişimlerden daha az etkilenir.

Yüzey suyu tuzluluğu; buharlaşma, yağışlar, nehirlerden boşalan su miktarı ve coğrafik ortam farklılığına göre değişim göstermekle birlikte, bu değişimler Karadeniz’de 200 m derinliğin altında sınırlıdır. Bu çalışmadaki ölçüm dönemi sıcaklıkların ve buharlaşmanın yüksek olduğu dönem olduğu için tuzluluk yüksektir. Karadeniz’in en önemli karakteristik özelliklerinden birisi de 100-200 metrelik derinlikler arasında sürekli bir haloklinik (geniş tuzluluk değişimi) göstermesidir ki Karadeniz bu özelliğe sahip dünyanın en büyük su kütesidir. Permanent (zamanla değişmeyen) bu haloklin tabakasının derinliği ise 100-200 m arasındadır.

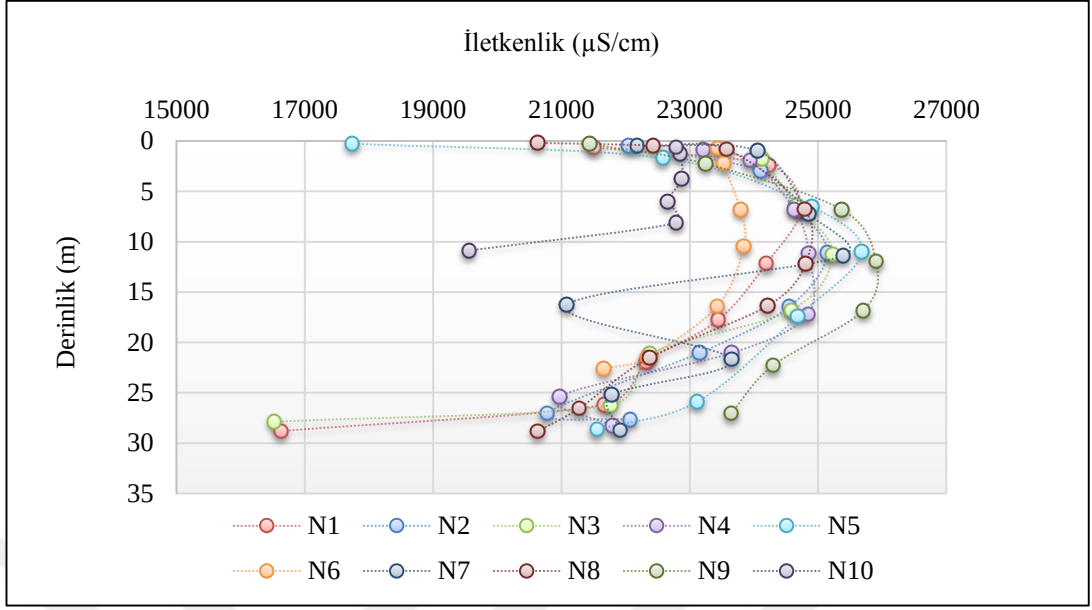
Yaz aylarında deniz suyunun elektriksel iletkenliği diğer aylara göre daha yüksektir. Elektriksel iletkenliğin azalması, deniz suyunun toplam çözünmüş madde içeriğinin de azalması anlamına gelmektedir. Çözünmüş madde içeriğinin azalmasında en etkili süreç, akarsu deşarjları ve özellikle yağış suyunun deniz suyunu seyreltmesidir. Diğer yandan, elektriksel iletkenliğin artması da, deniz suyunun içsel karışımı vb. gibi süreçlerin yanı sıra, esas olarak büyük oranda buharlaşmaya bağlı olarak gerçekleşmektedir.

4.3.2 CTD sonuçlarının değerlendirilmesi

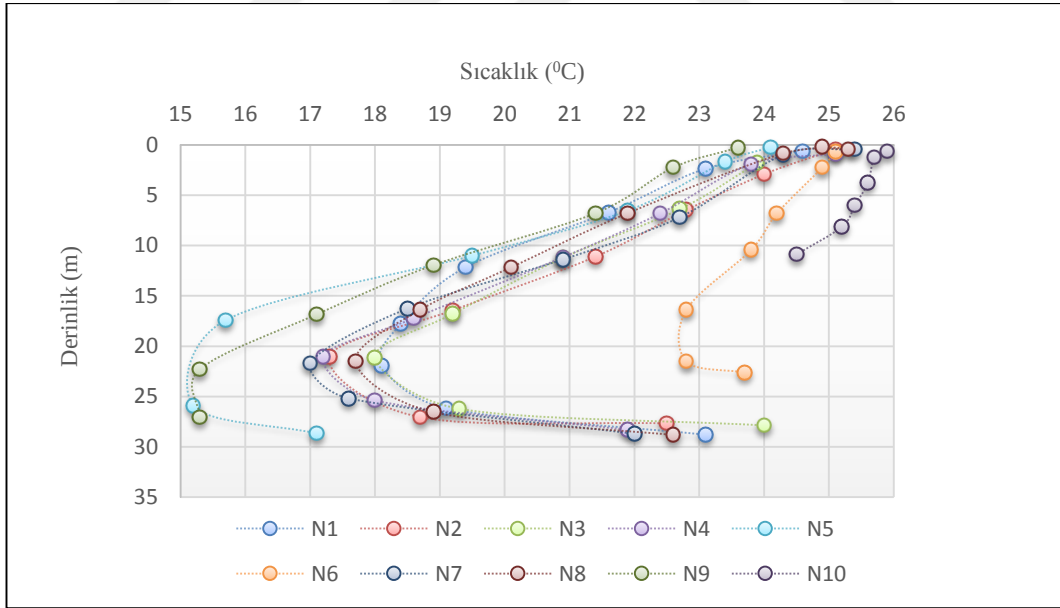
Rize-İslampaşa-Merkez DDD Bölgesinde, yüzey suyu sıcaklığı değerleri 23.5°C ile 25.0°C arasında değişmektedir. Yüzey suyu sıcaklıklarında ciddi bir değişiklik olmamıştır. N10 noktası hariç tüm noktalarda 15.31 m-25.7 m derinlikte sıcaklık 2.6°C-7.5°C civarında azalmıştır. Bu noktada sıcaklık tabakalaşması söz konusudur (Şekil 4.21, 4.22, Şekil 4.23, Şekil 4.24). Seçilen 10 noktada sıcaklıkta yüzeyden dibe doğru azalma olduğu belirlenmiştir, yüzeyde sıcaklık difüzör üstü N1 noktasında yüzeyde 24.1°C ve 26-27 metrelerde 22.1°C olduğu belirlenmiştir. Tuzluluk N1 noktasında yüzeyden dibe 12.7 psu-11.46 psu olup azalma olduğu belirlenmiştir. Elektriksel iletkenlik değerlerinin çok büyük oranda sıcaklığa paralel değişimler gösterdiği ve 0.02 değerlerinde değiştiği yüzeyden dibe doğru azalma olduğu gözlenmiştir. Yüzey suyu pH değişimlerinin 8.3-8.4 arasında olduğu pH'ın özellikle fotosentez zonu altında azalmaya başladığı ve daha derin sularda 7.6-7.7 civarında sabitlendiği literatürde belirtilmekte olup yüzeyden dibe doğru çok az azalma belirlenmiştir. Yüzde çözülmüş oksijenin yüzey suyunda sıcaklığa bağlı değişimler gösterdiği, derinliğin artması ile azaldığı belirlenmesine karşın %100 değerinin üzerinde belirlenmiş bazı noktalarda daha derinlerde %100'ün altına düştüğü görülmektedir. Klorofil-a değerlerinin yüzeyde 0.2-6 µg/L arasında değiştiği belirtilmiştir, bu bölgede 1.4 ile 1.85 µg/L arasında değiştiği sadece N1 noktasında bu değer altında olduğu belirlenmiştir.



