

T.C
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DOĞALGAZ KOMBİNE ÇEVİRİM SANTRALLERİNİN KARADENİZ
ÖLÇEĞİNDE DERİN DENİZ DEŞARJI UYGULAMALARI VE MODEL
ÇALIŞMASI**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOLGA AYERİ

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

ARALIK 2016

SAMSUN



T.C.

ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

DOĞALGAZ KOMBİNE ÇEVİRİM SANTRALLERİNİN KARADENİZ
ÖLÇEĞİNDE DERİN DENİZ DEŞARJI UYGULAMALARI VE MODEL
ÇALIŞMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tolga AYERİ

14210663

Tezin Savuma Tarihi : 23/12/2016

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Yüksel ARDALI

Bu Yüksek Lisans Tez Çalışması, 05/04/2015 - 05/12/2015 tarihleri arasında yapılan Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ile Ondokuz Mayıs Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünün birlikte yürüttüğü Derin Deniz Deşarjı Tasarım Kriterlerinin Belirlenmesi Projesi ile desteklenmiş 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

Tolga AYERİ Tarafından Hazırlanan

**DOĞALGAZ KOMBİNE ÇEVİRİM SANTRALLERİNİN
KARADENİZ ÖLÇEĞİNDE DERİN DENİZ DEŞARJI
UYGULAMALARI VE MODEL ÇALIŞMASI**

**başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından 23/12/2016 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. Bahtiyar ÖZTÜRK

Enstitü Müdürü

Aileme,



ÖNSÖZ

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda hazırlanan bu yüksek lisans tezi çalışmasında, "Doğalgaz Kombine Çevrim Santrallerinin Karadeniz Ölçeğinde Derin Deniz Deşarjı Uygulamaları ve Model Çalışması" 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 Özge KÖKSAL ve Kübra KÜÇÜK'e en içten dileklerimle teşekkürlerimi sunarım.

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

Aralık 2016

Tolga AYERİ

Çevre Mühendisi

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
KISALTMALAR	xi
DOĞALGAZ ÇEVİRİM SANTRALLERİNİN KARADENİZ ÖLÇEĞİNDE...	xii
DERİN DENİZ DEŞARJ UYGULAMALARI VE MODEL ÇALIŞMASI.....	xii
ÖZET.....	xii
DEEP SEA OUTFALL OF NATURAL GAS FIRED COMBINED CYCLE POWER PLANT COOLING WATER APPLICATION AND MODELING ..	xiii
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	7
2.1 Deniz Suyunun Oşinografik Özellikleri.....	11
2.1.1 Sıcaklık	11
2.1.2 Tuzluluk.....	12
2.1.3 Yoğunluk	12
2.1.4 Akıntılar.....	13
2.2 Karadeniz'in Genel Özellikleri.....	17
2.3 Karadeniz'in Oşinografik Özellikleri.....	19
2.4 Derin Deniz Deşarj Tasarım Kriterleri	22
2.4.1. Deşarj borusu yönünün ve boyunun belirlenmesi.....	22
2.4.2 Deşarj borusu çapının belirlenmesi.....	24
2.4.3 Difüzör yönünün belirlenmesi	25
2.4.4 Difüzör boyunun belirlenmesi	25
2.4.5 Difüzör çıkış delik özelliklerinin belirlenmesi	25
2.4.6. Deliklerin çap, aralık sayıları.....	26
2.4.7 Seyrelme hesapları	26
2.4.7.1 Seyrelme (Yakın alan seyrelmesi)	27
2.4.7.2 Seyrelme (difüzyon yolu ile seyrelme)	28
2.4.7.3 Seyrelme (bakteri yok olması)	29
2.5 Doğalgaz Enerji Santralleri	30
2.6 Deşarj Kriterleri Belirlenmesine Yönelik AB Ülkeleri Mevzuatları	32

3. MATERYAL VE YÖNTEMLER	35
3.1 Model Seçimi	35
3.2 Endüstriyel DDD Hatlarının Karadeniz’deki Mevcut Durumu.....	36
3.2.1 Samsun Cengiz Enerji DDD hattının mevcut durumu.....	36
3.2.2 Samsun OMV Enerji DDD hattının mevcut durumu.....	38
3.2.3 Zonguldak Eren Enerji DDD hattının mevcut durumu.....	38
3.3 Su Örneklerinin Alınması.....	39
3.4 Numune Alma Koruma ve Analiz Yöntemleri	42
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	43
4.1 Deniz Suyu Analiz Sonuçlarının SKKY Tablo 4 ve Tablo 23’de Yer Alan Kriterler Açısından Değerlendirilmesi	. 43
4.2 Model Çalışmaları	49
4.2.1 Cormix modelinin DDD sistemlerine uygulanması	49
4.2.1.1 Senaryo - 1	52
4.2.1.2 Senaryo - 2	55
4.2.1.3 Senaryo - 3	56
4.2.1.4 Senaryo - 4	59
4.2.1.5 Senaryo - 5	61
4.2.1.6 Senaryo - 6	63
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	67
6. KAYNAKLAR	71
7. EKLER.....	74
ÖZGEÇMİŞ.....	81

ÇİZELGELER LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1. Sıcaklık seviyeleri ve uygulama aralığı.....	5
Çizelge 2.1. Evsel atıksu debilerine göre minimum deşarj boru boyu.....	22
Çizelge 2.2. Pomeroy formülündeki a katsayıları.....	23
Çizelge 2.3. Termal deşarjlar için CIW klavuzu.....	33
Çizelge 3.1. Numune alma noktalarının derinlikleri.....	42
Çizelge 4.1. SKKY Tablo 23'e göre derin deniz deşarjı için uygulanacak kriterler.....	43
Çizelge 4.2. İzleme ve model çalışmalarının karşılaştırılması.....	50
Çizelge 4.3. Model veri envanteri.....	51
Çizelge 4.4. Model senaryolarının karşılaştırılması.....	66
Çizelge A.1. Deniz suyunda analiz yapılan parametreler ve analiz yöntemleri.....	74
Çizelge A.2. Kentsel atıksu arıtımı yönetmeliği hassas ve az hassas su alanları tebliği.....	74

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. Tipik sıcaklık-derinlik değişimi.....	11
Şekil 2.2. Tipik tuzluluk-derinlik değişimi.....	12
Şekil 2.3. Tipik yoğunluk-derinlik değişimi.....	13
Şekil 2.4. Üst tabaka dolaşım sisteminin büyük yarı kalıcı/tekrarlayan özelliklerini gösteren diyagram.....	15
Şekil 2.5. Karadeniz sıcaklık, tuzluluk ve potansiyel yoğunluk profilleri ile vertikal değişimleri	16
Şekil 2.6. Karadeniz coğrafyası, dip topoğrafyası ve akıntıları.....	18
Şekil 2.7. Karadeniz'in batimetri haritası ve anoksiya.....	21
Şekil 2.8. Boru boyunun hesaplanması için Pomeroy formül abağı.....	23
Şekil 2.9. Seyrelme hesabı ile deşarj boru çapının belirlenmesinde kullanılan abak.....	24
Şekil 2.10. DDD sisteminde S1, S2, S3 seyrelmeleri.....	26
Şekil 2.11. Seyrelme hesabı için abak.....	29
Şekil 2.12. Seyrelme hesabı için abak.....	30
Şekil 2.13. Dünya birincil enerji tüketiminde doğalgazın payı.....	31
Şekil 2.14. Doğalgaz çevrim santrali.....	32
Şekil 3.1. DDD hattı boyunca numune noktalarının seçimi.....	40
Şekil 3.2. DDD hattı deniz suyu numune alma ve CTD ölçümleri.....	40
Şekil 3.3. DDD hattı deniz suyu numune alma ve CTD ölçümleri	41
Şekil 3.4. DDD hattı deniz suyu numune alma ve CTD ölçümleri.....	41
Şekil 4.1. DDD hattı deniz suyunda pH değerleri (yüzey örnekleri).....	44
Şekil 4.2. DDD hattı deniz suyunda pH değerleri (orta örnekleri).....	44
Şekil 4.3. DDD hattı deniz suyunda pH değerleri (dip örnekleri).....	45
Şekil 4.4. DDD hattı sıcaklık değişimi.....	46
Şekil 4.5. DDD hattı sıcaklık tematik gösterimi (yüzey).....	47
Şekil 4.6. DDD hattı için deniz suyunda çözünmüş oksijen (mg/L) değerleri (yüzey-orta-dip örnekleri) (yaz).....	48
Şekil 4.7. DDD hattı için deniz suyunda çözünmüş oksijen (mg/L) değerleri (yüzey-orta-dip örnekleri) (sonbahar).....	48
Şekil 4.8. DDD hattı için deniz suyunda BOI_5 (mg/L) değerleri (yüzey-orta-dip örnekleri) (yaz).....	49
Şekil 4.9. DDD hattı için deniz suyunda BOI_5 (mg/L) değerleri (yüzey-orta-dip örnekleri) (sonbahar).....	49
Şekil 4.10. Model kalibrasyonu.....	50
Şekil 4.11. Birinci senaryoya göre difüzörden çıkan sıcak su deşarjının ortam sıcaklığı ile arasındaki fark grafiği.....	53
Şekil 4.12. Birinci senaryoya göre difüzörden çıkan deşarjın seyrelme grafiği.....	54

Şekil 4.13. Birinci senaryoya göre difüzörden çıkan sıcak su deşarjının izometrik görünümü.....	54
Şekil 4.14. Birinci senaryoya göre difüzörden çıkan sıcak su deşarjının x-z düzleminde görünümü	55
Şekil 4.15. İkinci senaryoya göre difüzörden çıkan sıcak su deşarjının ortam sıcaklığı ile arasındaki fark grafiği.....	55
Şekil 4.16. İkinci senaryoya göre difüzörden çıkan deşarjın seyrelme grafiği.....	56
Şekil 4.17. İkinci senaryoya göre difüzörden çıkan deşarjın seyrelme grafiği.....	56
Şekil 4.18. Üçüncü senaryoya göre difüzörden çıkan sıcak su deşarjının ortam sıcaklığı ile arasındaki fark grafiği.....	57
Şekil 4.19. Üçüncü senaryoya göre difüzörden çıkan deşarjın seyrelme grafiği.....	58
Şekil 4.20. Üçüncü senaryoya göre difüzörden çıkan sıcak su deşarjının izometrik görünümü.....	58
Şekil 4.21. Üçüncü senaryoya göre difüzörden çıkan sıcak su deşarjının izometrik üçlü görünümü.....	59
Şekil 4.22. Üçüncü senaryoya göre difüzörden çıkan sıcak su deşarjının x-z düzleminde görünümü.....	59
Şekil 4.23. Dördüncü senaryoya göre difüzörden çıkan sıcak su deşarjının ortam sıcaklığı ile arasındaki fark grafiği.....	60
Şekil 4.24. Dördüncü senaryoya göre difüzörden çıkan sıcak su deşarjının izometrik görünümü.....	60
Şekil 4.25. Dördüncü senaryoya göre difüzörden çıkan deşarjın seyrelme grafiği.....	61
Şekil 4.26. Dördüncü senaryoya göre difüzörden çıkan sıcak su deşarjının izometrik üçlü görünümü.....	61
Şekil 4.27. Beşinci senaryoya göre difüzörden çıkan sıcak su deşarjının ortam sıcaklığı ile arasındaki fark grafiği.....	62
Şekil 4.28. Beşinci senaryoya göre difüzörden çıkan deşarjın seyrelme grafiği.....	63
Şekil 4.29. Beşinci senaryoya göre difüzörden çıkan sıcak su deşarjının izometrik üçlü görünümü.....	63
Şekil 4.30. Altıncı senaryoya göre difüzörden çıkan sıcak su deşarjının ortam sıcaklığı ile arasındaki fark grafiği.....	64
Şekil 4.31. Altıncı senaryoya göre difüzörden çıkan sıcak su deşarjının izometrik görünümü.....	64
Şekil 4.32. Altıncı senaryoya göre difüzörden çıkan deşarjın seyrelme grafiği.....	65
Şekil 4.33. Altıncı senaryoya göre difüzörden çıkan sıcak su deşarjının izometrik üçlü görünümü.....	65

KISALTMALAR

CIW	: Entegre su yönetimi komisyonu (The commission on integrated water management)
SKKY	: Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği
BREF	: Endüstriyel soğutma sistemleri alanındaki mevcut en iyi tekniklerin uygulanmasına ilişkin kaynak
SÇD	: Su Çerçeve Direktifi
DSÇD	: Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi
SYB	: Kıyı Su Kütleleri
DDB	: Deniz Değerlendirme Birimleri
LBSA	: Karadeniz Denizel Ortamının Kara Kökenli Kirleticilerden ve Aktivitelerden Korunması Protokolü
SN	: Sıcak Nokta
GRP	: Cam Elyaf Takviyeli Plastik
MWt	: Megawatt Termal
MET	: Mevcut En İyi Teknik
DDD	: Derin Deniz Deşarjı
SAP	: Stratejik Eylem Planı
BSIMAP	: Karadeniz bütünleşik izleme ve değerlendirme programı
KAAY	: Kentsel atıksu arıtımı yönetmeliği
CTD	: İletkenlik sıcaklık derinlik (Conductivity temperature depth)

DOĞALGAZ KOMBİNE ÇEVİRİM SANTRALLERİNİN KARADENİZ ÖLÇEĞİNDE DERİN DENİZ DEŞARJI UYGULAMALARI VE MODEL ÇALIŞMASI

ÖZET

Derin deniz deşarjı sistemleri kıyısal alanda en sık kullanılan atıksu bertaraf yöntemlerinden biridir. Bu çalışmanın amacı enerji ihtiyacımızı karşılamak için kurulan çevrim santrallerin Karadeniz Bölgesindeki derin deniz deşarjı uygulamalarını incelemek ve üretilen senaryolar ile modellemesini gerçekleştirmektir.

Tez çalışması kapsamında, Karadeniz ortam koşullarını belirlemek amacıyla denizden SKKY Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği (2009) madde 12’de yer alan “Atıksu debisi 1000 m³/gün üzerinde olan tesislerin ise, derin deniz deşarjı noktasını 1 kilometre çevreleyen çember üzerinde numune alınması zorunludur” ibaresi göz önünde bulundurularak numuneler alınmış ve alınan numunelerle beraber SKKY Tablo 23’de yer alan sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen ve BOİ5 kriterleri ölçümleri yapılmıştır. Yapılan ölçümler doğrultusunda derin deniz deşarjlarının endüstriyel ölçekli modelleme çalışmaları yürütülmüştür. Üretilen 6 farklı senaryo ile derin deniz deşarjını etkileyecek parametreler değiştirilmiş ve bunun sonucunda model yardımıyla denizde oluşan kirliliğin SKKY Tablo 23’e uygunluğu incelenmiştir. Atıksu sıcaklığı, deniz ortamı ile atıksu arasındaki sıcaklık farkı, atıksu debisi, difüzör boyu, deşarj derinliği gibi parametreler değiştirilmiş; buna karşın akıntı hızı, rüzgar hızı, ortalama derinlik, ortam yoğunluğu parametreleri Karadeniz koşullarına göre ayarlanmıştır. Üretilen bu farklı varsayımlar neticesinde derin deniz deşarjının Cormix 2 modeli kullanılarak Karadeniz’deki seyrelme mesafeleri belirlenmiştir. Belirlenen seyrelme mesafelerinin SKKY Tablo 23’de yer alan “Sıcak su deşarjları difüzörün fiziksel olarak sağladığı birinci seyrelme (S₁) sonucunda karıştığı deniz suyunun sıcaklığını Haziran-Eylül aylarını kapsayan yaz döneminde 1°C’den, diğer aylarda ise 2°C’den fazla arttıramaz” hükmüne uygunluğu incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Derin Deniz Deşarjı, SKKY, Deniz Kirliliği, Cormix 2 Modeli

DEEP SEA DISCHARGE APPLICATIONS AND MODEL STUDY ON NATURAL GAS COMBINED CYCLE PLANTS IN BLACK SEA

ABSTRACT

Wastewater discharges to marine environment by marine outfall systems are the one of the most commonly used method of wastewater disposal in coastal regions. The aim of this study is to examine the applications of deep sea discharges in the Black Sea Region of the cycle power plants established to supply our energy needs and to carry out modeling with the produced scenarios.

Within the scope of the thesis study, in order to determine the conditions of the Black Sea, it is stated in Article 12 of the Communiqué on Methods of Sampling and Analysis of WPCR of the Sea that the wastewater is more than 1000 m³ / day and that the deep sea discharge point is located on the circle. The samples were taken in consideration of the necessity to take samples "and measurements of some of the criteria in Table 23 were taken together with the samples taken. Industrial scale modeling studies of deep sea discharges have been carried out in line with the measurements made. The different scenarios produced have changed the parameters affecting the deep sea discharge and consequently the conformity of the sea pollution to the WPCR Table 23 has been investigated. Wastewater temperature, temperature difference between marine environment and wastewater, wastewater flow, diffuser length, discharge depth parameters were changed; whereas the flow rate, wind speed, average depth, and ambient density parameters are adjusted according to the conditions of the Black Sea. As a result of these different assumptions produced, dilution distances in the Black Sea were found using the Cormix 2 model of deep sea discharge. The dilution distances found are shown in Table 23 of the WPCR. "The first dilution result physically provided by the hot water discharge diffuser is that the temperature of the seawater mixed is 1 °C in the summer period covering June-September and 2 °C in the other months can not increase "is examined.