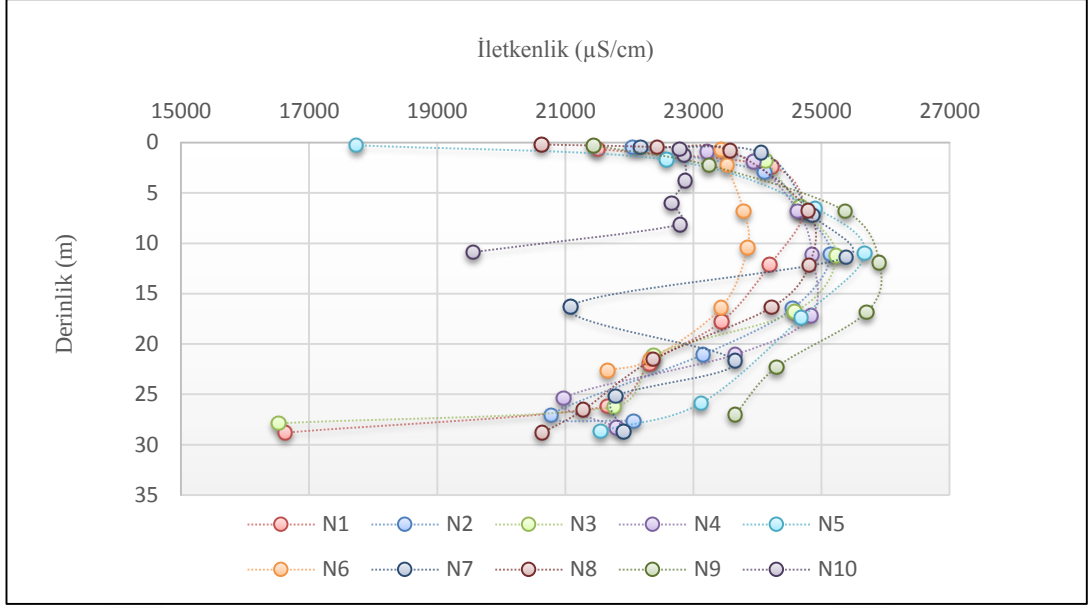
Şekil 4.21. Temmuz 2015 döneminde Rize-İslampaşa örnekleme istasyonunda sıcaklığın derinliğe göre değişimi



Şekil 4.22. Temmuz 2015 döneminde Rize-İslampaşa örnekleme istasyonunda iletkenliğin derinliğe göre değişimi

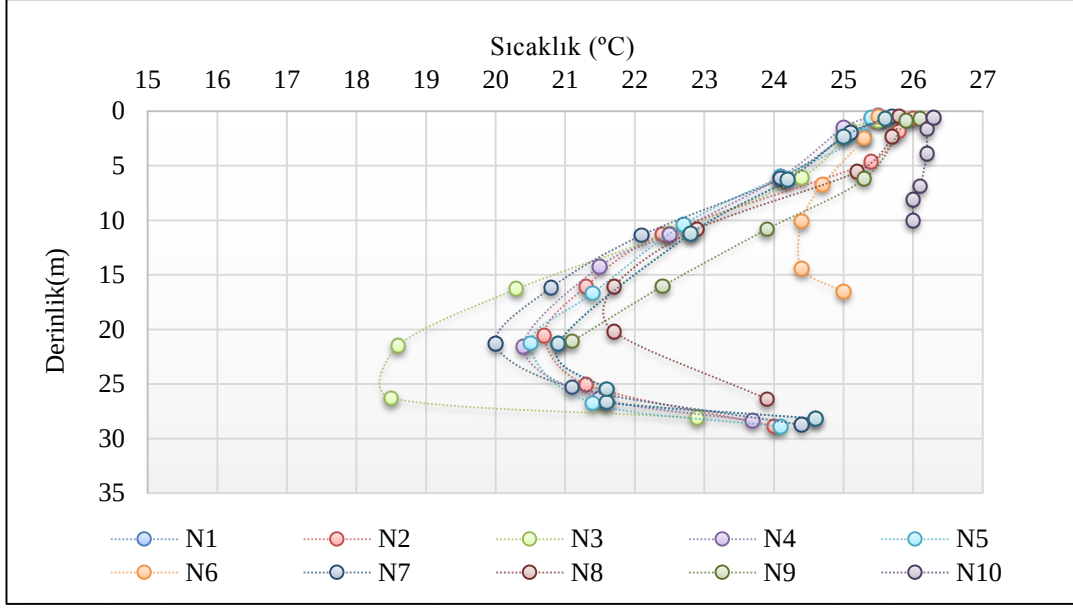


Şekil 4.23. Eylül 2015 döneminde Rize-İslampaşa örnekleme istasyonunda sıcaklığın derinliğe göre değişimi

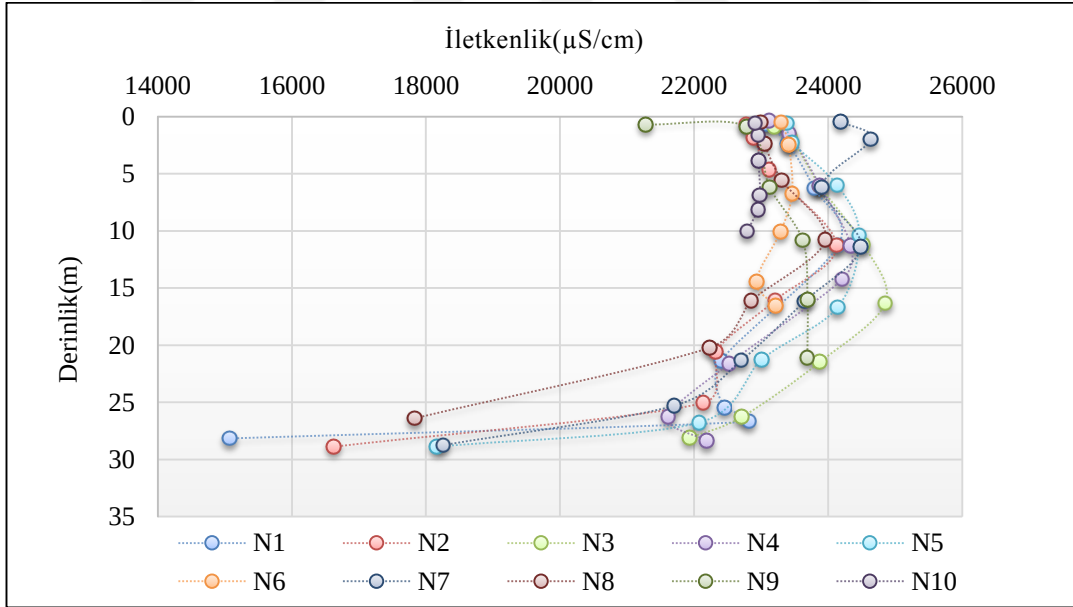


Şekil 4.24. Eylül 2015 döneminde Rize-İslampaşa örnekleme istasyonunda iletkenliğin derinliğe göre değişimi

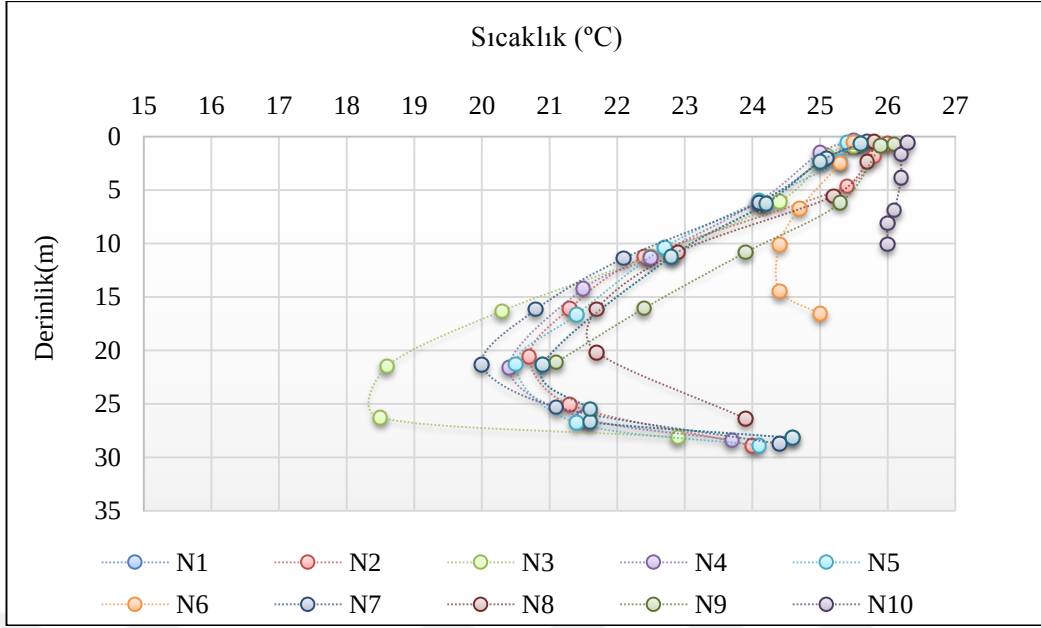
Rize-Fındıklı DDD Bölgesinde, yüzey suyu sıcaklığı değerleri 24.3 ile 24.9°C arasında olup yüzey suyu sıcaklığında ciddi bir değişiklik olmamıştır. N1, N2, N3, N4, N5, N7, N8 ve N9 noktalarında 21.75 m-29.05 m derinlikte sıcaklık 2.6°C-3.8°C civarında azalmıştır. Bu noktalarda sıcaklık tabakalaşması söz konusudur (Şekil 4.25, 4.26, 4.27, 4.28). Seçilen 10 noktada sıcaklıkta yüzeyden dibe doğru azalma olduğu belirlenmiştir, yüzeyde sıcaklık difüzör üstü N1 noktasında yüzeyde 25 °C ve 26-27 metrelerde 22 °C olduğu belirlenmiştir. Tuzluluk N1 noktasında yüzeyden dibe 12 psu-11.87 psu olup azalma olduğu fakat bazı noktalarda çok küçük değişimler olduğu belirlenmiştir. Elektriksel iletkenlik değerlerinin çok büyük oranda sıcaklığa paralel değişimler gösterdiği ve 0.02 S/cm değerlerinde değiştiği yüzeyden dibe doğru azalma olduğu gözlenmiştir. Yüzey suyu pH değişimlerinin 8.3-8.4 arasında olduğu pH' ın özellikle fotosentez zonu altında azalmaya başladığı ve daha derin sularda 7.6-7.7 civarında sabitlendiği literatürde belirtilmekte olup yüzeyden dibe doğru çok az azalma belirlenmiştir. Yüzde çözülmüş oksijenin yüzey suyunda sıcaklığa bağlı değişimler gösterdiği, derinliğin artması ile azaldığı belirlenmesine karşın %100 değerinin üzerinde belirlenmiştir. Klorofil-a değerlerinin yüzeyde 0.2-6 µg/L arasında değişmesinin uygun olduğu belirtilmiştir. Sadece N1 ve N2 noktasında bu değer in altında olduğu belirlenmiştir.



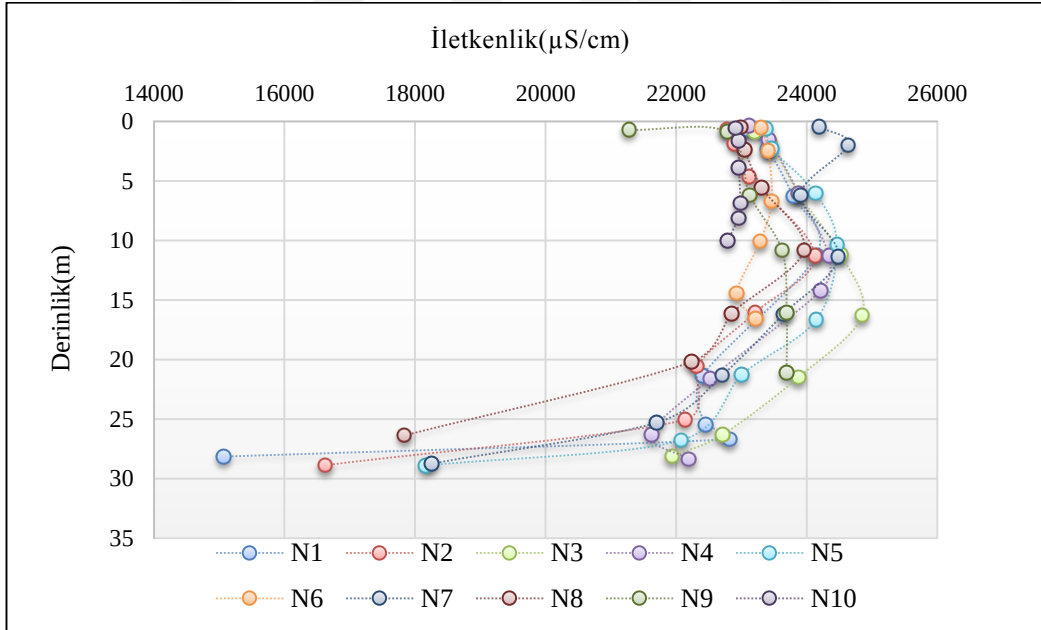
Şekil 4.25. Temmuz 2015 döneminde Rize-Fındıklı örnekleme istasyonunda sıcaklığın derinliğe göre değişimi



Şekil 4.26. Temmuz 2015 döneminde Rize-Fındıklı örnekleme istasyonunda iletkenliğin derinliğe göre değişimi



Şekil 4.27. Eylül 2015 döneminde Rize-Fındıklı örnekleme istasyonunda sıcaklığın derinliğe göre değişimi



Şekil 4.28. Eylül 2015 döneminde Rize-Fındıklı örnekleme istasyonunda iletkenliğin derinliğe göre değişimi

Çizelge 4.3. DDD sistemi girişinde evsel atıksuların özellikleri

DDD Sistemi	Arıtma Sistemi	Atıksu Özellikleri
Rize- İslampaşa	Fiziksel DDD sisteminde ön arıtma ünitesi olarak kaba ve ince ızgaralar ve kum tutucu bulunmaktadır.	DDD sistemi, girişinde AKM, yağ-gress, KOI, toplam azot ve MBAS değerleri SKKY Tablo 22’de verilen sınır değerleri aşmaktadır.
Rize-Fındıklı	Fiziksel DDD sisteminde ön arıtma ünitesi olarak kaba ve ince ızgaralar ve kum tutucu bulunmaktadır.	DDD sistemi, girişinde AKM, yağ-gress ve MBAS değerleri SKKY Tablo 22’de verilen sınır değerleri aşmaktadır.