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

1. GİRİŞ

Günümüzde, hızlı nüfus artışına paralel olarak artan çevre kirliliği, özellikle kıyı bölgelerinin en önemli sorunlarından birisidir. Bununla birlikte, ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkelerde plansız şehirleşme ve altyapı yetersizlikleri de nüfus artışı ile birlikte çözülmesi oldukça zor bir problem olarak ortaya çıkmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler için bu problemleri minimum ekonomik gereksinimler ile çözmek öncelikli hedefler arasındadır. Bu bakımdan deniz deşarj sistemleri, günümüzde oldukça etkili ve ekonomik olan atıksu bertaraf yöntemlerindendir. Deniz deşarj sistemlerinin amacı, şehir atıksu şebekesi ile toplanan atıksuların, ihtiyaca göre belirlenen bir seviyede arıtılmasından sonra deniz ortamına verilerek, çok yüksek seyrelme oranları ile zararsız hale getirilmesidir. Kıyıların kullanım amaçları, hassasiyeti ve atıksu özelliklerine bağlı olarak seçilen arıtım yöntemi deniz deşarj sisteminin tasarımı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Yalçın, 2011).

Karadeniz'in diğer deniz ve okyanuslardan ayrılmasının yanı sıra büyük boyuttaki kara kökenli kirleticiler, 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 faaliyetler nedeniyle denize ulaşan besin maddeleri ile ortaya çıkan ötrofikasyon sonucuna ek olarak, deniz dibine çöken organik maddeler, bentik organizmaların ortadan kalkmasına neden olmaktadır. Sonuçlara göre, Karadeniz'in kuzeybatı kıyılarında, anoksik alanlar 1970'lerde 3000 km² iken 1990'da 15000 km²'ye ulaşmıştır (Blatov vd, 1984). Karadeniz kıyılarındaki sağlıklı kentleşme, Karadeniz'i tehdit eden diğer bir unsur olarak gösterilmektedir. Kıyılarda yaşayan yoğun nüfusun yanında turizm, kıyı alanları üzerinde ağır yük oluşturmakta, sınırlı tatlı su kaynaklarını tehdit etmekte, biyolojik kaynaklar üzerinde baskı oluşturmaktadır. Karadeniz flora ve faunasında karasal kökenli kirleticilerin uzun yıllar doğrudan veya dolaylı olarak deşarj edilmeleri sonucu etkilendiği ortadadır (Orhan, 2009). Karadeniz'e kıyısı olan ülkelerde bulunan beş büyük ırmak Dinyeper, Dinyester, Don Nehri, Kuban Irmağı ve Tuna Nehri, Türkiye'de ise Sakarya,

Kızılırmak, Yeşilirmak ve Çoruh nehirleri Karadeniz’de sonlanmaktadır (Oğuz vd, 2002). Karadeniz’e dökülen Avrupa ve Asya akarsularıyla 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 ekosistem üzerindeki olumsuz etkileri bugüne kadar pek çok çalışma yapılmıştır.

Karadeniz’deki olumsuz değişimler üzerine Karadeniz’e kıyısı olan ülkeler de alınabilecek önlemler konusunda çalışmalar başlatmışlardır (Stull vd, 1986; Zaitsev, 1997). 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 Boşaltılmalardan 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 (Salas, 2000; Kideys vd, 2000). 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 kirletici madde boşaltımlarının (doğrudan deşarj, nehir girdileri ve atmosferik birikimler de dahil olmak üzere emisyon kaynakları) değerlendirilmesi ve kontrolüne ilişkin eylemler konusunda teknik destek sağlamaktır (Orhan, 2009; Bozcaarmutlu vd, 2009). 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 kirleticilerin denizlere olan etkisinin belirlenmesi ve önlemler alınması konusunda pek çok proje yürütülmektedir. Su Çerçeve Direktifi doğrultusunda derin deniz deşarjlarının dizaynı ve işletilmesi, mevzuata uyarlanması, 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 biri de derin deniz deşarjı olmuştur. Karadeniz özelinde mevcut olan arazi problemi ve deniz ortam koşullarının müsait olması derin deniz deşarjı uygulamalarının gerek evsel gerek endüstriyel atıksular için uygulanmasını sağlamıştır. Derin deniz deşarjı uygulamalarının ucuz ve kolay olması da Karadeniz için tercih edilmesinde önemli bir neden olmuştur. Derin deniz deşarjı, denizin seyreltme kapasitesinden faydalanmak amacıyla yapılan bir bertaraf yöntemidir (Köksal, 2016).

Deniz deşarj sistemleri yeterli ölçüm verileri ve doğru parametrik tanımlamalarla tasarlanıp, yüksek kalitede inşa edilip, işletildiği sürece, deniz ortamındaki doğal özümleme kapasitesinin en yüksek düzeyde kullanılabilmesine imkan sağlamaktadır. Belirtilen niteliklere sahip deşarj sistemleri için düzenli olarak yapılan deniz suyu kalitesi izleme programları ile de deşarj sisteminin alıcı ortama olumsuz etkilerinin tespit edilmesi önem taşımaktadır. Deşarj edilen atıksuların insan sağlığına etkilerinin bertaraf edilebilmesi için yüzme ve rekreasyonel amaçlı bakteriyolojik su kalite standartları tanımlanmış olup, bu standartlar genel olarak deşarj edilen atıksuların içerisinde yer alan patojen nitelikli organizmalarla insan temasını önlemeyi hedef almaktadır.

İnsan sağlığı üzerindeki etkiler, balık çiftliklerinin bulunduğu ve kabuklu deniz canlılarının avlandığı bölgelerde daha hassas olarak izlenmelidir. İnsan sağlığına yönelik olumsuz etkilerin en az düzeyde gerçekleşmesi açısından, deniz deşarj sistemlerinin planlama ve tasarım aşamaları büyük bir dikkat ve sistematik yaklaşım

gerektirmektedir (Ludwig, 1988). Deniz deşarjı öncesinde uygulanan arıtma kademeleri ve deşarj borusu uzunlukları, deşarj sistemlerinin tasarımında büyük önem taşımaktadır (Wood vd, 1993).

Deniz ortamına deşarj edilen arıtılmış veya kısmen arıtılmış evsel kaynaklı atıksuların deniz suyu ile karışmasıyla oluşan fiziksel seyrelme ve biyokimyasal süreçler deşarj edilen atıksuyun olumsuz etkisini azaltır. Deniz ortamının karmaşık ve dinamik yapısından ötürü bu süreçlere etki eden birçok parametre söz konusudur. Deşarj edilen atıksular, deniz suyu ile ilk karışım sürecinde, deniz tabanından yüzeye doğru hareketi sırasında birinci seyrelme veya yakın alan seyrelmesine tabi olur. Daha sonra, deşarj edilen atıksu-deniz suyu karışımı uzak alan seyrelmesi kapsamında, dispersiyona bağlı ikinci seyrelme ve bakteriyel inaktivasyona bağlı üçüncü seyrelme etkisi altında kalır. Toplam seyrelme, birinci,seyrelme, ikinci seyrelme ve üçüncü seyrelme değerlerinin çarpılması ile elde edilir. Deşarj edilen atıksu içindeki kirletici parametrelerin hedef bölgedeki konsantrasyon değerleri toplam seyrelme değerine bağlıdır. Deniz ortamındaki kullanımlar açısından hedef, kirletici konsantrasyonlarının, kabul edilebilir seviyelerin altında olmasını sağlayacak yeterli toplam seyrelme büyüklüklerinin elde edilmesidir (Mendonça vd, 2012).

Endüstriyel soğutma sistemleri herhangi bir ortamın sıcaklığını su ve/veya havayla ısı değişimi yoluyla çevre sıcaklığı seviyelerine düşürerek ortamdaki aşırı ıslığı ortadan kaldırmaya yarayan sistemlerdir. Aşağıda verilen sistemler yaygın olarak kullanılan endüstriyel soğutma sistemleridir.

- Tek geçişli (once-through) soğutma sistemleri (soğutma kuleli veya soğutma kulesiz)
- Açık çevrimli soğutma sistemleri (ıslak soğutma kuleleri)
- Kapalı devre soğutma sistemleri
 - Hava soğutmalı soğutma sistemleri
 - Kapalı devre ıslak soğutma sistemleri
- Kombine ıslak / kuru (hibrit) soğutma sistemleri
 - Açık hibrit soğutma kuleleri
 - Kapalı devre hibrit kule

Genel olarak tek geçişli sistemler ve açık çevrimli sistemler enerji ve (petro-kimya) endüstrilerinde daha büyük tesislere uygulanmaktadır. Alana ve maliyete

ilişkin nedenlerle kuru hava soğutma sistemleri genellikle çok büyük kapasiteler için kullanılmaz. Atık ısı seviyesi uygulanacak endüstriyel soğutma sisteminin seçiminde dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Çizelge 1.1 soğutulacak ortamın ve soğutma sistemlerinin sıcaklık aralıklarını göstermektedir. Atık ısı seviyesi azaldıkça kuru hava soğutmalı sistemlerle soğutma yapmak güçleşmektedir. Avrupa’da düşük proses sıcaklığında büyük soğutma kapasitelerine ihtiyaç duyan endüstri kolları (enerji santralleri ve petro-kimya endüstrisi) büyük ve güvenilir su kaynaklarının mevcut olduğu ve tek geçişli sistemlerin kullanımına izin veren sahalardan yararlanmayı tercih etmektedirler. Tesiste kullanılabilecek su yeterli olmadığında büyük kapasiteli açık ıslak veya ıslak / kuru soğutma kulelerine başvurulur (Ardalı, 2015).

Bu tez çalışmasında Karadeniz mevkiinde bulunan enerji santrallerine ait derin deniz deşarjlarının, Karadeniz üzerindeki etkileri belirlenmiş ve uygun model kullanılarak üretilen senaryolar neticesinde elde edilen sonuçların ilgili mevzuata uygun olup olmadığı ortaya konmuştur.

Çizelge 1.1. Sıcaklık seviyeleri ve uygulama aralığı (Ardalı, 2015)

Sıcaklık aralığı	Uygun soğutma sistemi	Tipik uygulamalar
Düşük sıcaklık (10 - 25 °C)	• tek geçişli sistemler (doğrudan / dolaylı) • ıslak soğutma kuleleri (mekanik / doğal akımlı) • hibrit soğutma kuleleri • kombine soğutma sistemleri	• enerji üretimi • (petro-) kimyasal prosesler
Orta Sıcaklık (25 - 60 °C)	• tek geçişli sistemler (doğrudan / dolaylı) • ıslak soğutma kuleleri (mekanik / doğal akımlı) • kapalı devre soğutma kuleleri • buharlaştırma kondansatörleri • hava soğutmalı akışkan soğutucular • hava soğutmalı kondansatörler • hibrit (kapalı devre) soğutma kuleleri / kondansatörleri	• dondurma döngüleri • kompresör • makinelerin soğutulması • otoklav (basınçlı kap) soğutması • döner fırınların soğutması • çelik tesisleri • çimento fabrikaları • daha sıcak bölgelerde (Akdeniz) enerji üretimi

Çizelge 1.1. (devamı) Sıcaklık seviyeleri ve uygulama aralığı (Ardalı, 2015)

Yüksek sıcaklık (60 °C üstü)	• özel durumlarda tek geçişli sistemler (doğrudan / dolaylı) • ıslak soğutma kuleleri (mekanik / doğal akımlı) • hava soğutmalı akışkan soğutucular / kondansatörler	• atık yakma tesisleri • motor soğutma • egzoz dumanı soğutma • kimyasal işlemler
---------------------------------	--	---

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 yayımlamış, birçok izleme ve koruma programları geliştirmiş ve uygulamaya koymuşlardır. Akdeniz ülkeleri için ilk ortak girişim, kirliliğin azaltılmasına yönelik Barselona Sözleşmesi’nin 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, 1996) 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 sosyoekonomik 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 Adriyatik, Ege ve Baltık denizlerinde 1970’li yıllarda gözlenmeye başlanmıştır. Avrupa Birliği ülkeleri “Su Çerçeve Direktifi” kriterleri geliştirilmiş 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 sosyoekonomik 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.

1996 yılında hazırlanan ilk Karadeniz Stratejik Eylem Planı’nda, Karadeniz kıyısındaki ölkelerden kirlilik girdisi olan öncelikli noktasal kaynakların ortadan kaldırılması yönündeki gelişmeler üzerine düzenli bir raporlama istenmiştir. Bunun üzerine hazırlanan Karadeniz Sınır Ötesi Teşhis Analizi (1999) ve Ulusal Karadeniz Çevre Çalışmalarında (Türkiye, 1998 ve Ukrayna, 1998) Karadeniz üzerindeki kara kökenli baskılar incelemiş, derecelendirilmiş ve özel dikkat/acil müdahale isteyen en tehlikeli kaynakları “sıcak noktalar” olarak tanımlanmıştır. Bu çalışmalar sonucunda Karadeniz kıyılarında toplam 49 nokta, ölkemiz kıyılarında ise 10 nokta sıcak nokta olarak tanımlanmıştır (Ardalı, 2015).

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. Bu tanıma göre, SN, noktasal veya yayılı kaynakların insan sağlığı ve/veya ekosistemler ve/veya ekonomi üzerinde mevcut/potansiyel olumsuz etkilerinin tespit edildiği alanlardır (Ardalı, 2015).

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 (Çizelge A.2).

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, bu alanların değerdendirilmesi ve SÇD ve Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (DSÇD) gibi uyumlaştırılması planlanan Avrupa Birliğı mevzuatı için gerekli çalışmaların yapılmasıdır.

DSÇD’nde ““iyi çevresel durum” “deniz ürünlerindeki kontaminantlar”, deniz ürünlerinden elde edilen gıdalardaki kirletici miktarı, direktifte belirlenen sınırı ve diğder kabul edilen ulusal ve uluslararası standartlarda belirlenen sınırların üzerinde olamaz” şeklinde açıklanmaktadır. Kirleticilerin balık ve diğder deniz ürünlerinde, kabul edilen seviyenin üzerindeki varlığı hem halk sağlığı hem de deniz ürünleri ile beslenen diğder tüketicileri ayrıca diğder deniz kaynaklarının da sürdürülebilirliğini olumsuz etkilemektedir (Ardalı, 2015).

Düşük seviye (10-25°C), orta seviye (25-60°C) ve yüksek seviye (>60°C) geri kazanılamaz ısı enerjisi arasında bir ayırım vardır. Genelde, düşük ısılar için ıslak soğutma sistemleri kullanılırken yüksek ısı sistemlerinde ise kuru soğutma uygulanır. Soğutma sistemleri termodinamik ilkeler doğrultusunda çalışmakta olup proses ile soğutucu arasındaki ısı değişimini artırmak ve geri kazanılamayacak ısının çevreye bırakılmasını kolaylaştırmak üzere tasarlanmaktadırlar. Endüstriyel soğutma sistemleri, soğutucu olarak su, hava veya farklı oranlarda su ve havayı birlikte kullanan sistemler olarak tasarımlarına ve ana soğutma prensiplerine göre kategorize edilebilirler. Proses ortamı ile soğutucu arasındaki ısı değişimi eşanjörler vasıtasıyla sağlanır. Soğutucu ısıyı ısı dönüştürücülerden çevreye taşır. Açık sistemlerde soğutucu çevreyle temas halindedir. Kapalı çevrimli sistemlerde ise soğutucu veya proses ortamı tüpler veya soğutma kangalları içinde devir daim eder ve çevreyle doğrudan temas halinde değildir.

Tek geçişli sistemler yeterli soğutma suyunun ve alıcı yüzey suyu ortamının bulunduğu yerlerdeki büyük kapasiteli tesislerde yaygın olarak kullanılan sistemlerdir. Eğer güvenilir bir soğuk su kaynağı mevcut değil ise sirkülasyonlu sistemler (soğutma kuleleri) kullanılır. Açık sirkülasyon kulelerinde soğutma suyunun sıcaklığı hava akımı ile temasa sokularak azaltılır. Burada ihtiyaç duyulan hava akımı fanlarla mekanik olarak oluşturulabileceğı gibi doğal hava akımı da kullanılabilir. Küçük ve büyük kapasitelerde yaygın olarak mekanik hava akımı kuleleri kullanılır. Örneğın, enerji santrallerinde çoğunlukla doğal hava akımı kullanılır. Kapalı çevrimli sistemlerde içinde soğutucunun veya proses ortamının devir daim ettiğı tüpler veya kangallar soğutulur, ardından bunların taşıdığı madde

soğutulur. Daha küçük kapasiteli endüstrilerde genel olarak kapalı devre ıslak sistemler kullanılır. Kuru hava soğutma sistemi daha küçük endüstriyel sistemlerde kullanılabileceği gibi yeterli suyun bulunmadığı veya suyun yüksek maliyetli olduğu durumlarda büyük enerji santrallerinde de uygulanabilir. Açık ve kapalı hibrit soğutma sistemleri özel mekanik kule tasarımına sahiptir. Bu kuleler görünür buğu oluşumunu azaltacak ıslak ve kuru işleme izin verirler. Ortam hava sıcaklığı düşük olduğunda sistemlerin kuru sistemler olarak işletilmesi seçeneği sayesinde yıllık su tüketim miktarı ve görünür buğu oluşumu azaltılabilir. Doğrudan temaslı soğutma sistemleri (doğrudan/dolaylı sistemlerle karıştırılmamalıdır) sahip oldukları özellikler büyük ölçüde uygulandıkları endüstriyel prosese (örneğin sıcak çelik) bağlı olduğundan bu BREF kapsamında tanımlanmamaktadır. Bir başka soğutma tipi barometrik yoğunlaştırıcılı (kondansatör) bir tek geçişli sistem olup bu sistemde bir gaz akımı doğrudan üzerine uygulanan su vasıtasıyla soğutulmaktadır. Bunun örnekleri gıda endüstrisinde bulunabilir (Ardalı, 2015).