Karadeniz’de yer alan kanalizasyon şebekeleri genelde projelendirme aşamasında ayırık sistem olarak yapılmaktadır. Ancak, daha önce yapılan kanalizasyon şebekeleri birleşik sistem şeklinde olup halen kullanılmaktadır. Kanala sızma debileri ve endüstriyel bağlantıların gözardı edildiği durumlarda atıksu arıtma tesislerinde problem yaşandığı saha bilgilerinden tespit edilmiştir.

KAAY’da ötrofikasyon; suların, besin maddelerince özellikle azot ve/veya fosfor bileşiklerince, alg ve daha yüksek yapıları bitkilerin üremesini hızlandıracak, böylece sudaki canlıların dengesini bozacak ve su kalitesinde istenmeyen bozulmalara yol açacak şekilde zenginleşmesi olarak tanımlanmaktadır. 2006 yılında yürürlüğe giren “Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği” uyarınca hassas su alanları ve az hassas su alanlarının tespiti, izlenmesi ile bu alanlara yapılacak kentsel atıksu deşarjlarının tabi olacağı usul ve esaslarını belirlemek amacıyla 27 Haziran 2009 tarihli ve 27271 sayılı “Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği Hassas ve Az Hassas Su Alanları Tebliği” yürürlüğe girmiştir.

Söz konusu Tebliğ’de, hassas alan sınıflandırmasına yönelik olarak kıyasal alanlar için yapılan tanımlar aşağıda verilmektedir.

a. Hassas Su Alanları:

Ötrofik olduğu belirlenen veya gerekli önlemler alınmazsa yakın gelecekte ötrofik hale gelebilecek doğal tatlı su gölleri, diğer tatlı su kaynakları, haliçler ve kıyı suları, önlem alınmaması halinde yüksek nitrat konsantrasyonları içerebilecek içme suyu temini amaçlanan yüzeysel tatlı sular ve diğer sebeplerle daha ileri arıtma gerektiren alanlarını,

b. Az Hassas Su Alanları:

Morfoloji, hidroloji veya özel hidrolik şartlara göre atıksu deşarjının çevreyi olumsuz yönde etkilemediği deniz, haliç ve lagün gibi kıyı su ortamları ile hassas su alanları haricindeki kıyı sularını,

c. Gri Alanlar:

Morfolojik ve su kalitesi özelliklerine göre kentsel atık su girdilerinin ötrofikasyon riski oluşturabileceği düşünülen ve/veya potansiyel olarak ötrofikasyon riski taşıdığı tespit edilen ancak veri yetersizliği olan izlenmesi gereken haliçler ve kıyı sularını tanımlamaktadır.

Çizelge 4.4. Karadeniz Bölgesi'nde (Rize-İslampaşa/ Rize-Fındıklı) Mevcut Olan Hasas, Az Hassas, Gri Alanlar İncelemesi ve Mevzuatta Uygulanması İstenilen Arıtma Tipi

İl /ilçe	Hassas Alan	Az hassas Alan	Gri Alan	Arıtma Tipi	Değerlendirmeler
Rize/İslampaşa			✓	İkincil Arıtma	III. Arıtma uygundur.
Rize/Fındıklı			✓	İkincil Arıtma	II. Arıtım + DDD veya III. Arıtım uygundur.

Genel olarak değerlendirildiğinde Karadeniz kıyıları kullanma suyu ve balıkçılık açısından önemi düşünülerek öncelikli II. Arıtım ve DDD veya III. Arıtım önerilmektedir.

Çalışma sonuçlarına göre alıcı su ortamlarında hassaslık durumu ve nüfus büyüklüğü dikkate alınarak önerilen arıtma sistemleri Çizelge 4.5.'de verilmektedir.

Çizelge 4.5. Envanter sonuçlarına göre arıtma sistemi önerileri

Nüfus	Hassas Alan	Gri Alan
>10000	Mek. A. + Biy. A. + DDD	Mek. A. + Kim. A. + DDD
10000-50000	Mek. A. + İleri Biy. A.+ DDD	Mek. A. + Kim. A. + DDD veya Mek. A. + Biy. A. + DDD
50000-300000	Mek. A. + İleri Biy. A.+ DDD	Mek. A. + Biy. A. + DDD
<300000	Mek. A. + İleri Biy. A.+ DDD	Mek. A. + Biy. A. + DDD

Klasik Aktif Çamur Prosesi

Uzun Havalandırılmalı Aktif Çamur Prosesi

Oksidasyon Hendeği

Döner Biyolojik Diskler

İleri Biy. A. : Biyolojik Azot Fosfor Gideren Prosesler (5 basamaklı Bardenpho Prosesi veya A20 prosesi veya VIP Prosesi veya UCT Prosesi)

Karadeniz Denizel Ortamının Kara Kökenli Kirleticilerden ve Aktivitelerden Korunması Protokolü (LBSA)’ünde yapılan Sıcak Nokta (SN) tanımı“Yüksek seviyede kirlenmeye maruz kalmış ve “insan sağlığı, ekosistemler/doğal kaynaklar, ekonomik öneme sahip kaynaklar” üzerinde bulunan mevcut veya potansiyel olumsuz etkilerin önlenmesi ve azaltılması için öncelikli olarak ele alınması gereken yüzeysel sular veya özel bir akifere bitişik sınırlı/tanımlanabilir yerel karasal alanlar” şeklinde yapılmaktadır.

27271 sayılı 27 Haziran 2009 tarihli Kentsel Atıksu Arıtma Yönetmeliği Hassas ve Az Hassas Su Alanları Tebliği’ne göre Karadeniz kıyılarında Ünye- Samsun- Bafra arası hassas alan, diğer bölgeler gri alan olarak nitelendirilmiştir. 2009’da ki bu tebliğden sonra da gri alan, hassas alan sınıfına giren bu alanlar için yeni bir değerlendirme yapılmamıştır, halen bu şekli ile devam etmektedir.

Tebliğe göre; 27527 sayılı 20 Mart 2010 tarihli Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği’nde Türkiye atıksu yönetimi bakımından beş bölgeye ayrılmıştır. Bu tebliğde Ek 8’e göre Karadeniz 3. Bölgede yer almaktadır. Karadeniz kıyıları için değişik nüfus aralıklarına göre tavsiye edilen arıtma stratejileri Çizelge 4.6’de verilmiştir.

Çizelge 4.6. Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliğine göre nüfus aralıklarına göre arıtma teknolojileri

Nüfus	2015-2030
>300000	III + DDD
50000-300000	III + DDD
10000-50000	II (veya III) + DDD
<10000	II + DDD

I- Mekanik arıtma (ızgara-döner elek + havalandırmalı kum ve yağ tutucu)

II- I + kimyasal ilaveli ön çökeltme + kireç ile çamur stabilizasyonu

III- I + biyolojik arıtma (Ardışık kesikli reaktör)+ havasız çamur çürütme

Rize-Merkez İslampaşa DDD Sistemi:

Rize Merkez'in bulunduğu bölge "Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği Hassas ve Az Hassas Su Alanları Tebliği"ne göre gri alan statüsündedir.

Rize Merkez DDD'de mevcut ön arıtma sistemi, ince ve kaba ızgara, kum tutucu ve terfi merkezinden oluşmaktadır. Proje nüfusu olarak 2016 yılı için öngörülen 131499 kişi, mevcut nüfus 107000 kişidir.

Öneri

Deşarj kriterlerine göre nüfusa bağlı olarak III +DDD yani Mekanik arıtma (ızgara-döner elek + havalandırmalı kum ve yağ tutucu) + biyolojik arıtma (Ardışık kesikli reaktör)+ havasız çamur çürütme) olmalıdır.

Rize Merkez DDD sistemi atıksu deşarj noktasında yapılan ölçümlerde; askıda katı madde, Yağ-gres, KOI, toplam azot ve yüzey aktif madde değerleri için Tablo 22'deki sınır değerler aşılmaktadır.

Sistem ekonomik ömrünü 2016 yılında dolduracağından mevcut fiziksel arıtma merkezinin bulunduğu noktada arıtma tesisi inşaatı planlanmaktadır. Mekanik arıtma sistemi planlanırken ızgaraların Avrupa Birliği (AB) normlarında olmasına, mikro elek veya döner tamburlu elek kullanımına dikkat edilmelidir. Ayrıca sistemde havalandırmalı kum tutucu ve yağ tutucu planlanmalıdır. Nüfus itibari ile biyolojik arıtım sistemi olarak klasik aktif çamur veya uzun havalandırmalı aktif çamur sistemi yapılmalıdır.

Rize-Fındıklı DDD Sistemi:

Rize Fındıklı'nın bulunduğu bölge "Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği Hassas ve Az Hassas Su Alanları Tebliği"ne göre gri alan statüsündedir.

Rize Fındıklı DDD'de mevcut ön arıtma sistemi, ince ve kaba ızgara, kum tutucu ve terfi merkezinden oluşmaktadır. Proje planlanırken 2021 nüfusu: 22742 kişi, 2041 nüfusu: 45252 kişi olarak planlanmıştır.

Öneri

Deşarj kriterlerine göre nüfusa bağlı olarak II (veya III) +DDD yani II (Mekanik arıtma (ızgara-döner elek + havalandırılmalı kum ve yağ tutucu) + kimyasal ilaveli ön çökeltme + kireç ile çamur stabilizasyonu) veya III (Mekanik arıtma (ızgara-döner elek + havalandırılmalı kum ve yağ tutucu) + biyolojik arıtma (Ardışık kesikli reaktör)+ havasız çamur çürütme) olmalıdır. Tesisin ortalama debisi 3391.9 m³/gündür.

Rize Fındıklı DDD sistemi atıksu deşarj noktasında yapılan ölçümlerde; Yağ-gres, ve yüzey aktif madde değerleri için Tablo 22'de değerler aşılmaktadır. Şu an ki mevcut sistemde ızgaraların yeterli olduğu görülse de sisteme mikroelek veya döner tamburlu elek sistemini eklenmesi yararlı olacaktır. Ayrıca yağ-gres değeri için yağ tutucu eklenmesi gerekmektedir.

Mevzuata uymak ve çok aşırı olmasa da yüksek olan azot değeri ve yüzey aktif madde değerinin standartlara inebilmesi için biyolojik arıtım ve çamur çürütme sistemlerinin ileriki dönemde eklenmesi gerekecektir. Önerilecek olan biyolojik arıtma sistemi klasik aktif çamur sistemi veya uzun havalandırılmalı aktif çamur sistemi veya ardışık kesikli reaktörlerdir. Arıtma tesisi için yeterli arazi bulunamaması durumunda Kimyasal madde ilaveli çöktürme sistemleri, Biyolojik Membran Sistemler (MBR) sistemler önerilebilir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

DDD sisteminin bulunduğu bölgede 1. ve 2. izleme döneminde AKM değerleri izleme yapılan tüm noktalarda SKKY Tablo 4'te verilen sınır değerlerin üzerindedir. Yüksek AKM değerleri karasal girdiler, taşımacılık faaliyetleri ve çeşitli toprak kaymaları ile ilişkilendirilebilir. 1. izleme döneminde BOİ₅, amonyak, fenol, ağır metaller, üretkenlik, zehirlilik, toplam koliform ve fekal koliform bakteri seviyesi sınır değerleri aşmaktadır. 2. izleme döneminde koruma bölgesi sınırında toplam koliform değeri sınır değeri aşmaktadır. DDD hatları boyunca toplam koliform değerinin sınır değerlerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Seyrelme oranlarını belirleyebileceğimiz N5, N6, N7, N8 noktalarında toplam koliform Rize-Fındıklı ve Rize-İslampaşa DDD hatları boyunca TC değerlerinin yüksek olduğu ve seyrelme oranlarının yeterli olmadığı sonucuna varılmıştır. 1. izleme döneminde BOİ₅, amonyak, fenol, ağır metaller, üretkenlik, zehirlilik, toplam koliform ve fekal koliform bakteri seviyesi sınır değerleri aşmamasına rağmen 2. izleme döneminde koruma bölgesi sınırında toplam koliform değeri sınır değeri aşmaktadır.

Rize-İslampaşa DDD hattı proje ömrünü tamamlamak üzeredir. Rize Belediyesi'nden alınan bilgi yeni bir DDD hattının inşaatının tamamlandığı ve bu hattın çok kısa bir süre sonra devreye alınacağı, mevcut ön arıtma tesisinin bulunduğu noktada ise bir arıtma tesisi inşasının planlandığı yönündedir. DDD hattında şamandıra bulunmamaktadır. DDD sistemine endüstriyel bağlantının bulunmadığı, şiddetli yağış dönemlerinde debi artışı ve taşmalar olduğu tesis yetkililerince ifade edilmiştir. DDD sistemi girişinde 1. izlemede AKM, yağ-gress, KOİ ve toplam azot ve MBAS değerleri 2. izlemede ise MBAS değeri SKKY Tablo 22'de belirtilen sınır değerlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Rize-İslampaşa derin deniz deşarjı öncesi ön arıtma sistemleri AKM, KOİ, BOİ, Yağ-Gress vb. parametreleri giderebilecek kapasitede dizayn edilmemiştir. Bu nedenle değerler yüksek çıkmaktadır. Sisteme gelen atıksuyun AKM değerinin yüksek olması kanalizasyon hattına yağmur suları ile taşınan materyallerin girmesi ve kanalizasyon kapaklarından sisteme yüzey akışın

girmesi olarak açıklanabilir. KOİ ve yağ gres gibi parametrelerin yüksek olması; özellikle oto tamirhane, araç yıkama vb. yerlerden gelen suların standartlara indirilememesi, evlerden gelen yağ vb. atıkların sisteme girmesi ile açıklanabilir. Deterjanların aşırı bir şekilde günümüzde kullanımı atıksularda yüzey aktif maddeleri de artırmaktadır. Bu nedenle atıksuda yüzey aktif madde de yüksek çıkmıştır.

Rize-Fındıklı kanalizasyon sistemi ayırık sistem olarak planlanmıştır. Proje debisi hesabında, evsel atık su debisi ve sızma debisi dikkate alınmıştır. Sızma debisi, 1. kademe (2021) için 0.1 L/sn/ha olarak alınmıştır ve 2. kademe (2041) için % 50 oranında arttırılmıştır. Endüstriyel bağlantı bulunmadığından endüstriyel atık su debisi hesaba katılmamıştır. Rize Fındıklı DDD sistemi tamamlanmış ve faal olup tesisin henüz kesin kabulü yapılmamıştır. DDD sistemine düşük debinin geldiği dönemlerde sistemde hava birikimi olduğu ve bu nedenle DDD sisteminde akışın sağlanamadığı, bu sorunun bir havalandırma bacası inşaatı ile giderildiği tesis yetkililerince ifade edilmiştir. Yağışlı dönemlerde kanalizasyon sistemine yağmur suyu girişi olmaktadır. Rize Fındıklı DDD hattında şamandıralar kopmuş ve difüzörler üzerindeki difüzör bacaları hasar görmüş durumdadır. DDD sistemine endüstriyel bağlantı bulunmamaktadır. Ancak, DDD sistemi girişinde 1. izlemede AKM, yağ-gress ve MBAS değerleri, 2. izlemede ise BOİ₅ ve MBAS değerleri SKKY Tablo 22’de belirtilen sınır değerleri aşmaktadır. Rize Fındıklı DDD sisteminde difüzörün üzerinde bulunan N1 noktasında ham petrol seviyesi 1. izlemede 0.081 mg/L 2. izlemede 0.05 mg/L olarak ölçülmüştür, bu değerler SKKY Tablo 4’de verilen sınır değer (0.01 mg/L) üzerindedir.