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 (Ardalı, 2015). Atıksuların DDD güvenilir ve nispeten daha ucuz bir atık uzaklaştırma teknolojisi olup, dünyanın pek çok bölgesinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

AB Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü (IPPC) Direktifini (2008/1/EC) takiben endüstriyel soğutma sistemlerinde mevcut en iyi tekniklerin (MET) uygulanmasını tanımlayan referans döküman “BREF endüstriyel soğutma (IPPC 2001)” hazırlanmıştır. Endüstrilerin en uygun teknolojiyi uygulamaları gerekmektedir. MET aslında bölgeye özel çeşitli önlemlerin bir kombinasyonudur. Yer seçimi (balık göç yolları ya da yumurtlama alanlarında çekim yapılmaması) veya tasarım (uygun balık dönüş sistemi) gibi bazı MET ilkeleri CIW kılavuzlarda yer almaktadır. Yeni tesislerde, soğutma suyu kullanımını en aza indirmek için, tesisin konumu, tasarımı ve inşaatı gibi belirli özellikler dikkate alınmalıdır. Teknik yapıların güçlendirilmesi genellikle çok daha pahalı ve daha az etkilidir. Tek geçişli soğutma sistemlerinde sıkışmayı azaltmak için genellikle aşağıdaki önlemlerin kombinasyonu kullanılmaktadır.

- Soğutma suyu akış hızı mümkün olduğunca düşük tutulur ($<0.1-0.3$ m/s).

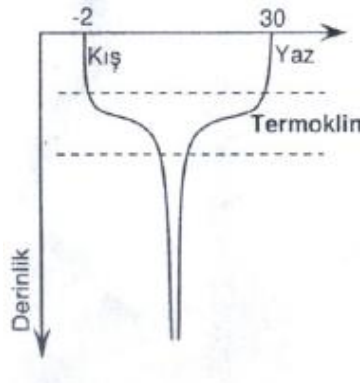
- Atıkları ayırmak için kaba ızgara kullanılır.
- Yavru balıkları ayırmak için 5x5 mm açıklıklı ince elek kullanılır.
- Etkilenen balıkların yüzey sularına güvenli şekilde dönüşünü sağlamak için uygun balık geri dönüş sistemi kullanılır (Ardalı, 2015).

2.1 Deniz Suyunun Temel Oşinografik Özellikleri

2.1.1 Sıcaklık

Denizler belli zamanlarda bir ısı kaynağı gibi davranarak etraflarına ısı verir. Bu olay denizlerin atmosferden daha sıcak olduğu dönemlerde gerçekleşir. Ancak buharlaşma olayı okyanus ve denizlerde en fazla ısı kaybına neden olan etkidir. Gerçekte okyanus ve denizlerin kazandığı enerjinin yarıdan fazlası, atmosfere buharlaşma yoluyla iade edilir.

Derinliğe bağlı sıcaklık değişimleri ile ilgili olarak Ekvator çevresi ve ılıman bölgelerde yapılan incelemelerde sıcaklık tabakalarının oluştuğu ve yüzeyden dibe doğru yüzeysel tabaka, geçiş tabakası ve derin su tabakası olmak üzere üç tabakanın olduğu saptanmıştır. Yüzeyde derinlikle pek fazla değişmeyen yüksek sıcaklıkta bir yüzey tabakası ile derinlerde yine derinlikle değişim göstermeyen düşük sıcaklıkta bir alt tabaka bulunmaktadır (Samsunlu, 1995). Suyun yüzeyi ile deniz tabanı arasında sıcaklığın derinliğe göre diğer kısımlardakine oranla çok daha hızlı olarak değiştiği bölgeye “termoklin” tabakası adı verilir (Şekil 2.1). Termoklin tabakasında genellikle derinlikle 1 °C/m’den daha büyük bir sıcaklık değişimi söz konusudur. Termoklin bölgesinin üzerinde yer alan su tabakasının sıcaklığı, yazın dipteki tabakanın sıcaklığından daha fazladır. Bu durum kış mevsiminde ise tam tersidir. Üst tabakadaki sıcaklıklar nispeten üniform olup bu durumun sebebi, bu kısmın rüzgar ile daha iyi karışmasıdır (Berkün, 2006).

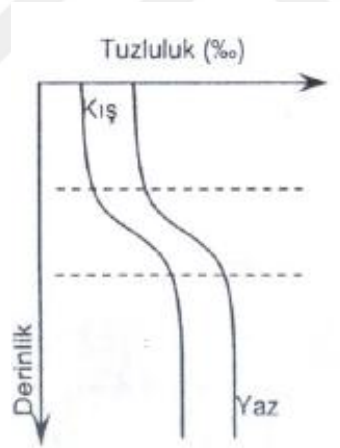


Şekil 2.1. Tipik sıcaklık-derinlik değişimi (Karpuzcu, 1996)

2.1.2 Tuzluluk

Tuzluluk, deniz suyunda çözünmüş halde bulunan katı maddelerinin toplamını ifade etmektedir. Deniz yüzeyindeki tuzluluk yağışlar, buzların erimesi ve akarsularla gelen tatlı sularla karışım gibi nedenlerle azalırken, buharlaşma ve buzlanma etkisiyle artış gösterir. Bu nedenle, yıllık yağış miktarının buharlaşmadan fazla olduğu ekvatora yakın bölgelerde deniz suyunun tuzluluğu diğer yerlere oranla daha azdır. Ayrıca, artan enlemlerle buharlaşma azaldığı için tuzluluk daha düşüktür. Tuzluluğun mekana ve derinliğe göre değişimi mevsimsellik gösterir. Sahil sularında daha az tuzlu sular üst kısımlarda, daha tuzlu sular ise alt kısımlarda yer alır. Yoğunluk değişimi su kütleindeki sirkülasyonları, su ortamındaki yaşamı ve madde konsantrasyonlarını büyük ölçüde etkileyen bir özelliktir.

Tuzluluğun mekana ve derinliğe göre değişimi mevsimlik bir karakter arz eder. Sahil sularında daha az tuzlu sular üst kısımlarda, daha tuzlu sular ise alt kısımlarda yer alır. Tuzluluğun derinlikle ani olarak değiştiği ara bölgeye “haloklin tabakası” adı verilmektedir (Şekil 2.2). Üst ve alt kısım arasındaki tuzluluk farkı okyanuslarda daha azdır.



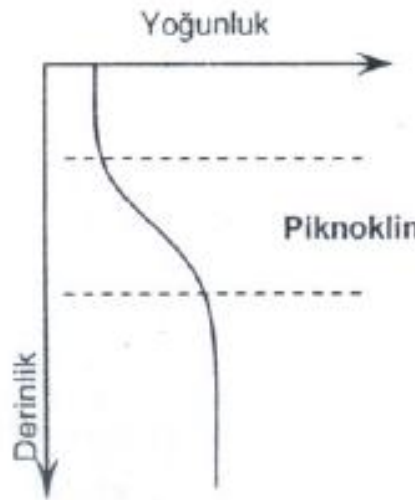
Şekil 2.2. Tipik tuzluluk-derinlik değişimi (Karpuzcu, 1996)

2.1.3 Yoğunluk

Yoğunluk profilleri yıl boyunca farklılıklar gösterir. Yaz aylarında yüzeydeki tabakaların ısınması tabakalaşma eğilimini artırır. Yağışlı dönemlerde artan tatlı su girişleri yüzeydeki tuzluluğu azaltarak tabakalaşmayı etkileyebilir. Bu nedenlerle, tasarım aşamasında, olası alıcı ortam yoğunluk profilleri hakkında ayrıntılı bilgi

sahibi olmak, çeşitli tasarım seçeneklerinin seyrelme ve batma özelliklerini değerlendirme açısından çok önemlidir (Alpaslan, 2004).

Deniz suyu yoğunluğu, tuzluluk ve sıcaklığın değişimlerine göre derinlikle değişir. Genellikle az yoğun bir üst tabaka ve tabanda daha yoğun bir alt tabaka mevcuttur. Yoğunluğun derinlikle hızlıca değiştiği bölgeye “piknoklin tabakası” adı verilir. Yoğunluk üst kısımlarda daha düşük olup, derinlik arttıkça artarak sabit bir değere yaklaşır (Şekil 2.3). Yoğunluk ortamdaki türbülans seviyesini etkiler. Küçük yoğunluk farkları dahi yoğunluk tabakalaşmasına yol açarak düşey karışım için önemli oranda enerjiyi gerektirir. Yoğunluk, deniz suyunda tabakalaşmaya ve akıntıların oluşmasına etki eden önemli bir faktördür. Tuzluluk, sıcaklık ve yoğunluk zaman ve derinliğe göre değişir. Özellikle atıksu deniz deşarj tesislerinin tasarımı için yıl boyunca mevsimlik değişimlerin mahallinde yapılacak oşinografik etütlerle belirlenmesi gerekir (Koç, 2008).



Şekil 2.3. Tipik yoğunluk-derinlik değişimi (Karpuzcu, 1996)

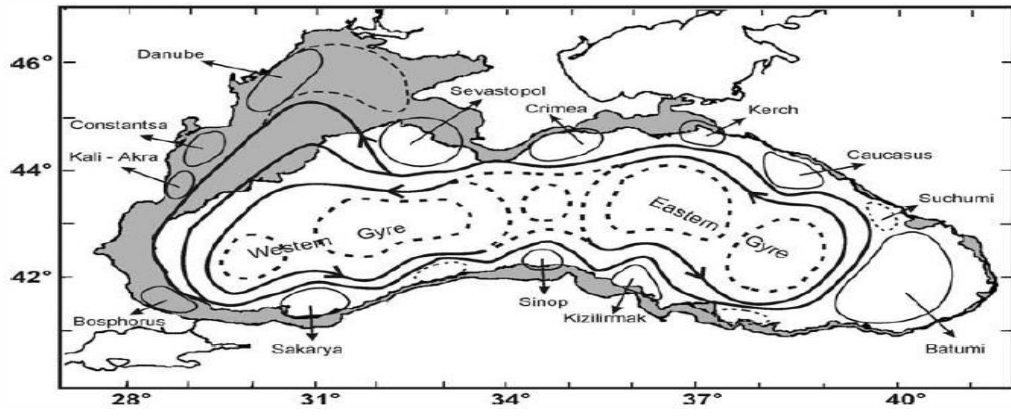
2.1.4 Akıntılar

Karadeniz’in üst tabaka suları, genellikle siklonik, büyük ölçüde zamana bağımlı ve bütün havza boyunca alansal olarak şekillenen bir yapıdadır. Karadeniz, karmaşık, iç siklonik yapısında çok farklı özellikte girdaplı akıntıların baskın olduğu, havza boyunca kıyı topoğrafyasına 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 (Oğuz vd, 2004). 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 2.4'de 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 kıyısal 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 sonra güney iç şelf akıntı sistemine katılır.
- İlk kıyı akıntısının bu iki kolunun güneybatı kıyılarında konvergensi ve
- Kuzeybatı şelf sahasının kuzey kısmında büyük bir antisiklonik girdabın varlığıdır (Ardalı, 2015).

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 döngü oluşturmaktadır. Bu nehir ağzının en uç kenarı batı sahili boyunca ince baroklinik bir sınır akıntısı oluşturarak güneye doğru uzanmaktadır.



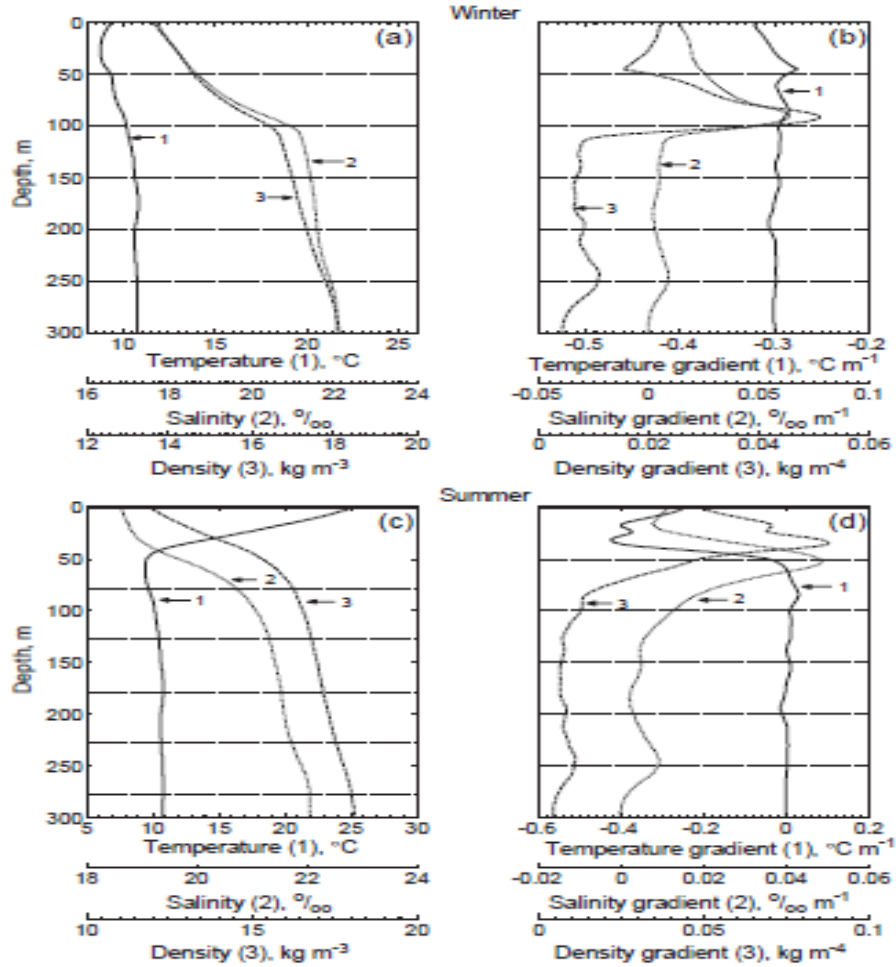
Şekil 2.4. Üst tabaka dolaşım sisteminin büyük yarı kalıcı/tekrarlayan özelliklerini gösteren diyagram. Veriler Topex-Poseidon ve ERSI-II altimetre verisi ve hidrografik çalışmaların sentezi ile elde edilmiştir (Oğuz vd, 1993)

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 belirlenmiştir (Oğuz vd, 2004).

Yüzey sularındaki muhtemel aylık sıcaklık eğrileri asimetriktr. 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 (Tubitak-MAM, 2014).

Karadeniz’in tipik sıcaklık ve tuzluluk profilleri Blatov ve ark. (1984) ortaya konmuştur. Şekil 2.5 ’de görüldüğü üzere; piknoklin, Karadeniz’in tüm derin su alanı üzerinde uzanan Soğuk Orta Tabaka’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-verişi idare eder ve sonuç olarak oksiklin ve kemoklinin 100 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 (Tubitak-MAM, 2014).



Şekil 2.5. Karadeniz sıcaklık, tuzluluk ve potansiyel yoğunluk profilleri ile düşey değişimleri: a) kış profilleri, b) kış vertikal değişimi, c) yaz profilleri, d) yaz vertikal değişimi (Capuzzo, 1987).

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 (Ardalı, 2015).

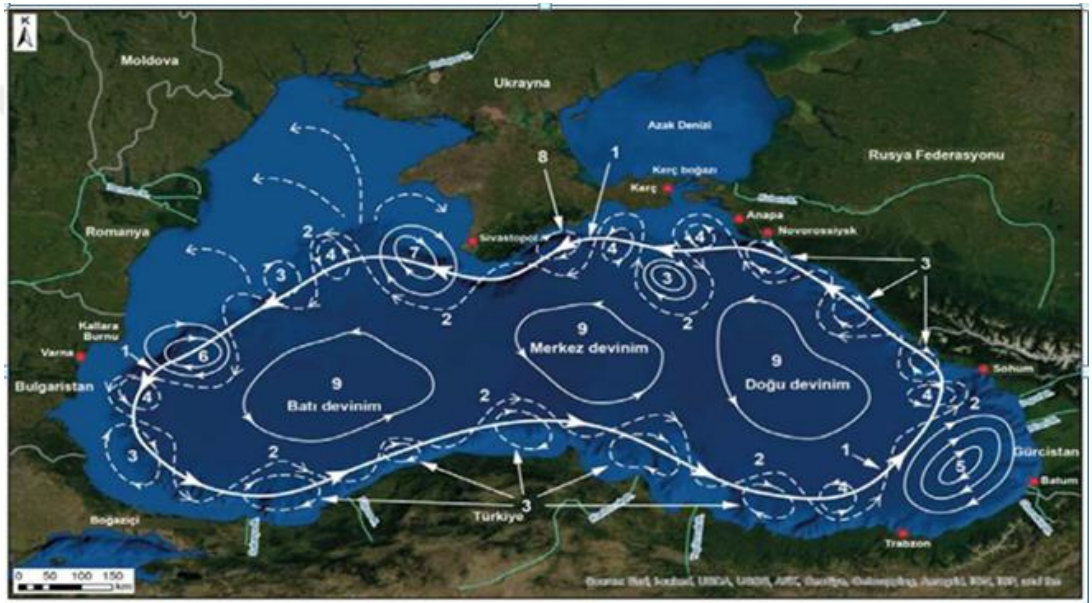
2.2 Karadeniz'in Genel Özellikleri

Karadeniz, Avrupa ve Asya kıtalarının birbirine yaklaştığı bir bölgede, 40° ve 46° $32'$ kuzey enlemleri, 27° $27'$ ve 41° $42'$ doğu boylamları arasında yer almaktadır. Konumu itibariyle Akdeniz'e bağlı bir iç deniz özelliği taşımaktadır (Zengin, 2014). Avrupa'nın güneydoğusunda Balkan ve Anadolu yarımadaı 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 (Oğuz vd, 2004).

Karadeniz, karmaşık iç siklonik yapısında çok farklı özellikte girdaplı akıntıların baskın olduğu, havza boyunca kıyı topoğrafyasına 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 kıyısız biyojeokimyasal işleyişi, kıta kenarının ötesiyle birleştirmektedir. Böylece, sahil suları ve açık sular arasında iki yönlü bir taşınım mekanizması oluşturmaktadır (Ardalı, 2015).

Karadeniz'in dünya denizleriyle tek bağlantısı dar ve sığ (>75 m) bir açıklık olan İstanbul Boğazı ile sağlanmaktadır. Bu bağlantıyı güneybatıda İstanbul Boğazı-Marmara Denizi-Çanakkale Boğazı yolu ile Ege ve Akdeniz'e açılma izlemektedir. Kuzey'de ise Kerç Boğazı yolu ile Azak Denizi'ne bağlantı sağlamaktadır. Batı kıyıları Romanya, Bulgaristan ve Türkiye'nin Avrupa yakasındaki toprakları ile

çevriliyken, kuzey ve doğu kıyıları Ukrayna, Rusya ve Gürcistan, tüm güney kıyıları ise Türkiye toprakları ile çevrilidir (Şekil 2.6). Hidrografik veriler bazında incelendiğinde toplam 413490 km^2 'lik bir alana ve 537000 km^3 'lük su hacmine sahip olan Karadeniz dünyanın en büyük anoksik havzası olarak tanımlanabilmektedir. Sahip olduğu su kütlesinin % 80'i oksijensiz karakterdedir. Oksijenli bölgesinin hacmi (0-200 m) 68847 km^2 olan Karadeniz'in derin düz tabanı (<2000 m) toplam alanın % 60'ından fazlasını kapsar (Ruiz-Beiva vd, 1986). Dipte sürekli bir tortulaşma alanı olması nedeniyle derin havzada 15 km'ye yakın bir tortul kalınlığı mevcuttur.



Şekil 2.6. Karadeniz coğrafyası, dip topoğrafyası ve akıntıları (Muhammetoğlu vd, 2012)

Başlıca coğrafik özellikleri incelendiğinde ise Karadeniz'in maksimum derinliğinin Türkiye'nin İnebolu açıklarında (yaklaşık 30-40 mil) -2200 m ve ortalama derinliğinin ise -1300 m civarında olduğu belirlenmiştir. Bentik organizmaları içeren deniz yatağının yüzölçümü 101452 km^2 , doğu-batı yönünde en uç noktalar arasındaki uzaklık 1149 km, kuzey-güney yönünde maksimum genişlik 611 km'dir. Karadeniz'in en dar kesiti, Sinop'un İnceburun ile Yalta kıyıları arasında 250 km kadardır. En geniş yeri ise İstanbul Boğazı'nın Karadeniz girişi ile Dinyeper ırmağı ağız kısmı arasındadır (Zengin, 2004).

2.3 Karadeniz'in Oşinografik Özellikleri

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 özellikle Tuna nehri ve birçok nehir ile önemli ölçüde tatlı su girişi olmaktadır ve bunun sonucu olarak su kalitesinde değişiklikler meydana gelmektedir. Ayrıca, çevresindeki yoğun kar yağışları sonucunda karların erimesiyle Karadeniz'e kuzey batı bölgesinden 234 km³, Kafkasya kıyılarından 35 km³, Türkiye kıyılarından 23 km³, Bulgaristan ve Kırım kıyılarından ise 1'er km³ tatlı su girişi olmaktadır (Egemen, 2002). 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 (Stull vd, 1986). Anadolu kıyılarından Karadeniz'e en fazla su girişi Sakarya, Kızılırmak ve Yeşilırmak'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 Yeşilırmak açıklarında ‰ 15-16 kadardır. Öte yandan yüzeyden aşağı doğru tuzluluk oranında da önemli değişimler

belirlenmiştir. Nitekim 200 m derinlikte tuzluluk ‰ 22'ye, 2000 m civarında ise ‰ 22.4'e ulaşmaktadır (Ardalı, 2015).

Karadeniz'in önemli bir diğer özelliği de, 200 m derinlikten sonra oksijenin tamamen kaybolması ve yerini hidrojen sülfürün almasıdır. Derinlere inildikçe artan bu zehirli gazın etkisiyle Karadeniz'de, bu derinliğin altında canlı hayatına rastlanmamaktadır. 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 (Zengin, 2004). Karadeniz'in pH' ı ise 7.5- 8.4 arasında değişmekte ve ilkbahardaki biyolojik olaylarla pH da yükselmektedir (Ardalı, 2015).

Karadeniz, açık okyanusun etkilerinden geniş su tutma havzası ile ayrılmış ve bu durum Karadeniz'in 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 (Stanev, 2002).

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.

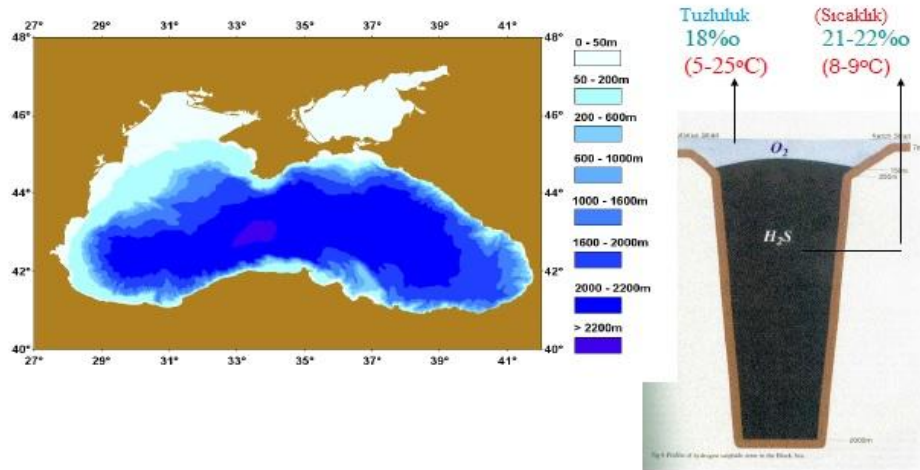
İlkbahar mevsiminde seki değerleri bütün kıyı boyunca en fazla 10 m olarak ölçülmüşken nehir ağızlarında belirgin olarak yüksek askıda katı madde içeriğinden dolayı 1 m'ye kadar düşmüştür. Sonbaharda değerler daha yüksektir (4-14 m). Genel olarak kıyıya daha yakın istasyonlarda yüzeydeki askıda katı 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 (Ardalı, 2015).

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 kuzey batı bölgesi ve Tuna nehrinden olmak üzere yüksek miktardaki nutrient ve kirleticilerin ortama girmesi ile, aşırı derecede yıpranmış bir denizel alan haline

gelmiştir (Mendonça vd, 2012). Dolayısıyla 1970'lerin ortalarından itibaren ekosistem, ciddi çevresel yıkım, ötrofikasyon, biyoçeşitlilik ve balık stoklarında dramatik bir düşüşü özellikle de kuzey doğu kıyıları ve Azak Denizi için yansıtmaktadır (Zaman, 2005).

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 biyomasi 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 (Kideys, 2002; Wang, 2011).

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 2.7).



Şekil 2.7. Karadeniz'in batimetri haritası ve anoksiya (Anonim, 2010)

Biojeokimyasal pompa yüzeyden itibaren 100 m'lik derinliğe kadar olan su sütununda çalışmaktadır. Ötrofik zon yapısı (yaklaşık olarak yüzeyden 50 m

derinlikteki su tabakası) yüksek oksijen konsantrasyonu (300 µm) 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 µm civarına, nitrati ise maksimum 6 µm değerine ulaşmaktadır (Draft, 2010). 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 (Oğuz vd, 2004).

2.4 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 (Ardalı, 2015).

2.4.1 Deşarj borusu yönünün ve boyunun belirlenmesi

Deşarj borusu boyunun belirlenmesi, DDD 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. Gerekli seyrelmeyi sağlayacak boru boyu buna bağlı olarak derinlik, seyrelme hesaplarına göre seçilmelidir.

Etkin boru boyunun hesabında Pomeroy formülü kullanılabilir:

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

Burada;

X : Etkin boru boyu (m)

Q' : Ortalama debi (m³/s.gün)

Y : Deşarj derinliği (m)

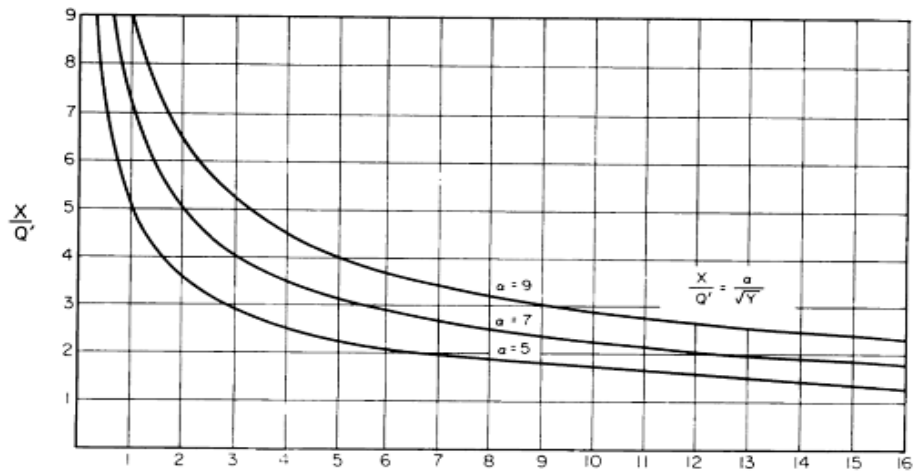
a : Pomeroy katsayısı

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

Çizelge 2.2. Pomeroy formülündeki a katsayıları (Ardalı, 2015)

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

Şekil 2.8’de Pomeroy formülünde parametrelerin hesaplanmasında kullanılan eğri verilmiştir.



Derinlik, m

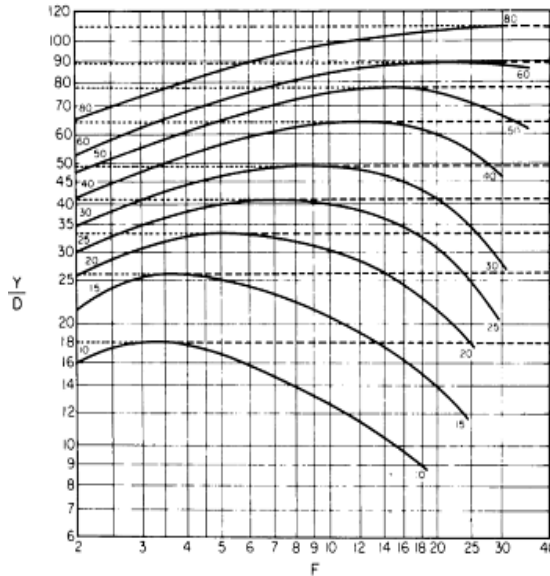
Şekil 2.8. Boru boyunun hesaplanması için Pomeroy formülünden oluşturulan abak (Ardalı, 2015)

Karadeniz'in oşinografik özellikleri dikkate alındığında tabakalaşma derinliğinin yaklaşık 25 m 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 m olması önerilmektedir. Karadeniz'in batimetrik özelliği nedeniyle 45 m derinliğin sağlandığı alanlarda 2000 m deşarj hattı boyu kriterinin aranmayarak kıyı koruma bandı mesafesi (300 m) ile dalga kırılma noktaları dışına deşarj edilmesi uygun görülmektedir.

2.4.2 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 (Ardalı, 2015). Deşarj borusunun çapının belirlenmesinde Şekil 2.9'da verilen grafik kullanılmaktadır.



Şekil 2.9. Seyrelme hesabı ile deşarj boru çapının belirlenmesinde kullanılan abak (Ardalı, 2015)

Burada;

Y : Deşarj derinliği (m)

D : Deşarj borusu çapı (m)

Q : Maksimum debi (m³/s)

ifade etmektedir. Froude sayısı;

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

2.4.3 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 arttıracaktır (Ardalı, 2015).

2.4.4 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 (Ardalı, 2015).

2.4.5 Difüzör çıkış delik özelliklerinin belirlenmesi

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

2.4.6 Deliklerin ap, aralık sayıları

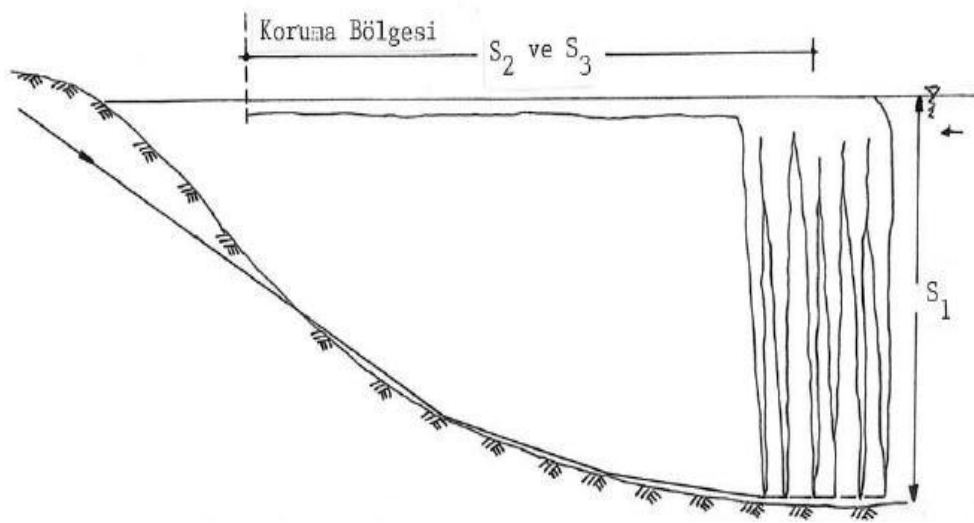
Çeşitli ülkelerde farklı değerler kullanılmaktadır. Örneğin, ABD minimum delik çapı 5 cm önerilmektedir, İskandinav lkelerinde ise 10 cm uygun görülmektedir. Yapım ve temizleme kolaylığı sağlamak gibi pratik düşünceler, delik çapının en az 10 cm olması gerektiğini ortaya koymaktadır (Ardalı, 2015).

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 (Ardalı, 2015).

2.4.7 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 seyrelmesine 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 seyrelmesine ikinci seyrelme (S_2) denir. Atıksu su içerisindeki korunamayan türden unsurların 1. ve 2.'deki fiziksel seyrelmelere ilaveten zamanla biyolojik olarak ayrışmaları, güneşin radyasyon etkisi 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 (ztrk, 2011). (şekil 2.10)



şekil 2.10. DDD Sisteminde S_1 , S_2 , S_3 Seyrelmeleri (ztrk, 2011)

DDD sisteminin sağlaması gereken seyrelme oranı; deşarj edilen sudaki kirletici madde konsantrasyonu C_0 , C_{st} ise SKKY’nde (2004) verilen, o kirletici için sağlanması gereken standart olmak üzere: $S_{gerekli} = C_0 / C_{st}$ olarak tanımlanmaktadır.

2.4.7.1 Seyrelme (Yakın alan seyrelmesi)

Atıksuyun 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 atıksu ve deniz suyu arasındaki yoğunluk farklılığının yaratacağı seyrelmeye ilk seyrelme denir. Birinci seyrelmeyi etkileyen pek çok faktör vardır. Bunlar içerisinde en önemlileri: atıksuyun karakteri ve yoğunluğu, difüzör tipi ve boyutları, deniz suyundaki tabakalaşma durumu, deşarj yerindeki derinlik, ilk karışım akıntı değerleridir (Ardalı, 2015).

Birinci seyrelme deniz ortamında yoğunluk derinlik değişimlerinin homojen, doğrusal ve doğrusal olmayan durumlarda 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 olası 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 (Ardalı, 2015).

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

Gerekli birinci seyrelme aşağıdaki formülle hesaplanabilir (Ardalı, 2015).

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

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

ΔT : maksimum sıcaklık artışı (1 °C)

$$Q.(S_1-1) = u. L_d. H \quad (2.5)$$

2.4.7.2 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. İkinci seyrelme hesabı için çeşitli yaklaşımlar olsa da genellikle Brooks Modeli tercih edilmektedir (Ardalı, 2015).

$$S_2 = \frac{1}{\text{erf} [1.5 / [(1 + \frac{2}{3} \beta \frac{x}{b})^3 - 1]]^{0.5}} \quad (2.6)$$

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).

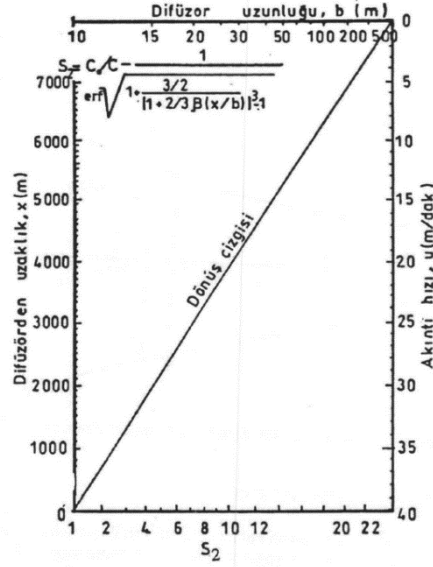
$\beta = \frac{12\varepsilon_0}{u_x b}$ ile hesaplanan boyutsuz sabiti göstermektedir.