Rize Fındıklı derin deniz deşarjı öncesi ön arıtma sistemleri AKM, KOİ, BOİ, Yağ-Gress vb. parametreleri giderebilecek kapasitede dizayn edilmemiştir. Bu nedenle değerler yüksek çıkmaktadır. Sisteme gelen atıksuyun AKM değerinin yüksek olması kanalizasyon hattına yağmur suları ile taşınan materyallerin girmesi ve kanalizasyon kapaklarından sisteme yüzey akışın girmesi olarak açıklanabilir. KOİ ve yağ gres gibi parametrelerin yüksek olması; özellikle oto tamirhane, araç yıkama vb. yerlerden gelen suların standartlara indirilememesi, evlerden gelen yağ vb. atıkların sisteme girmesi ile açıklanabilir. Deterjanların aşırı bir şekilde günümüzde kullanımı atıksularda yüzey aktif maddeleri de artırmaktadır. Bu nedenle atıksuda yüzey aktif madde de yüksek çıkmıştır.

Karadeniz’in kirlenmesinde önemli yeri olan endüstri ve yerleşim birimlerinden deşarj edilen kirleticilerin izlenmesi ve bu kirleticilerin deniz ekosistemi üzerindeki

etkilerinin saptanması gerekmektedir. Böylece Karadeniz’de kirliliğin önlenmesi amacıyla alınacak önlemlerin neler olduğu ve bu önlemlerin nerelerde öncelikle uygulanması gerektiği kolayca ortaya koyulabilir.

Kıyusal bölgelerde en sık kullanılan atıksu bertaraf yöntemi olan deniz deşarj sistemleri bütünsel olarak değerlendirilmelidir. Çok fazla DDD sisteminin olduğu Doğu Karadeniz bölgesi için sistemlerin etkileri özellikle incelenmeli ve DDD sistemi kirliliğinin önüne geçilmedir.

- Güvenilir ve güncel bir veritabanının oluşturulması gerekmektedir. Bu durum bilgilerin çok dağınık ve farklı kurumlarda olması nedeniyle oldukça zordur.
- Bunun dışında bazı veriler için literatür kabulleri ve çeşitli resmi kuruluşlarda çalışan kişilerle onların bu konularda yaşadıkları tecrübeler ve tahminlere dayanarak bağlantı kurularak sağlanmıştır.
- Bazı yıllara ait kayıtlarda dönem dönem kopukluklar mevcuttur. Bu nedenle sistematik bir veri tabanını oluşturmak kolay olmayacaktır.
- Nüfus dağılımının kronik dengesizliği nedeni ile ülkenin su ve atıksu konuları ile ilgili istatistiksel ve proje bazında çalışmaların yürütülmesi oldukça güçtür.
- Belirsizlik ve sağlık riski analizlerinin yoğun rekreasyonel amaçlı kullanım alanlarında uygulanması ile risk azaltıcı önlemlere yönelik kararların alınması kolaylaştırılabilecektir.
- Farklı arıtım senaryolarının deşarj sistemleri ile birlikte değerlendirilmesi, arıtma kademelerinin belirlenmesinde fayda sağlayacaktır. Bu kapsamda yeni yapılacak deniz deşarjlarında senaryo analizlerinin yapılması önem kazanmaktadır.
- Deniz deşarj tasarımlarında deniz ortamında yoğunluk tabakalaşmasının gözlenebileceği mevsimlerde atıksu deşarjlarının tutsaklanacağı derinliklerdeki T_{90} değerlerinin dikkate alınması yönünde mevzuatta düzenleme yapılabilir.

6. KAYNAKLAR

- [1] Blatov A. S., Bulgakov N. P., Ivanov V. A., Koserev A. N., Tuzhilkin V. S., 1984. Variability of Hydrophysical Fields in the Black Sea. Hydrometeoizdat Leningrad, 240.
- [2] Orhan Y., Kömürcü, S., 2009. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Quality Characterization of Water and Mussels from Yeşilırmak River and Estuary-Central Black Sea, *Ocean Journal of Applied Sciences*, 2, 217-228.
- [3] Oğuz Z., Evci E.D., Özdemir M., 2002. Deniz ve Kıyı Kirliliği Avrupa Birliği Uyum Çalışmaları, 8. Ulusal Halk Sağlığı Kongresi, Bildiri Özetleri, 442-444.
- [4] Stull J. K., Haydock C. I., Montagne D. E., 1986. Estuarine, Effects of *Listriolobus pelodes* (Echiura) on Coastal Shelf Benthic Communities and Sediments Modified by A Major California Wastewater Discharge, *Coastal and Shelf Science*, 22, 1-17.
- [5] Zaitsev Y., Mamaev V., 1997. Marine Biological Diversity in the Black Sea: A study of Change and Decline. GEF Black Sea Environmental Programme, United Nations Publications, 208.
- [6] Salas, H.J., 2000. Submarine Outfalls General Overview, Basic Design Concepts and Data Requirements for Latin America and The Caribbean, Pan American Center for Sanitary Engineering and Environmental Sciences, OPS/CEPIS/PUB/ 00.58, 1-14.
- [7] Kentel E., Alp E., 2013. Hydropower in Turkey: Economical, Social and Environmental Aspects and Legal Challenges, *Environmental Science and Policy*, 3, 34-43.
- [8] Kideys A. E., 2002. Fall and Rise of the Black Sea Ecosystem, *Science*, 297, 1482–1484.
- [9] Kideys A. E., Kovalev A. V., Shulman G., Gordina A., Bingel F., 2000. A Review of Zooplankton Investigations of the Black Sea Over The Last Decade. *J. Mar. Syst.*, 24, 355–371.
- [10] Bozcaarmutlu A., Sapmaz C., Aygun Z., Arınç E., 2009. Assessment of Pollution in the West Black Sea Coast of Turkey Using Biomarker Responses in Fish, *Marine Environmental Research*, 67, 167-176.
- [11] Burd B., Bertold S., Macdonald T., 2012. Responses of Infaunal Composition, Biomass and Production to Discharges from a Marine Outfall over the Past Decade, *Marine Pollution Bulletin*, 64, 1837-1852.
- [12] Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), Guidance document No. 25, Chemical Monitoring of Sediment and Biota Under The Water Framework Directive, 2010, Draft Group.
- [13] Gulin S. B., Mirzoyeva N. Yu., Egorov V. N., Polikarpov G. G., Sidorov I. G., Proskurnin V. Yu, 2013. Secondary Radioactive Contamination of the Black Sea After Chernobyl Accident: Recent Levels, Pathways, and Trends, *J. of Radioactivity*, 124, 50-56.