Başlangıçtaki türbülans difüzyonu katsayısının;

$$\varepsilon_0 = \eta b^{4/3}$$

denklemini ifade edilebileceği ve Eddy difüzyonu katsayısı (η)'nin de ortalama bir değer olarak, $\eta = 0.01$ alınabileceği kaynaklarda belirtilmektedir (Ardalı, 2015). Bu eşitlikte “erf” olarak verilen “hata fonksiyonu” değerinin hesaplanması için tablolar mevcuttur. Ancak bu fonksiyonun bilgisayarlar ile hesaplanabiliyor olması nedeni ile bilgisayarlı çözüm tercih edilmelidir (Ardalı, 2015).

İkinci seyrelmenin hesabı için geliştirilmiş abaklar da mevcuttur. Hesaplamalar hem Brooks modeli hem de abak ile yapılarak küçük değerlerin seyrelme hesabında kullanılması güvenli tarafta kalmak açısından yararlı olacaktır.



Şekil 2.11. Seyrelme hesabı için abak (Ardalı, 2015).

2.4.7.3 Seyrelme (bakteri yok olması)

Denize deşarj edilen atıksuların içerisinde korunamayan türdeki kirleticilerin (organik madde, bakteri vb.) atıksu tarlasının yatay hareketi sırasında güneş ışınlarının radyasyon tesiri, tuzluluk ve çökelebilen maddelere tutunma gibi etkiler sonucu yok olmaları 3. seyrelme olarak tanımlanır (Ardalı, 2015).

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

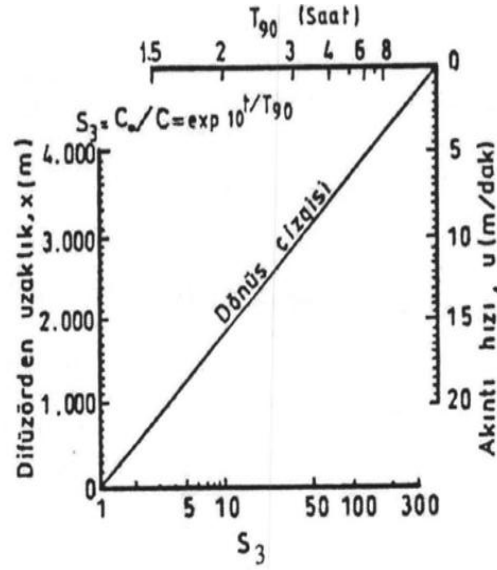
$$S_3 = 10^{(t/T_{90})} \text{ şeklinde hesaplanır.}$$

Burada;

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

x : taşınma mesafesi (m),

u: akıntı hızı (m/sa)



Şekil 2.12. Seyrelme hesabı için abak (Ardalı, 2015)

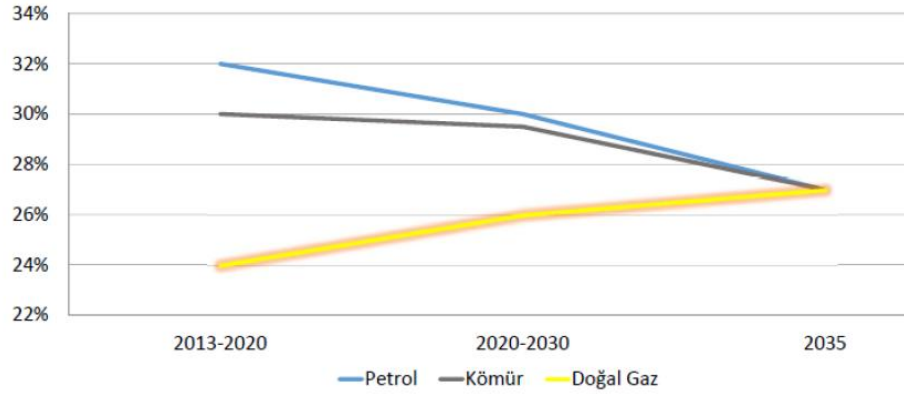
Seyrelme hesaplarında; tasarım akıntıları, T_{90} 'ın minimum ve maksimum değerleri ile belirlenen difüzör için seçilen bir deşarj borusu uzunluğunda sistemin sağladığı toplam seyrelmeler hesaplanmaktadır. Boru boyunun gerekli seyrelmeyi sağlayamaması durumunda, seçilen yeni ve daha uzun boru için aynı 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 arıtmadan 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 (Ardalı, 2015).

2.5 Doğalgaz Enerji Santralleri

Dünya genelinde ve ülkemizde petrolden sonra ikinci sırada önem arz eden enerji kaynağı doğalgaz olmuştur. Doğalgaz; havadan hafif, renksiz ve kokusuz bir gazdır. Yer altında, petrolün yakınında bulunur. Yeryüzüne çıkarılışı petrolle aynıdır, daha sonra büyük boru hatları ile taşınır (Güneş, 2009).

Doğalgaz rezervlerinin 76 trilyon metreküpü (%41) Orta Doğu ülkelerinde, 59 trilyon metreküpü (%33) Rusya ve Bağımsız Devletler Topluluğu ülkelerinde, 31 trilyon metreküpü (%17) Afrika/Asya Pasifik ülkelerinde bulunmaktadır. British Petrol 2014 Haziran ayında yayınladığı "BP Energy Outlook 2035" raporunda

doğalgazın 2030'lu yıllarda zirveye ortak olacağını belirtmiştir. Şekil 2.13'te doğalgazın dünya birincil enerji tüketiminde payının yükseldiği gösterilmiştir.



Şekil 2.13. Dünya birincil enerji tüketiminde doğalgazın payı (Akbal, 2014)

Elektrik enerjisi üretiminde etkin kapasitede çalışan doğalgaz dönüşüm santrallerinin hızlı kurulabilmesi, diğer fosil yakıtlara göre daha az sülfür dioksit ve karbon dioksit atıkları açığa çıkarması nedenleriyle doğalgaz talebi sürekli artmaktadır. Kış aylarında evsel kullanımda ve elektrik enerjisinin yoğun kullanıldığı dönemde artan elektrik ihtiyacı nedeniyle doğalgaz talebinde mevsimsel artışlar söz konusudur. Doğalgaza giderek artan talep, özellikle de enerji üretimi dikkate alındığında, yeni jeopolitik gelişmelere ve uluslararası planda yeni bağımlılık ve saflaşmalara yol açabilecektir (Ağaçbiçer, 2010).

Sanayi tarafından tüketilen elektrik enerjisinin az sayıda merkezi santral yerine, dağılmış bir şekilde endüstriyel tüketim yerlerinde üretilmesi ulusal güvenliğe katkı sağlamaktadır. İşletmenin azalan toplam enerji giderleri, nihai ürün kalitesini düşürmeden maliyetini azaltacak, şirketin rekabet gücü artacaktır. İşletmenin enerji temin güvencesi olacak, üretim kesintilerinin yol açtığı zararlar ortadan kalkacaktır. Şekil 2.14'te doğalgaz çevrim santrali görülmektedir.



Şekil 2.14. Doğalgaz çevrim santrali (Anonim, 2011)

Elde edilen her kWh enerjiye karşılık çok daha az CO₂, NO_x ve SO₂ gazları atmosfere bırakılmaktadır. Günümüz koşulları göz önünde bulundurulduğunda yakıt rezervlerinin azalması, dünya çapında rekabetin ters orantılı bir şekilde artması veya genellikle kullanılan sistemlerdeki düşük verim; ısı ve enerjinin bir arada üretilmesine olanak sağlayan yüksek verimli kojenerasyon sistemlerin kullanılmasını ve hızlı bir şekilde yaygınlaşmasını sağlamıştır (Anonim, 2016).

2.6 Deşarj Kriterleri Belirlenmesine Yönelik Ülkelerin Mevzuatları

İngiltere, kentsel ve endüstriyel atıksu deşarj limitlerini “Kuzey İrlanda Çevre ve Miras Servisi Departmanı” ile “İngiltere ve İskoçya Çevre Ajansları” belirlemektedir. İngiltere, Kentsel Atıksuların Arıtımı Direktifi’nin uygulamasına 1995 yılında geçmiştir. Atıksu arıtma tesislerinden kaynaklı atıksular ve birleşik kanalizasyon sisteminin taşkın suları deşarj iznine tabi tutulmaktadır (Anonim, 2005).

İngiltere Çevre Ajansı tarafından suların risk derecesine bağlı olarak deşarj limit değerleri;

- Kanalizasyon, nehir, körfez ve kıyı sularına deşarj edilen atıksuyun kirletici miktarının hesaplanması,
- Deşarjların büyüklüğüne göre filtrelemenin yapılması,

- Detaylı olarak modelleme çalışmasının yapılması,
- Karışım bölgesinin hesaplanması ve
- Suyun risk derecesinin hesaplanması olmak üzere beş kademedен oluşmaktadır (Anonim, 2011).

Hollanda’da Entegre Su Yönetimi Komisyonu (CIW, 2005) soğutma suyu deşarjı için yeni kılavuz hazırlamıştır. Parametreler ve kriterler Tablo 3’de özetlenmektedir. İç sularda (nehirler), ısı deşarj limitlerine ulaşılırken, denizde benzer ısı deşarjı, deşarjın denizde yeterince uzakta olması ve karışım bölgesinin deniz tabanına ulaşamaması kaydıyla çok daha az problem oluşturmaktadır. Bu yoğun karışım (gelgit akımları) ve ısıyı absorbe eden ve uzaklaştıran çok büyük miktarda suyun varlığı nedeniyledir (Çizelge 2.3).

Deniz suları üzerinde termal deşarjların potansiyel çevresel etkileri bakımından belirleyici faktör, organizmaları içeren soğutma suyunun çekilmesidir. Bu bağlamda, “sürüklenme” (soğutma sistemi ile çekilen organizmalar) ve “sıkışma” (elek üzerinde kalan organizmalar) arasında bir ayırım yapılır. Ekolojik açıdan, kıyı bölgesi ve nehir ağızları (özellikle yumurtlama ve yavru balıklar için yetiştirme alanları söz konusu ise) çok değerli alanlar olarak sınıflandırılır. Bu nedenle, balık yumurtlama ve yetiştirme alanlarından veya göç yollarından su çekimi yapılmaması ve uygun bir balık geri dönüş sistemi kullanılması önemlidir (Ardalı, 2015).

Çizelge 2.3. Termal deşarjlar için CIW kılavuzu (Anonim, 2005)

Parametre	Eski mevzuat (2000)	Yeni mevzuat (2005)
Soğutma suyu sıcaklığı (T)	$\leq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$	
Soğutma suyu sıcaklık artışı (ΔT)	Tatlı su: Yazın $\leq 7\text{ }^{\circ}\text{C}$ Kışın $\leq 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ Deniz suyu: Yazın $\leq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ Kışın $\leq 15\text{ }^{\circ}\text{C}$	
Alıcı ortamda sıcaklık artışı	$\leq 3\text{ }^{\circ}\text{C}$	Alıcı ortam sıcaklığına göre $\leq 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ Maksimum $28\text{ }^{\circ}\text{C}$
Kanallar/gelgit suları/nehirler		
Su çekimi		Balık yumurtlama alanlarına önemli etkisi olmamalıdır. Uygun sistemler kullanılarak balık geri dönüşü sağlanmalıdır. Soğutma suyu debisi azaltılmalıdır (optimizasyon).

Çizelge 2.3. (devamı) Termal deşarjlar için CIW kılavuzu (Anonim, 2005)

Karışım bölgesi ($T > 30\text{ }^{\circ}\text{C}$)		Su ortamının kesit alanının $< 25\text{'i}$
Körfezler		
Su çekimi		Mümkün olduğunca düşük miktarda su çekimi yapılmalıdır. Balık yumurtlama alanlarından çekim yapılmamalıdır. Uygun sistemler kullanılarak balık geri dönüşü sağlanmalıdır.
Karışım bölgesi ($T > 30\text{ }^{\circ}\text{C}$)		Su ortamının kesit alanının $< 25\text{'i}$
Kuzey Denizi		
Su çekimi		Mümkün olduğunca düşük miktarda su çekimi yapılmalıdır. Balık yumurtlama alanlarından çekim yapılmamalıdır. Uygun sistemler kullanılarak balık geri dönüşü sağlanmalıdır.
Karışım bölgesi ($T > 30\text{ }^{\circ}\text{C}$)		Karışım bölgesi deniz tabanına ulaşmayabilir.

3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

Bu çalışmada Karadeniz Bölgesi özelinde endüstriyel soğutma sularının DDD tasarım kriterlerine göre senaryoları üretilmiş ve bu varsayımlar neticesinde kullanılan model yardımıyla Karadeniz için çıkarımlar yapılmıştır. 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 Model Seçimi

Model; bir sistemin değişen koşullar altındaki davranışlarını incelemek, kontrol etmek ve geleceği hakkında varsayımlarda bulunmak amacı ile elemanları arasındaki bağıntıları kelimeler veya matematiksel terimlerle belirleyen ifadeler topluluğudur. Modelleme, belirli bir hedefi yakalayabilmek için asıl bilgiler veya deneyimleri benzeştirmek veya gerçek bir sistemi tanımlayabilmek için uygulanan bir prosestir.

Cormix, bir su kalitesi modelidir. Noktasal atıksu deşarjlarından kaynaklanan karma bölgelerin çevresel etki değerlendirmesine karar destek sistemi olarak dizayn edilmiştir. Noktasal kaynaklardan deşarj edilen atıksu karakteristiğinin karışım tabakasındaki çevresel etkisini değerlendirmek üzere kullanılan su kalitesi modeli olup 3 alt sistemde incelenir.

- Cormix 1: Nehir, göl ve haliçlerde tek bir noktada olan deşarjın çevresel etkisini analiz etmede
- Cormix 2: Çoklu deşarj yayılım karakteristiğini
- Cormix 3:Yüksek hassasiyete alıcı su ortamında pozitif ve nötral yoğunluğunu analiz eder.

Cormix hidrolik modelleri PDSG, UM ve UDKHG modellerine benzer yakın alan integral modellerini, RSB'ye benzer uzunluk ölçeği deneysel modellerini ve Plumes içindeki birbirine benzer ortam pasif dağılım modellerini içerir. İlk etapta hidrolik hesaplamalar yapılır, Cormix düzenlemeler ve Plumes davranışı hakkında bir özet rapor içinde tahminler üzerine bir rapor hazırlar. Sonuçlar grafik form içinde tahminlerin görüldüğü seçmeli grafik paketi kullanılarak, grafiksel olarak ayrıca incelenebilir. Cormix 1 yönlendirici yapısıyla kolaylıkla elde edilen sonuçlarla

herhangi bir karışım bölgesinin asıl analizlerini yapabilir. Bunun için karışım bölgesi ile ilgili kısa bilgiler yeterlidir.

Cormix programının içeriğinde;

- Tek yada birden çok boru dağıtıcısı batık (dip) ve yüzeyden yapılan deşarj, pozitif ve negatif yüzebilir deşarj,
- Tek yönlü dağıtıcılar,
- Çok yönlü dağıtıcılar,
- Değişen borular ya da yükselticiler (basamaklar, birden çok boruda gittikçe yükselen),

Cormix, ayrıca jet trajektörü ve seyrelme karakterlerini hesaplamada, jet integral modelini içermektedir. Aslında Cormix'in ana içeriği başlangıç karışım alanını hesaplamaya dayanır. Tek bir sistemde uyku-disiplin modelleme paketlerini içeren daha fazla seçenekte geliştirilmiştir. Böyle bir başka sistem ise Delft 3D modeli, akım modülü, kirlenici taşınım modülü, su kalite modülü vb. kısımları, Dubai Palm Adası çakışmasında kullanılmıştır. Delft 3D sonuçları, Palm Adasının su kalitesine bakmayı sağlamıştır. Ayrıca sediman taşınımı, deniz yatağında, morfolojik değişimleri ve kıyı alanında tarama etkilerini içermektedir. Mevcut metotları ve modelleme paketlerini iyileştirmek için, bunlarda mevcut kullanılan farklı yaklaşımlar ve metotların, kuvvetli ve sınırlayıcı yönlerini anlamak gerekir. Teknikleri yetersiz kullanmak çevresel problemlerin izlenmesinde gerçekçi olmayan bilgileri kullanmamıza neden olur. Modelleme teknikleri, kullanılan matematiksel metotlara ve deniz deşarjlarındaki fiziksel proseslere (Örneğin yakın-alan ve uzak-alan modelleme) ve bazı mevcut modelleme paketlerine göre kategorize edilir (Ardalı, 2015).

3.2 Endüstriyel DDD Hatlarının Karadeniz'deki Mevcut Durumu

3.2.1 Samsun-Cengiz Enerji DDD hattının mevcut durumu

Samsun – Cengiz Enerji enerji üreten bir tesis olarak çalışmaktadır. Soğutma suyu amacıyla denizden aldığı suyu tekrar denize DDD ile vermektedir.

Deniz kısmında bulunan su alma boru hatları, en uzun hat olarak kıyından itibaren 977 m uzunluğundadır. Proje kapsamında, 60000 m³/sa soğutma suyu ihtiyacı denizden ve 60000 m³/saat santral soğutma suyunun denize deşarjı mevcut 2 adet HDPE ve ilave 2 adet GRP boru ile yapılmaktadır. Mevcut durumda (1 hat

yedekli olacak şekilde) 4 adet 1600 mm HDPE su alma boru hattı ve 2 adet 1600 mm HDPE deşarj hattı yapılmış bulunmaktadır. Kapasiteyi arttırmak amaçlı deşarj hattına ilave olarak 1 hat yedekli olacak şekilde 2 adet GRP 2500 mm deşarj borusu eklenmiştir. Deşarj hatlarında toplamda 22 adet (6+5+6+5 adet her bir hatta ayrı ayrı) 800 mm HDPE difüzör çıkış bacaları deniz tabanından 1 m yükseklikte olacak şekilde konumlandırılmıştır. Bu hatlardan mevcut durumda 11'i kullanılmakta olup kapasite artırma çalışmaları ile 17'si aktif olarak kullanılacak ve 5'i yedek olarak bulundurulacaktır. Seyrelme hesapları, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın, deniz deşarjlarındaki yönetmeliklerine uygun olarak yaz ve kış aylarındaki deniz suyu ortam sıcaklıklarını $+1^{\circ}\text{C}$ artışını geçmeyecek şekilde hesaplanmıştır (Ardalı, 2015).

Tesisten kaynaklanan evsel nitelikli atıksular, tesisin yanında bulunan Cengiz Enerji 132 MW Çift Yakıtlı Kombine Çevrim Enerji Santralinde mevcut olan biyolojik atıksu arıtma sisteminde arıtıldıktan sonra deşarj edilmektedir.

Tesisin atık ısı kazanlarından oluşan kazan blöf suları ve gaz türbinlerinin yoğunlaşma suları 5000 tonluk ham su tankında toplanarak, tesisin saf su ihtiyacını karşılamak üzere kurulan demineralizasyon ünitesinde saf su temininde tekrar değerlendirilmektedir. Ancak demineralizasyon ünitesinde saf su üretiminden kaynaklanan ters ozmoz çıkış suları ve filtre ters yıkama suları oluşmaktadır. Söz konusu atıksular deşarj edilmeden önce nötralizasyon havuzuna alınarak HCl ile pH dengesi sağlandıktan sonra 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe giren, "Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği" Tablo 20.7'de verilen Su Yumuşatma, Demineralizasyon ve Rejenerasyon, Aktif Karbon Yıkama ve Rejenerasyon Tesisleri, Endüstriyel Nitelikli Diğer Atıksuların Alıcı Ortama Deşarj Standartlarına uygun olarak deşarj edilmektedir.

DDD toplama havuzundan alınan su, korozyon etkisinden dolayı direk olarak gaz türbinlerinin soğutulması işleminde ve kondense de kullanılamaz. Bu nedenle sistemi soğutmak için demineralizasyon ünitesinde üretilen saf su kullanılır. Söz konusu saf su soğutma işlemi sırasında ısınır, deniz suyu ise ısınan saf suyun soğutulması işleminde kullanılmaktadır. Ayrıca denizden alınan su, buhar türbininin kondens suyunun yoğunlaştırılması için kondenserde de kullanılacaktır. Bu işlemler sırasında denizden gelen tuzlu su ile sistem içerisinde sirküle olan tatlı su hiçbir şekilde temas etmez veya karışmaz. Yalnızca ısı transferi ile saf suyun soğuması sağlanır. Kısacası deniz suyu, kapalı sistem olarak çalışan saf soğutma suyunun soğutulması işleminde

kullanılır ve saf su ile hiçbir şekilde karışmadan ve sıcaklık parametresi dışında yapısında hiçbir değişiklik olmadan deşarj hattına verilir.

Soğutma suyu DDD hattı zemine gömülü olarak geçirilmiştir, difüzör ise açıktadır. Difüzör boyu 98 m'dir ve her bir difüzör üzerinde 11 adet delik mevcuttur. Yan yana iki tane difüzör mevcuttur. İkisi de aktif durumdadır. Difüzörün bulunduğu derinlik -20 m'dir. Hat uzunluğu 676 ve 668 m'dir. Deşarj hattı planlanırken herhangi bir koruma bölgesi tanımlanmamıştır (Ardalı, 2015).

3.2.2 Samsun-OMV Enerji DDD hattının mevcut durumu

Samsun – OMV Enerji doğalgaz kombine çevrim santrali enerji üreten bir tesis olarak çalışmaktadır. Denizden aldığı soğutma amaçlı suyu tekrar denize DDD ile vermektedir.

Sistemde DDD öncesi farklı atıksu kaynakları bulunmaktadır. Atıksulara tiplerine bağlı olarak biyolojik, kimyasal ve fiziksel arıtım uygulanmaktadır.

Deşarj edilen atıksuyun %99'u soğutma suyu olduğu için sadece termal seyrelme göz önüne alınmıştır. Sistemde iki adet deşarj hattı olduğu bu hatların kara dahil uzunlukları; batı boru hattı 604.27 m, doğu boru hattı 601.27 m'dir. Kara hariç deniz hattı ortalama 412 m olarak projelendirilmiştir. Sistemin ulaştığı derinlik -9 m olarak verilmiştir (Ardalı, 2015).

3.2.3 Zonguldak-Eren Enerji DDD hattının mevcut durumu

EREN Enerji Elektrik Üretimi A.Ş. kömür yakılması suretiyle elektrik üreten bir termik güç santralidir. Toplam ısıl gücü 300 MWt (Megawatt termal) ve daha fazla olan termik güç santralleri ile diğer yakma sistemleri sınıfında değerlendirilmektedir.

EREN Enerji Elektrik Üretimi A.Ş.'de 3 ünite mevcuttur. Birinci ünite 160 MW gücünde (ZETES I) hava soğutmalı, ikinci ünite 2x615 MW kapasiteli (ZETES II) su soğutmalı sistemdir. Bu sistemde denizden alınan su kullanılıp tekrar denize verilmektedir. Tesis kapalı sistem çalışmaktadır. Üçüncü ünite (ZETES III) yapım aşamasındadır. Bu nedenle ZETES II' ye ait deniz deşarjı incelenmiştir.

Proje raporundan edinilen bilgiye göre; deşarj hattının dalga etkisinden korunabilmesi için tamamı ile deniz tabanının altına gömülmesi ve üzerinin taş anroşman ile kapatılmasına karar verilmiştir. Bu amaçla, ZETES II Santrali deşarj hattı borularının deniz içinde kalan kısmının, deniz tabanına gömülmesi

öngörülmüştür. Bu metodun seçilmesindeki en önemli neden, bölgenin nispeten sert sayılabilir dalga iklimidir.

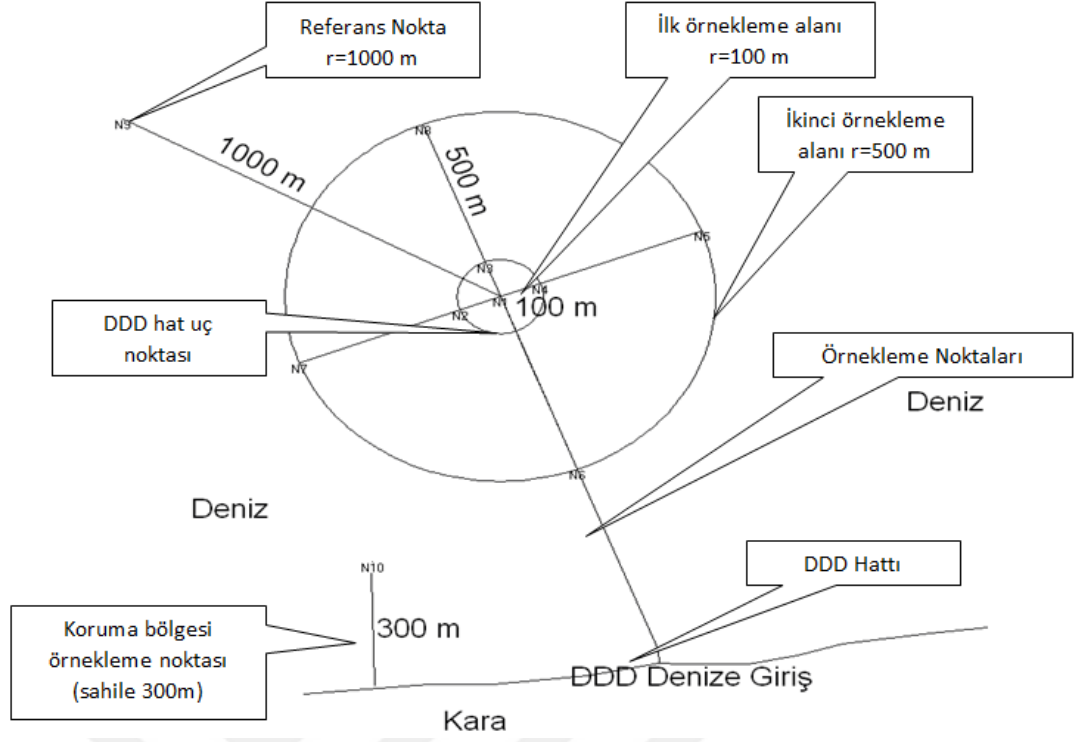
Hattın ana mendireğin kara bağlantı kolu boyunca 700 m kadar bir mesafeyi 2400 mm'lik 4 adet boruyla geçerek yaklaşık -18 m derinliğe kadar getirilmesi ve bu noktadan itibaren de aralarında 30°'lik açılanma yapılacak biçimde dallandırılması uygun görülmüştür. 4 ayrı difüzör hattı mevcuttur. Her bir deşarj hattı üzerinde 31 adet olmak üzere toplam 124 adet delik bulunmaktadır. 350 mm çapında olan deliklerin hat boyunca ara mesafeleri 5 m ve her bir deliğin komşu deşarj hattı üzerindeki deliğe en yakın 20 m mesafede olacak biçimde yerleştirilmiştir. Derinlik -18 ve -21.6 m arasındadır ve toplam hat 1137 metredir.

Tesis sektör tablolarından Tablo: 9.7: Kömür hazırlama, işleme, enerji üretme tesisleri (kapalı devre çalışan endüstriyel soğutma suları) derin deniz deşarjları numune alma ve çevre izinleri kapsamında değerlendirilmektedir.

Tesiste yapılan incelemelerde deşarj ünitelerinin aktif olduğu ve sistemin çalıştığı belirlenmiştir. Tesiste soğutma suyu arıtımı, şartlandırma ve biyolojik oluşumu engellemek için kullanılan tüm kimyasal maddeler listelenmeli ve çıkış suyunda konsantrasyonları belirlenerek izlenmelidir. Ayrıca soğutma suyu denizden çekilerek tuzsuzlaştırma işlem uygulanarak tuzlu yoğun su tekrar denize verilmesi durumunda DDD projelendirilmesi, tasarım ve izleme işlemlerinde göz ardı edilmemelidir (Ardalı, 2015).

3.3 Su Örneklerinin Alınması

Numune alınan DDD hatları Şekil 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 Metotları Tebliği (R.G:10.10.2009/27372)" ve Türk Standartlarının güncel halleri dikkate alınır. Numune alım noktaları Şekil 3.2, Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.1. DDD hattı boyunca numune noktalarının seçimi (Ardalı, 2015)



Şekil 3.2. DDD hattı deniz suyu numune alma ve CTD ölçümleri (Ardalı, 2015)



Şekil 3.3. DDD hattı deniz suyu numune alma ve CTD ölçümleri (Ardalı, 2015)



Şekil 3.4. DDD hattı deniz suyu numune alma ve CTD ölçümleri (Ardalı, 2015)

Numune alınan noktaların derinlikleri Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Numune alma noktalarının derinlikleri (Ardalı, 2015)

Numune alma noktası	Derinlik (m)		
	Yüzey	Orta	Dip
N1	0.63	9.525	20.72
N2	0.88	8.16	17.4
N3	0.67	11.94	21.35
N4	0.43	10.04	19.54
N5	0.38	9.91	20.41
N6	0.46	12.89	22.1
N7	0.68	9.27	17.16
N8	0.93	14.28	23.94
N9	0.82	1.21	3.12
N10	0.47	2.27	2.62

3.4 Numune Alma Koruma ve Analiz Yöntemleri

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

Tüm su örnekleri 5 L hacimli Niskin şişeleri kullanılarak alınmıştır. Çözünmüş oksijen, pH, iletkenlik, sıcaklık ve derinlik ölçümleri için CTD cihazı (model 606) kullanılmıştır. Parçalanabilir organik kirleticilerin (BOİ₅) tayini için 1 L deniz suyu numunesi alınmış, bu numunelere koruyucu ilavesi yapılmamıştır. BOİ₅ için yapılan deneylerde Standart Metotlar kullanılmıştır (APHA, 1999). Deniz suyu numunelerinde analizi yapılan parametreler için kullanılan analiz yöntemleri Çizelge A.1.’de verilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

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

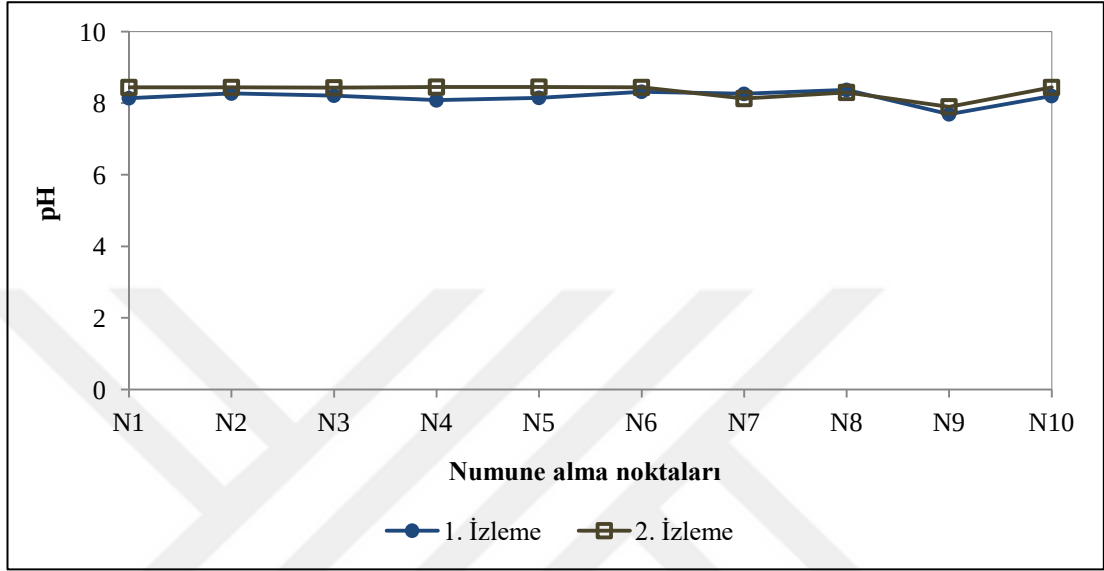
DDD hattının verimliliğinin belirlenmesi amacıyla Karadeniz’de 2015 yılının yaz ve sonbahar dönemlerinde deniz ortamında pH, sıcaklık, çözülmüş oksijen ve BOI_5 parametrelerine ait bulgular elde edilmiştir. Deniz suyu örneklerinde SKKY “Derin Deniz Deşarjı için Uygulanacak Kriterler” başlıklı Tablo 23 kapsamında yer alan sıcaklık parametresinin modelleme çalışması Karadeniz koşulları göz önünde bulundurularak farklı senaryolarda gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.1. SKKY Tablo 23’e göre DDD için uygulanacak kriterler (Anonim, 2004)

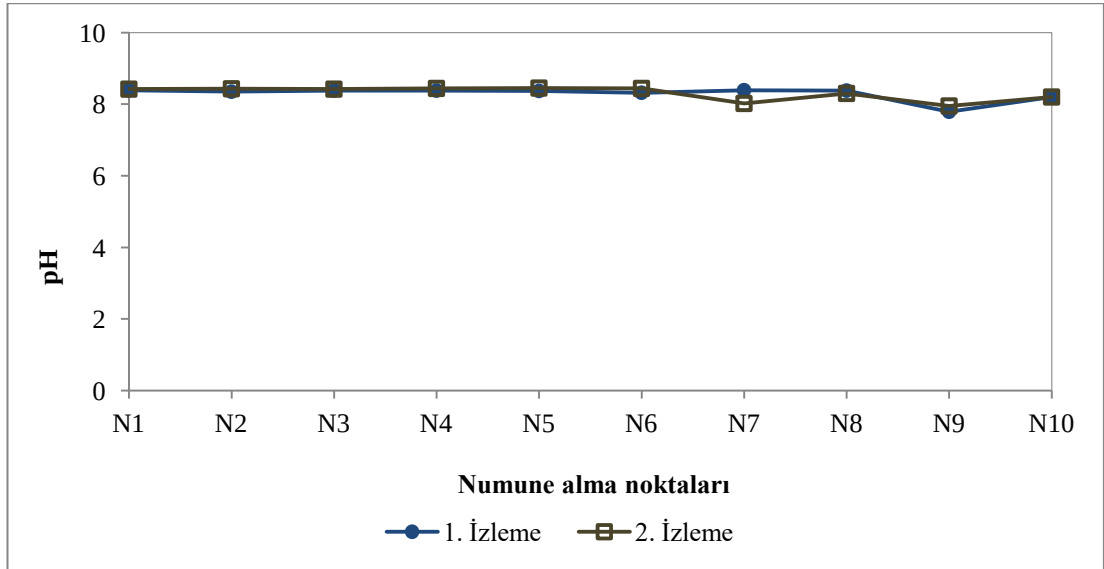
Parametre	Limit
Sıcaklık	Deniz ortamının seyreltme kapasitesi ne olursa olsun, denize deşarj edilecek suların sıcaklığı 35°C’yi aşamaz. Sıcak su deşarjları difüzörün fiziksel olarak sağladığı birinci seyrelme (S_1) sonucunda karıştığı deniz suyunun sıcaklığını Haziran-Eylül aylarını kapsayan yaz döneminde 1°C’den, diğer aylarda ise 2 °C’den fazla arttıramaz. 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 arttırmayacak 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.

DDD hattının verimliliğinin belirlenmesi amacıyla 2015 yılı Temmuz ve Eylül ayında deniz ortamında gerçekleştirilen 1. ve 2. izleme döneminde elde edilen çeşitli parametrelere ait bulgular aşağıda verilmiştir. Deniz suyu örneklerinde SKKY “Deniz Suyunun Genel Kalite Kriterleri” başlıklı Tablo 4 ve Tablo 23 kapsamında yer alan pH, sıcaklık, çözülmüş oksijen ve BOI_5 parametrelerinin analizleri gerçekleştirilmiştir.