- [14] Arageorgis A. P., Gardner W. D., Mikkelsen O. A., Georgopoulos D., Ogston A. S., Assimakopoulou G., Krasakopoulou E., Oaie Gh., Secieru D., Kanellopoulos Th. D., Pagou K., Anagnostou Ch., Papathanassiou E., 2014. Particle sources over the Danube River Delta, Black Sea based on Distribution, Composition and Size Using Optics, Imaging and Bulk Analyses , *Journal of Marine Systems*, 131, 74-90.
- [15] Mendonça A., Losada M. A., Solari S., Neves M. G., Reis M. T., Incorporating a Risk Assessment Procedure into Submarine Outfall Projects and Application to Portuguese Case Studies, 2012.
- [16] Tuncer G., Karakaş T., Balkas I. T., Gökçay C. F., Aygün S., Yurteri C., Tuncel G., 1998. Land-based Sources of Pollution along the Black Sea Coast of Turkey: Concentrations and Annual Loads to the Black Sea, *Marine Pollution Bulletin*, 36, 409-423.
- [17] Yunev O. A., Vedernikov V. I., Yilmaz A., 1999. Peculiarity of Vertical Chlorophyll Distribution in the Black and Mediterranean Seas. *Proceedings of Joint IAPSO/IABO Symposium Closed, Semi-closed and Marginal Seas: Physical, Chemical and Biological Properties Q*, Birmingham, England.
- [18] Zengin B., 2004. Deniz Ortamında Örnekleme, Örneklerin Analiz Süresine Kadar Saklanması ve Koruma Yöntemleri, *Sumae*, 4, 3.
- [19] Muhammetoğlu A., Yalçın O. B., Özcan T., 2012. Prediction of Wastewater Dilution and Indicator Bacteria Concentrations for Marine Outfall Systems, *Marine Environmental Research*, 78, 53-63.
- [20] Ruiz-Bevia F., Zoffmann C., Rodriguez-Valera F., Marcilla A., 1986. Contaminants on the Sea Surface Around An Underwater Outfall, *Marine Pollution Bulletin*, 17, 107–112.
- [21] Egemen Ö., Başaran A. K., 2002. Doğu Karadeniz’de (Samsun, Türkiye) Bazı Fiziko Kimyasal Parametrelerin Araştırılması. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 19, 177-182.
- [22] Stull J. K., Haydock C. I., Montagne D. E., 1986. Estuarine, Effects of *Listriolobus pelodes* (Echiura) on Coastal Shelf Benthic Communities and Sediments Modified by A Major California Wastewater Discharge, *Coastal and Shelf Science*, 22, 1-17.
- [23] Stanev E. V., Peneva E., 2002. Regional Sea Level Response to Global Climatic Change: Black Sea Examples. *Global and Planetary Changes*, 32, 33- 47.
- [24] Zaman M., 2005. Orta ve Doğu Karadeniz’de Balıkçılık, *Doğu Coğrafya Dergisi*, 10, 13.
- [25] Wang J., Shou G., 2011. Ramu Nico Long Distance Ore Slurry Pipeline and Deep Sea Tailings Placement (DSTP) Pipeline Operation.
- [26] Oğuz T., Tuğrul S., Kideys A. E., Ediger V., Kubilay N., 2004. Physical and Biogeochemical Characteristics of the Black Sea. In: Robinson, A. R., Brink, K., *The Sea*, 14, 1331–1369.
- [27] Karadeniz Kirlilik İzleme Projesi Final Raporu, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2010, İstanbul.
- [28] Oğuz T., Latun V. S., Latif M. A., Vladimirov V. V., Sur H. I., Markov A. A., Özsoy E., Kotovshchikov B. B., Eremeev V. V., Ünlüata U. U., 1993. Circulation in the Surface and Intermediate Layers of the Black Sea, *Deep-Sea Research* 40, 1597–1612.
- [29] TÜBİTAK-MAM, Karadeniz Bütünleşik Kirlilik İzleme Sonuç Raporu, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, ÇED İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, 2014.

- [30] Capuzzo J. M. and Kester D. R., 1987. Biological effects of waste disposal: experimental results and predictive assessments. In *Oceanic Processes in Marine Pollution*, 1: Biological Processes Waste in the Ocean, (ed) J. M. Capuzzo and D. R. Kester: 3-25. Report E. Krieger Publishing Co., FL.
- [31] Alkan A., Zengin B., Serdar S., Oğuz T., 2012. Long-Term (2001-2011) Temperature, Salinity and Chlorophyll-a Variations at a Southeastern Coastal Site of the Black Sea, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13, 57-68.
- [32] Chu P. C., Leonid M.I., Tatyana M.M., 2005. Seasonal Variability of the Black Sea Chlorophyll-a Concentration. *Journal of Marine Systems*, 56, 243-261.
- [33] T.C.Çevre ve Orman Bakanlığı, Atıksu Arıtma /Derin Deniz Deşarjı Tesisi Proje Onayı, Genelge (2012/9).
- [34] Kirk J. T. O., 1983. *Light and Photosynthesis in Aquatic Ecosystems*. Cambridge University Press, Cambridge. 401.
- [35] Echavarri-Erasun B., Juanes J. A., Garcia-Castrillo G., Revilla J. A., 2007. Medium-term Responses of Rocky Bottoms to Sewage Discharges from A Deepwater Outfall in the NE Atlantic, *Marine Pollution Bulletin*, 54, 941–954.
- [36] Islam Md. S., Tanaka, M., 2004. Impacts of Pollution on Coastal and Marine Ecosystems Including Coastal and Marine Fisheries and Approach for Management: A Review and Synthesis, *Marine Pollution Bulletin*, 48, 624–649.
- [37] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Deniz ve Kıyı Yönetimi Dairesi Başkanlığı, Derin Deniz Deşarjı Tasarım Kriterlerinin Belirlenmesi Projesi Sonuç Raporu, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Proje Yürütücüsü Prof. Dr. Yüksel Ardalı, 2015.
- [38] Borysova O., Kondakov A., Paleari S., Rautalahti-Miettinen E., Stolberg F., Daler D., 2005. Eutrophication in the Black Sea Region Impact Assessment and Causal Chain Analysis, University of Kalmar, Kalmar, Sweden.

7. EKLER

EK A

Çizelge A.1. Atıksuda analizi yapılan parametreler ve analiz yöntemleri

Parametreler	Standart	Kullanılan Şişe Hacmi/Cinsi
Askıda katı madde (mg/L)	APHA 2540 D	1 L/ Koyu renkli cam şişe
Yağ ve gres (mg/L)	APHA 5520 B	1 L/ Koyu renkli cam şişe (H ₂ SO ₄ eklenmiş)
BOİ ₅ (mg/L)	APHA 5210 B + APHA 4500-O C	1 L/ Cam şişe
KOİ (mg/L)	SM 5220 Closed Reflux, Titrimetrik Method (21. Baskı 2005)	1 L/ Koyu renkli cam şişe (H ₂ SO ₄ eklenmiş)
	ISO 15705, APHA 5220 D, EPA 410.4, ASTM D1252-06 B	
	DIN EN ISO 11905-1	1 L/ Koyu renkli cam şişe
	EN ISO 11905-1+DIN 38405-9-	
Toplam azot (mg/L)	EPA 352.1	
	Colorimetric Brusine Method (21. Baskı 2005)	
Toplam fosfor (mg/L)	EPA 365.2+365.3, APHA 4500-P E, DIN EN ISO 6878	1 L/ Koyu renkli cam şişe (H ₂ SO ₄ eklenmiş)
	SM 4500-P D Stannous Chloride Method (21. Baskı 2005)	
Metilen mavisi reaks. yüzey aktif maddeleri (MBAS) (mg/L)	SM 5540 C Anionic Surfactants as MBAS (21. Baskı 2005)	1 L/ Koyu renkli cam şişe