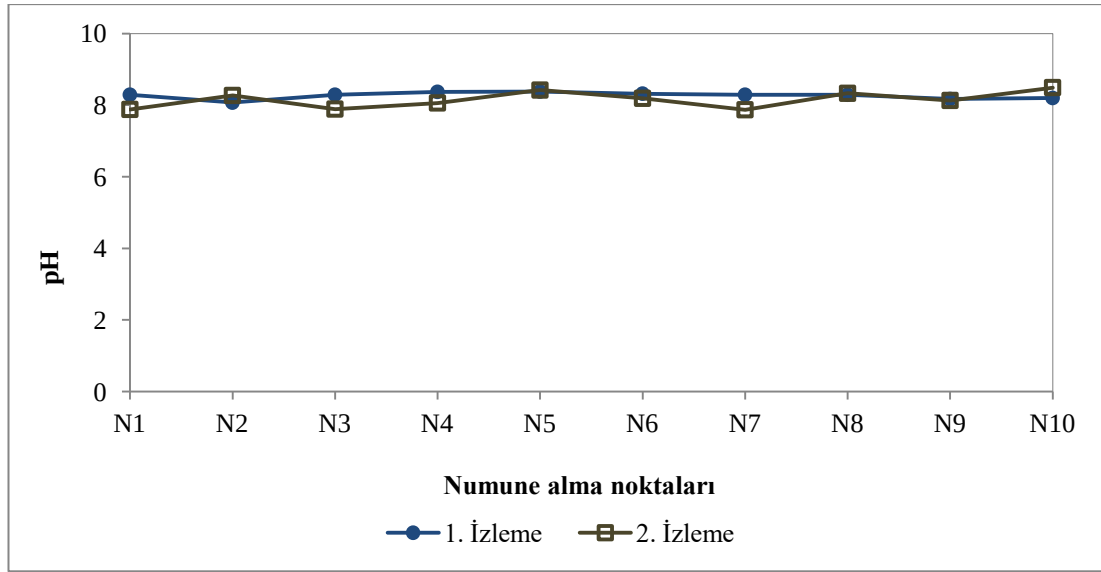
Deniz suyu örneklerinin pH değeri 1. izlemede 7.69-8.39, 2. izlemede 7.88-8.44 arasında değişim göstermiştir. Ölçülen pH değerleri 1. ve 2. izleme noktalarında SKKY Tablo 4’de belirtilen sınırlar içindedir. DDD hattının, her iki izleme döneminde örnekleme noktalarına göre pH değişimleri Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’te verilmiştir.



Şekil 4.1. DDD hattı için deniz suyu yüzey bölge örnekleri (2015)



Şekil 4.2. DDD hattı için deniz suyu orta bölge örnekleri (2015)

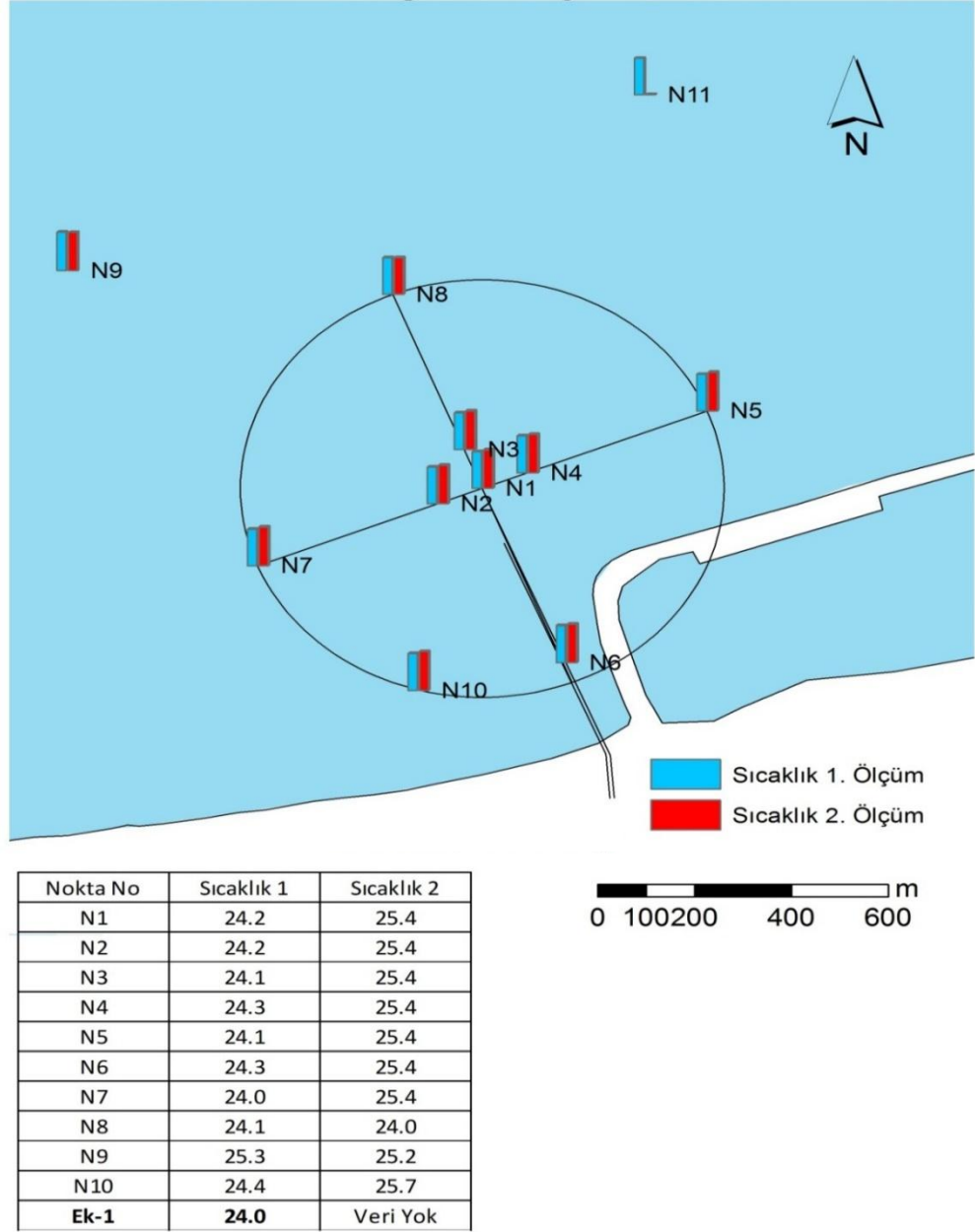


Şekil 4.3. DDD hattı için deniz suyunda pH değerleri (dip bölge örnekleri, 2015)

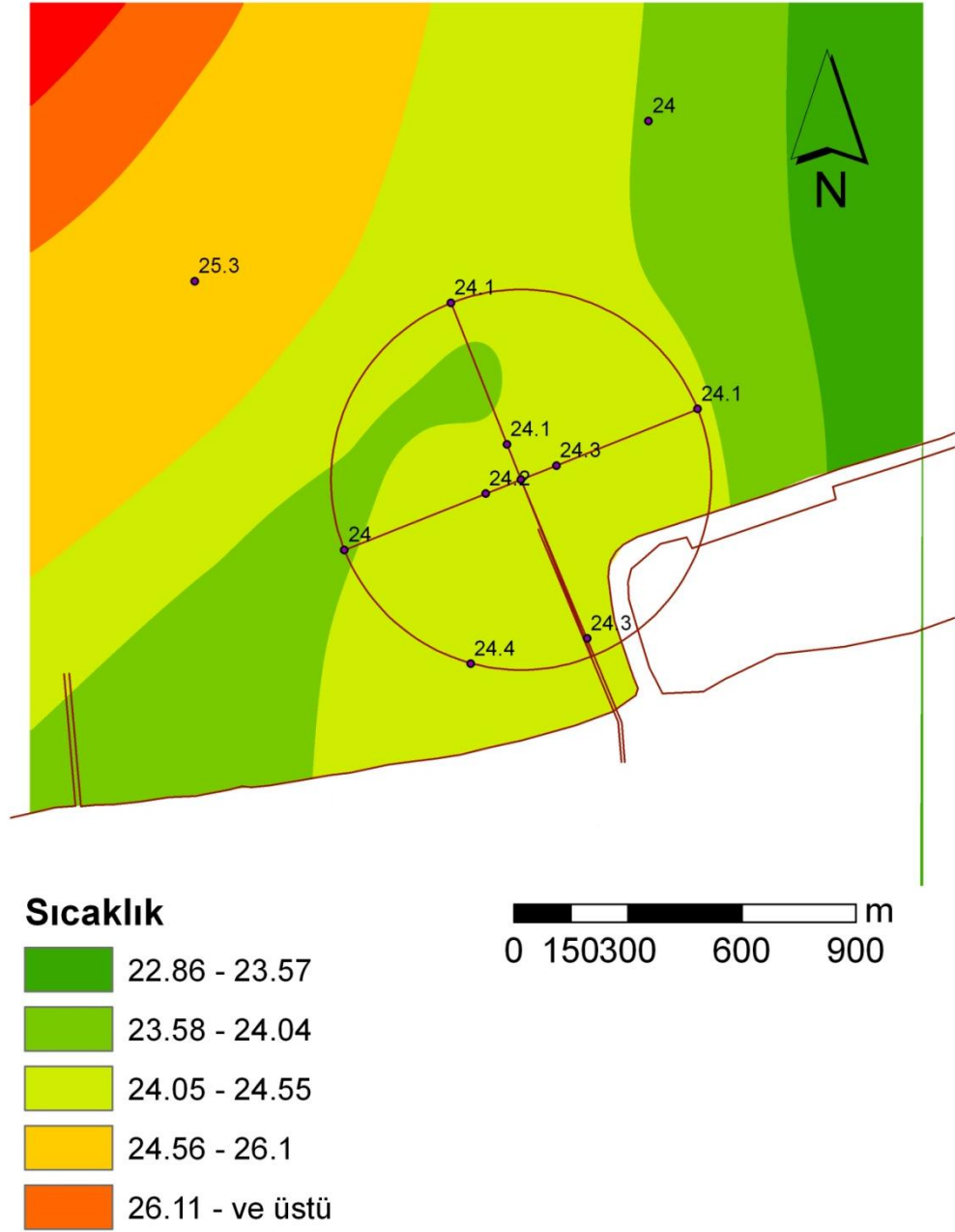
DDD hattı girişinde soğutma suyu sıcaklığı 19.3°C'dir. DDD hattının difüzör çıkışı üzerindeki N1 noktasında deniz suyu sıcaklığı 1. izlemede yüzey suyunda 24.2°C olarak ölçülmüştür. Sıcaklık diğer noktalarda, yüzey suyunda 24.0-24.4 °C arasında değişmektedir. Kıyıya en yakın N6 ve N10 noktalarında yüzeyden derinliklerden alınan deniz sularında sıcaklık değerleri, N1 noktasından az da olsa daha yüksek bulunmuştur. N6 ve N10 noktasında deniz suyunda yüzeyde sıcaklık değerleri sırasıyla 24.3 °C ve 24.4 °C olarak ölçülmüştür. İkinci izlemede N8 ve N9 noktalarında deniz suyu sıcaklığı yüzeyde N1 noktasından daha düşük olarak ölçülmüştür. Diğer noktalarda yüzey suyu sıcaklığı N1 noktası ile aynıdır. Sadece kıyıya yakın N10 noktasında sıcaklık N1 noktasından daha yüksek olarak 25.7 °C olarak ölçülmüştür (Şekil 4.4 ve Şekil 4.5).

SKKY Derin Deniz Deşarjları İçin Uygulanacak Kriterler başlıklı Tablo 23'e göre deniz ortamının seyreltme kapasitesi ne olursa olsun, denize deşarj edilecek suların sıcaklığının 35.0 °C'yi aşmaması gerekmektedir. Ayrıca sıcak su deşarjlarının difüzörün fiziksel olarak sağladığı birinci seyrelme (S_1) sonucunda karıştığı deniz suyunun sıcaklığını Haziran-Eylül aylarını kapsayan yaz döneminde 1 °C'den, diğer aylarda ise 2 °C'den fazla arttırmaması gerektiği belirtilmektedir. Samsun Cengiz Enerji DDD sisteminden deşarj edilen soğutma suyunun sıcaklığı 35 °C'den daha düşüktür ve soğutma suyu deşarjının birinci seyrelme (S_1) sonucunda deniz suyunun

sıcaklığını 1 °C'den (Haziran-Eylül aylarını kapsayan dönemde) fazla arttırmadığı görülmektedir.

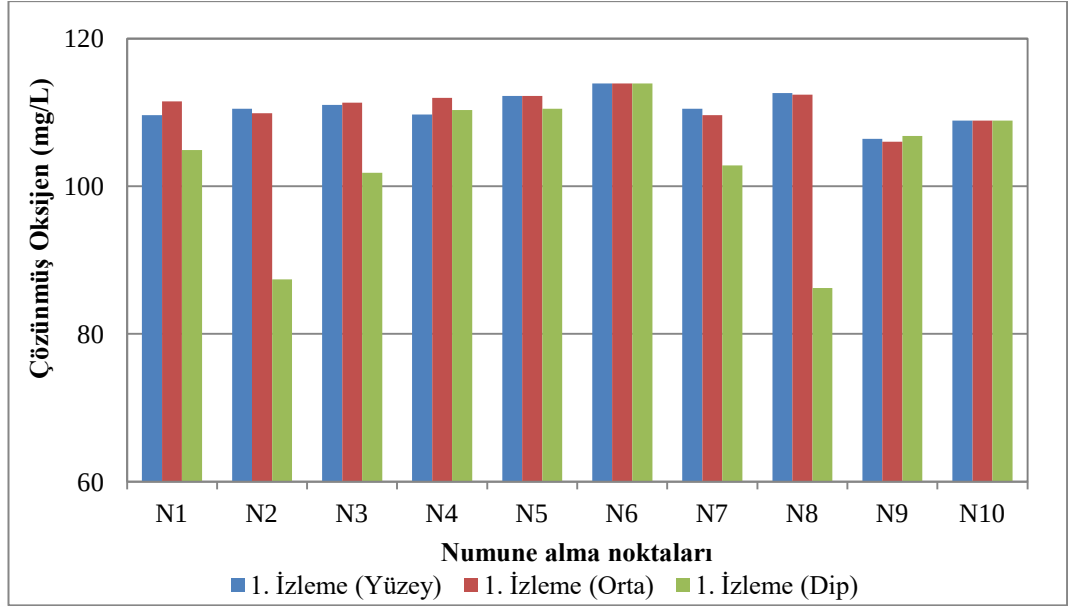


Şekil 4.4. DDD hattı sıcaklık değişimi (yüzey bölge, 2015)

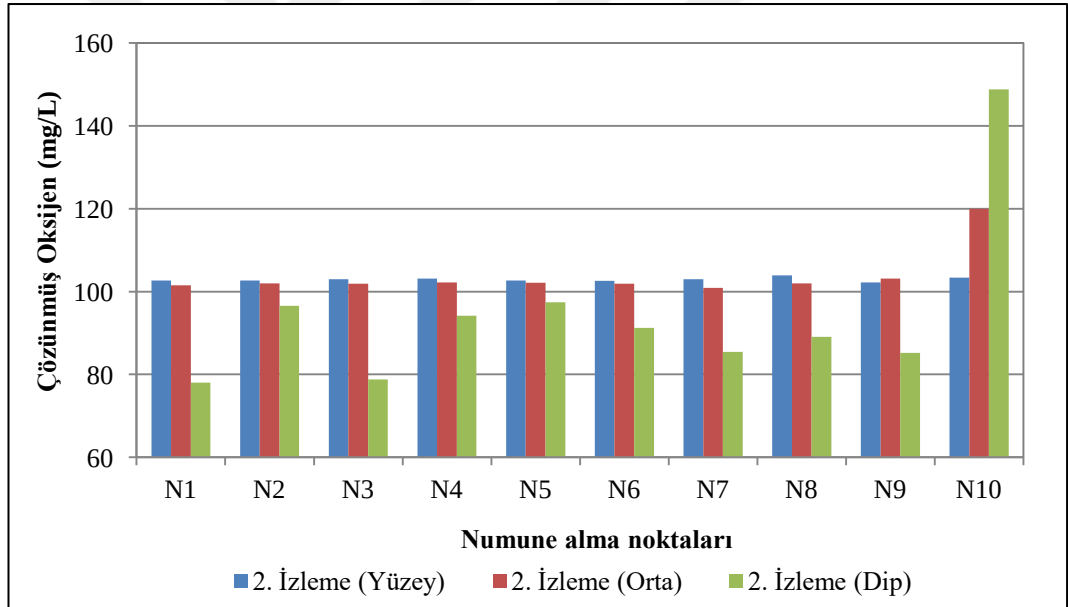


Şekil 4.5. DDD hattı sıcaklık tematik gösterimi (yüzey bölge, 2015)

DDD hattının, her iki izleme döneminde örnekleme noktalarına göre çözünmüş oksijen değişimleri Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de gösterilmiştir. DDD hattı boyunca 1. izlemede yüzey ve orta derinlikte çözünmüş oksijen doygunluk değerleri %90’ın üzerindedir. İkinci izlemede ise, dip örnekleme noktaları hariç bütün noktalarda %90’ın üzerinde bulunmuştur.