Çizelge A.2. Deniz suyunda analizi yapılan parametreler ve analiz yöntemleri

Parametreler	Standart	Kullanılan Şişe Hacmi/Cinsi
pH	SM 4500 H+: B	
Renk	SM 2120 C	
Bulanıklık	SM 2130 B	
Askıda Katı Madde	SM 2540:D	1 L/ Plastik şişe
Çözünmüş Oksijen (Oksijen Doygunluk Yüzdesi)	SM 4500 O:G	
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅) (5 günlük deney)	SM 5210: B	1 L/ Koyu renkli cam şişe
GC Metodu ile Ham Petrol ve Türevleri, Hidrokarbonlar, Katran ve Petrol Kökenli Yağlar, Mineral Yağ ve Türevleri	TS EN ISO 9377-2	1 L/ Koyu renkli cam şişe
Gravimetrik Yöntem ile Ham Petrol ve Türevleri, Hidrokarbonlar, Hidrokarbon Yağ İndeksi, Katran ve Petrol Kökenli Yağlar, Mineral Yağ ve Türevleri	SM 5520 D- F	1 L/ Koyu renkli cam şişe
Üretkenlik (Klorofil-a)	TS 9092 ISO 10260	1 L/ Plastik şişe
Fenoller, Fenolik Bileşikler (GC Metodu)	Fenoller, Fenolik Bileşikler (GC Metodu)	1 L/ Koyu renkli cam şişe (H ₂ SO ₄ eklenmiş)

Çizelge A.2 (devamı). Deniz suyunda analizi yapılan parametreler ve analiz yöntemleri

Parametreler	Standart	Kullanılan Şişe Hacmi/Cinsi
Ağır Metaller	SM 3112:B	1 L/ Plastik şişe
Civa (Hg), Arsenik (As), Selenyum (Se)	SM 3114:C SM 3113:B	(H2SO4 eklenmiş)
Ağır Metaller (Ag, Al, Ba, Cu, Cd, Cr, Co, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn, Si, Zn, Sr, Li, Be, Hg, As, Se, Sb) vb.	SM 3111:B SM 3111:D SM 3112:B SM 3113:B SM 3114:C	1 L/ Plastik şişe (H2SO4 eklenmiş)
Sıcaklık	SM 2550 B	
Toplam Koliform	TS EN ISO 9308-1	500 ml/Plastik Şişe
Yüzer Maddeler (yerinde bakılan parametre)	İşletme İçi Metot	
*Fekal Koliform	SM 9222: D	500 ml/Plastik Şişe
*Radyoaktivite (İşbirliği Laboratuvarı)	W-GAA-SCI CSN 75 7611 W-GBA-PRO CSN 75 7612	1 L/ Plastik şişe
Balık biyodeneyi (ZSF)	TS 5676	
Amonyum (NH ₄), Amonyum Azotu (NH ₄ -N), Amonyak (NH ₃), Amonyak Azotu (NH ₃ -N)	SM 4500-NH ₃ :B-F SM 4500-NH ₃ :B-C	500 ml/Plastik Şişe (H2SO4 eklenmiş)

Çizelge A.3. Deniz suyunun genel kalite kriterleri (SKKY, Tablo 4)

Parametre	Kriter	Düşünceler
pH	6.0-9.0	-
Renk ve bulanıklık	Doğal	Doğal su içi yaşam için gerekli fotosentez aktivitesinin, ölçüm derinliğindeki normal değerini % 90'dan fazla etkilemeyecek kadar olmalıdır.
Yüzer madde	-	Yüzer halde yağ, katran vb. sıvılarla çöp vb. sıvılarla çöp vb. katı maddeler bulunamaz.
Askıda katı madde (mg/L)	30	-
Çözünmüş oksijen (mg/L)	Doygunluğun % 90'ından fazla	Çözünmüş oksijen değerleri derinlik boyunca izlenmelidir.
Parçalanabilir organik kirleticiler	-	Seyreldikten sonra çözünmüş oksijen varlığını yukarıda öngörülen değerden daha fazla tehlikeye düşürecek miktarda olmamalıdır.
Ham petrol ve petrol türevleri (mg/L)	0.003	Su, biyota ve sedimanda ayrı değerlendirilmeli ve tercihen hiç bulunmamalıdır.
Radyoaktivite	-	Söz konusu deniz ortamına ait doğal radyoaktivite tür ve seviyeleri aşılmayacaktır. Yapay radyoaktivite ölçülmeyecek düzeyde bulunacaktır.
Üretkenlik	-	Söz konusu deniz ortamına ait mevsimsel üretkenlik seviyeleri korunacaktır.
Zehirlilik	Bulunmayacak	
Fenoller (mg/L)	0.001	
Çeşitli ağır metaller		
Bakır (mg/L)	0.01	
Kadmiyum (mg/L)	0.01	
Krom (mg/L)	0.1	
Çinko (mg/L)	0.1	
Kurşun (mg/L)	0.1	
Civa (mg/L)	0.004	
Arsenik (mg/L)	0.1	
Amonyak (mg/L)	0.02	

Çizelge A.4. Derin deniz deşarjına izin verilebilecek atıksuların özellikleri
(Değişik:RG-13/2/2008-26786) (SKKY, Tablo 22)

Parametre	Sınır	Düşünceler
pH	6-9	-
Sıcaklık	35 °C	-
Askıda katı madde (mg/L)	350	-
Yağ ve gres (mg/L)	15	-
Yüzer maddeler	Bulunmayacaktır	-
5 günlük biyokimyasal oksijen ihtiyacı, BOİ ₅ (mg/L)	250	-
Kimyasal oksijen ihtiyacı, KOİ (mg/L)	400	-
Toplam azot (mg/L)	40	-
Toplam fosfor (mg/L)	10	-
Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri(MBAS) (mg/L)	10	Biyolojik olarak parçalanması Türk Standartları Enstitüsü standartlarına uygun olmayan maddelerin boşaltımı prensip olarak yasaktır.
Diğer parametreler		31/12/2005 tarihli ve 26040 sayılı Resmî Gazetede yayımlanan Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelikte bu parametreler için verilen sınır değerlere uymalıdır.

Çizelge A.5. Derin deniz deşarjları için uygulanacak kriterler (SKKY, Tablo 23)

Parametre	Limit
Sıcaklık	Deniz ortamının seyreltme kapasitesi ne olursa olsun, denize deşarj edilecek suların sıcaklığı 35 °C'yi aşamaz. Sıcak su deşarjları difüzörün fiziksel olarak sağladığı birinci seyrelme (S ₁) sonucun da karıştığı deniz suyunun sıcaklığını Haziran-Eylül aylarını kapsayan yaz döneminde 1 °C'den, diğer aylarda ise 2 °C den fazla arttırmaz. Ancak, deniz suyu sıcaklığının 28 ° C'nin üzerinde olduğu durumlarda, soğutma amaçlı olarak kullanılan deniz suyunun deşarj sıcaklığına herhangi bir sınırlama getirilmeksizin alıcı ortam sıcaklığını 3 °C'den fazla artırmayacak şekilde deşarjına izin verilebilir.
En muhtemel sayı (EMS) olarak toplam ve fekal koliformlar	Derin deniz deşarjıyla sağlanacak olan toplam seyrelme sonucunda insan teması olan koruma bölgesinde, zamanın % 90'ında, EMS olarak toplam koliform seviyesi 1000 TC/100 ml ve fekal koliform seviyesi 200 FC/100 ml'den az olmalıdır.
Katı ve yüzen maddeler	Difüzör çıkışı üzerinde, toplam genişliği o noktadaki deniz suyu derinliğine eşit olan bir şerit dışında gözle izlenebilecek katı ve yüzer maddeler bulunmayacaktır.
Diğer parametreler	Tablo 4'te verilen limitlere uyulacaktır.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad : Özge KÖKSAL
Doğum Yeri ve Tarihi : Artvin, 12.12.1990
Adres : Atakum, Samsun
E-Posta : ozgekoksal8@gmail.com
Lisans : Ondokuz Mayıs Üniversitesi - 2013