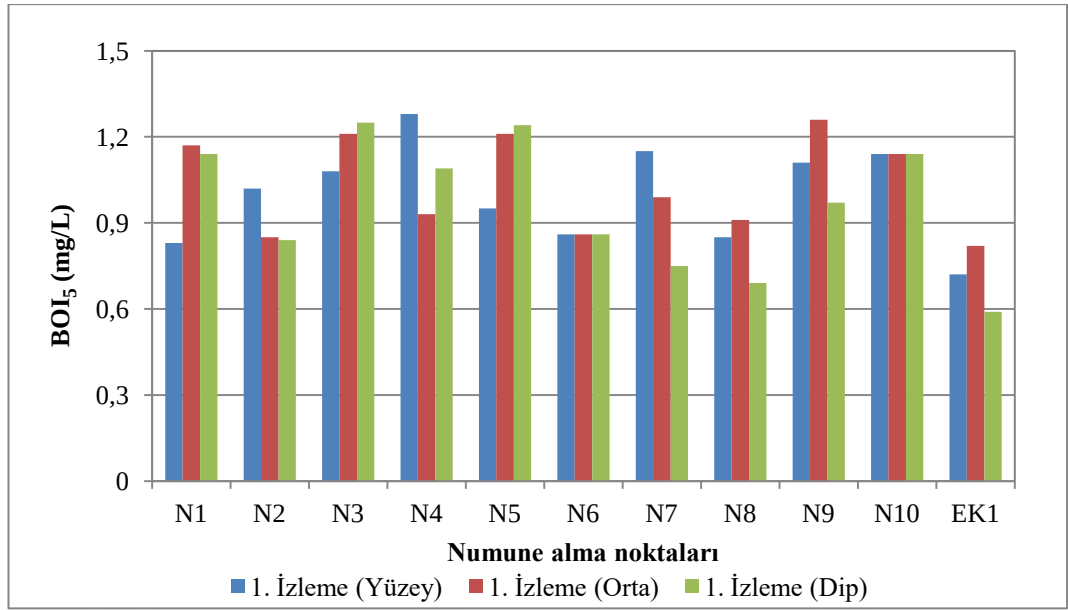


Şekil 4.6. DDD hattı için deniz suyunda çözünmüş oksijen (mg/L) değerleri (yüzey-orta-dip örnekleri) (yaz, 2015)

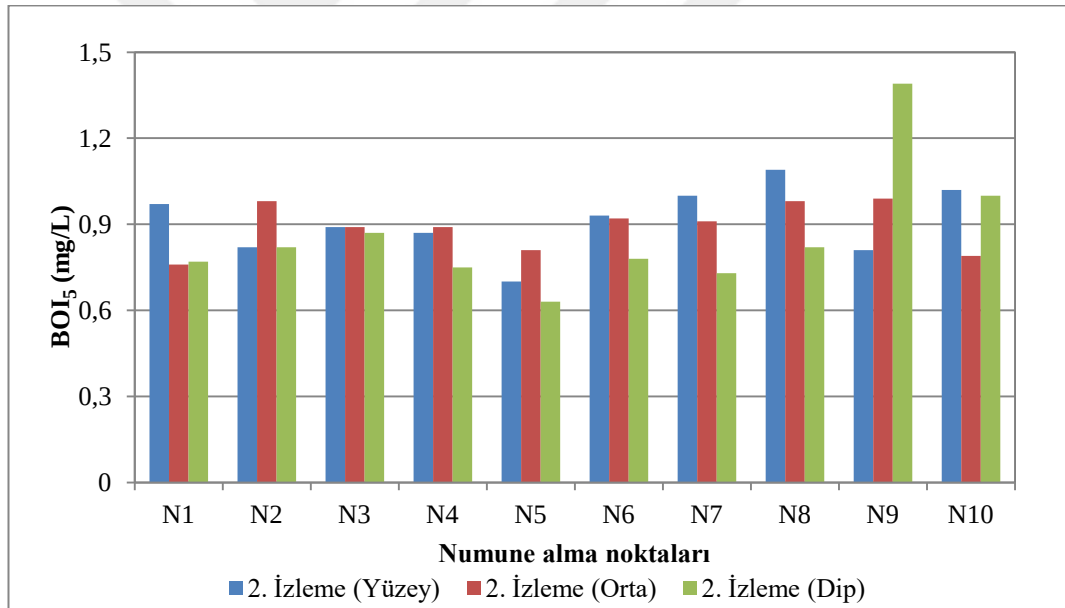


Şekil 4.7. DDD hattı için deniz suyunda çözünmüş oksijen (mg/L) değerleri (yüzey-orta-dip örnekleri) (sonbahar, 2015)

DDD hatlarının her iki izleme döneminde BOI_5 (mg/L) değerlerinin örnekleme noktalarına göre değişimleri Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’da gösterilmiştir. Deniz suyu örneklerinde BOI_5 değerleri genel olarak oldukça düşük seviyededir. DDD hattı boyunca alınan örneklerde 1. izlemede BOI_5 değerleri 0.59-1.28 mg/L, 2. izlemede 0.76-0.97 mg/L arasında değişmektedir.



Şekil 4.8. DDD hattı için deniz suyunda BOI₅ (mg/l) değerleri (yüzey-orta-dip örnekleri) (yaz, 2015)



Şekil 4.9. DDD hattı için deniz suyunda BOI₅ (mg/l) değerleri (yüzey-orta-dip örnekleri) (sonbahar, 2015)

4.2 Model Çalışmaları

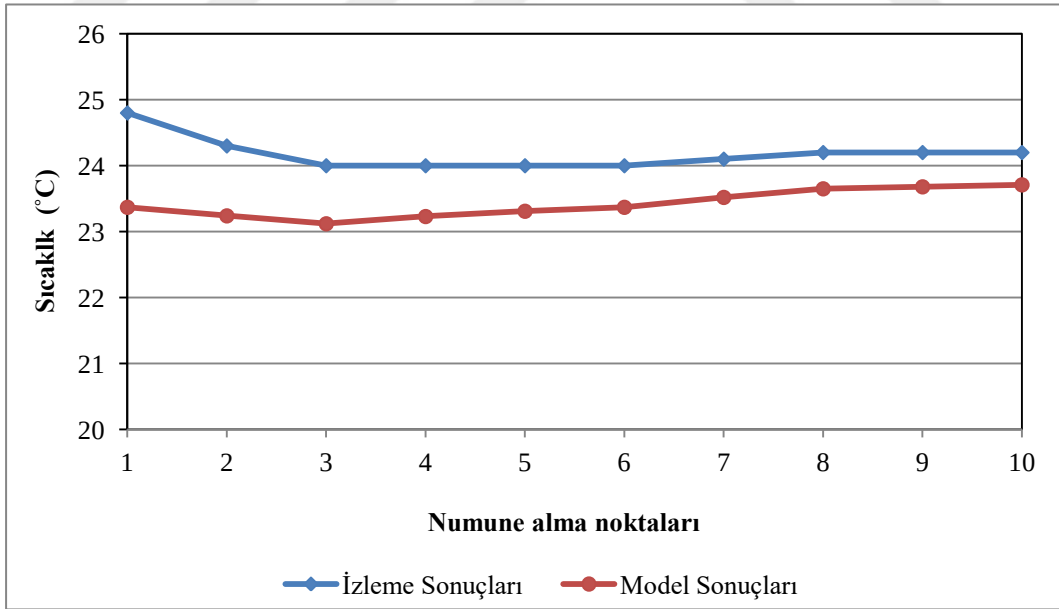
4.2.1 Cormix modelinin DDD sistemlerine uygulanması

Tez çalışması kapsamında, doğalgaz kombine çevrim santrali DDD örnek çalışma alanına Cormix 2 modeli uygulanmış; girdi ve çıktı dosyaları ve bunlara bağlı grafikleri sunulmuştur. Sıcak su deşarjında, sadece sıcaklık verisinin seyrelmesi

hesaplanmıştır. Model kalibrasyonu için, model sonuçları ve izleme sonuçlarının karşılaştırılmasında, tesis için model sonuçları ve analiz sonuçları arasındaki ortalama sıcaklık farkı 24.18 ± 0.74 olduğundan model kalibrasyonu sağlanmıştır. Sıcaklık değerleri için model ve ölçüm sonuçları tutarlı çıkmıştır (Çizelge 4.2, Çizelge 4.3 ve Şekil 4.10).

Çizelge 4.2. İzleme ve model sonuçlarının karşılaştırılması

* 19 m derinlikte 31° C sıcaklıkla deşarj edilmiştir.		
İzleme Sonuçları (°C)	Model Sonuçları (°C)	Sıcaklık Farkı (°C)
24.8	23.37	1.43
24.3	23.24	1.06
24	23.12	0.88
24	23.23	0.77
24	23.31	0.69
24	23.37	0.63
24.1	23.52	0.58
24.2	23.65	0.55
24.2	23.68	0.52
24.2	23.71	0.49
Ort= 24.18	Ort= 23.42	Ort= 0.74



Şekil 4.10. Model kalibrasyonu

Çizelge 4.3. Model veri envanteri

CORMIX VERİ HAZIRLIK KONTROL LİSTESİ			
Proje Lejant			
Proje Dosya Adı:		Tasarım Durumu:	
Yer Adı:		Hazırlayan:	Tarih:
AKIŞ VERİLERİ			
☐ Kirli Su Akış Yoğunluğu Yoğunluk ρ_0 :.....kg/m ³		☐ Temiz Su Akış Yoğunluğu ☐ Sıcaklık T_0 :.....°C ☐ Yoğunluk ρ_0 :.....kg/m ³	
☐ Deşarj Taşkın Konsantrasyonu: U_0 :.....m/sn		☐ Akış Debisi Q_0 :.....m ³ /s ☐ Akış Hızı	
Kirlenme Türü			
☐ Konservatif ☐ Konservatif Olmayan...../day ☐ Isıtılmış-ısı Kaybı Katsayısı:.....W/m ² /°C			
☐ Brine	☐ Sediman: Toprak:.....% Kum:.....% Kaba Silt:.....% İyi Silt:.....% Clay:.....% Toplam Sediman Konsantrasyonu:.....kg/m ³		
ORTAM GEOMETRİSİ / AKIM ALAN VERİLERİ			
Ortalama Derinlik H_a :.....m Deşarj Derinliği H_d :.....m		☐ Sınırlandırılmamış ☐ Sınırlı: Genişlik BS:.....m Appearance: ☐ Düzenli ☐ Hafif Kırılma ☐ Yüksek Ölçüde Düzensiz	
☐ Kararlı Ortam Debisi Q_a :.....m ³ /s Ortam Hızı U_a :.....m/s		☐ Kararsız Periyot.....hr Maksimum Hız U_m :.....m/s Anlık Gel-git Hızı U_a :.....m/s ☐ Zaman:.....hr ☐ Taşkın Öncesi Taşkın-Δ Zaman:.....hr ☐ Zaman:.....hr Taşkın Sonrası	
☐ Tek Eğim Eğim S :.....% Kıyıya yakın hız:.....m/s Kıyıya yakın Darcy-Weisbach f :.....		☐ Yakın ve Uzak Eğim ☐ Kıyıya yakın eğim S_1 :.....% ☐ Uzak Eğim S_2 :.....% ☐ Kıyıya yakın hız U_{a1} :.....m/s ☐ Kıyıya Uzak Hız U_{a2} :.....m/s ☐ Kıyıya Yakın Darcy-Weisbach f_1 :..... ☐ Kıyıya Uzak Darcy-Weisbach f_2 :..... ☐ Kırılma Noktası:.....m	
☐ Manning's n:.....		Rüzgar Hızı:.....m/s	
ORTAM YOĞUNLUK VERİLERİ			
Su Bünyesi: ☐ Temiz Su ☐ Kirli Su			
☐ Düzenli	Temiz: Sıcaklık:.....°C Yoğunluk ρ_a :.....kg/m ³		Kirli: Yoğunluk ρ_a :.....kg/m ³
☐ Katmanlı	☐ Model A Yoğunluk ρ :	☐ Model B: Piknoklin Yüksekliği:.....m	☐ Model C: Piknoklin Yüksekliği:.....m Sıcaklık:.....kg/m ³ /°C
☐ Tuzlu Su & Sediman Seviye 1 Yoğunluk ρ_1 :.....kg/m ³ Sub 1:.....m; Seviye 2 Yoğunluk ρ_2 :.....kg/m ³ Sub 2:m			
DEŞARJ GEOMETRİ VERİLERİ			
CORMIX 1 – Tek Port		CORMIX 2- Çoklu Port	
		CORMIX 3 – Yüzey Deşarjı	

Çizelge 4.3. (devamı) Model veri envanteri

En Yakın Kenar ☐ Sol ☐ Sağ En yakın yere mesafe:.....m Dikey Açı θ_0 :.....° ; Yatay Açı σ_0 :.....° Port Çapı D_0 :.....m Port Alanı A_0 :.....m ² Sualtı Dip Üzerinde Port Yüksekliği h_0 :.....m Yüzey Üzerinde Dip Üzerinde Port Yüksekliği:.....m ☐ Püskürtmeli ☐ Sprey ☐ Alan Deflektör Plaka: ☐ Birlikte ya da ☐ Dışarıda	En Yakın kenar ☐ Sol ☐ Sağ ☐ Tek Yönlü ☐ Aşamalı ☐ Altern. / Vert. N° Açıklıklarının:.....; Difüzör Uzunluğu.....m Dist. 1.Son nokta YB_1 :.....m Dist. 2. Uzak Son Nokta YB_2 :.....m Port Yüksekliği h_0 :.....m ; Port Çapı D_0 :.....m Daralma Oranı:..... Açılar (dereceler) Dikey Açı θ :.....° ; Yatay Açı σ :.....° Hizalama Açısı γ :.....° Relat.Orient.Açısı β :.....° Nozul Yönü: ☐ Aynı ya da ☐ Dışarı Fanlı	Deşarj Bölgesi ☐ Sol ☐ Sağ Yatay Açı σ :.....° Deşarj Çıkışında Lokal Derinlik:.....m ☐ Flush ☐ Eş Akışlı ☐ Çıkmıtlı: Distance from bank:.....m Deşarj Çıkışı ☐ Kanal: Birlikte:.....m; Derinlik b_0 :.....m ☐ Boru: Çap D_0 :.....m Dip İnvert Derinliği:.....m Kanal Girişinde Lokal Dip Eğimi:.....
KARMA TABAKA VERİLERİ		
☐ Toksik Olmayan Akış ☐ Toksik Akış ☐ WQ Standart:..... ☐ No WQ Standart CMC:..... CCC:.....		
☐ Belirli Karma Tabaka ☐ Belirsiz Karma Tabaka ☐ Yörünge:.....m ☐ Akıntı Yönü:.....m Birlikte:.....%/m ☐ Alan:.....% Model Uyguama Alanı:.....m Görüntüleme İçin Izgara Aralıkları:.....		

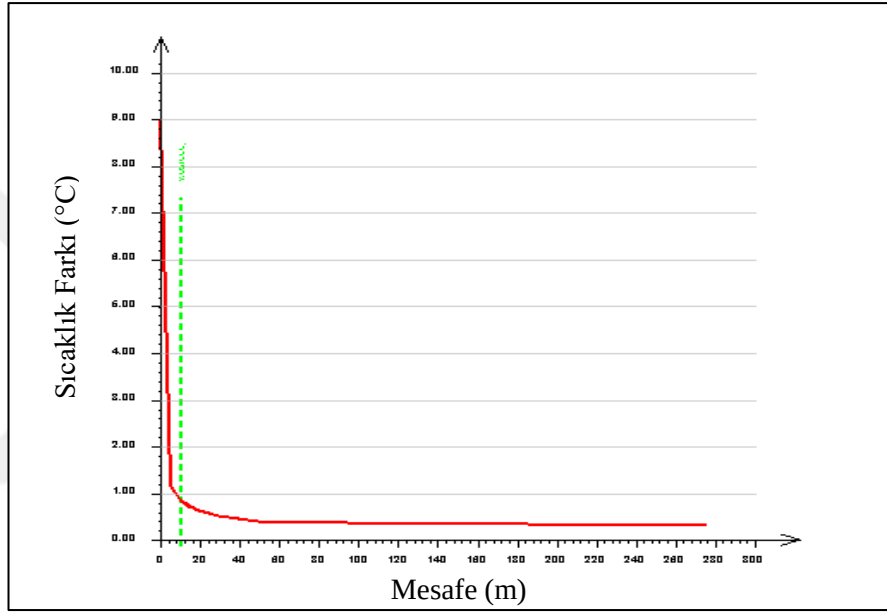
Tez çalışması kapsamında, model çalışmasını gerçekleştirmek amacıyla 6 farklı senaryo kullanılmıştır. Bu senaryoların ilkinde Doğu Karadeniz ortam koşulları göz önünde tutularak doğalgaz kombine çevrim santrali DDD örnek çalışma alanına Cormix 2 modeli uygulanmış, ikinci senaryoda Batı Karadeniz mevkiî seyrelme koşulları dikkate alınarak soğutma suyu DDD'na Cormix 2 modeli uygulanmış, üçüncü senaryoda Karadeniz ortamı koşullarına debisi ve sıcaklık farkı yüksek bir soğutma suyunun modellenmesi gerçekleştirilmiş, dördüncü senaryoda sıcaklık farkı ve difüzör boyu normal olmasına karşın debisi düşük olan bir endüstriyel tesisin DDD modellenmesi uygulanmış, beşinci senaryoda ortalama bir sıcaklık farkı ve atıksu sıcaklığı ile difüzör boyu kısa tutularak deşarj modellenmesi gerçekleştirilmiş, altıncı ve son senaryoda ise diğer senaryolara göre deşarj derinlik mesafesi kısa tutularak modelleme çalışması uygulanmıştır.

4.2.1.1 Senaryo - 1

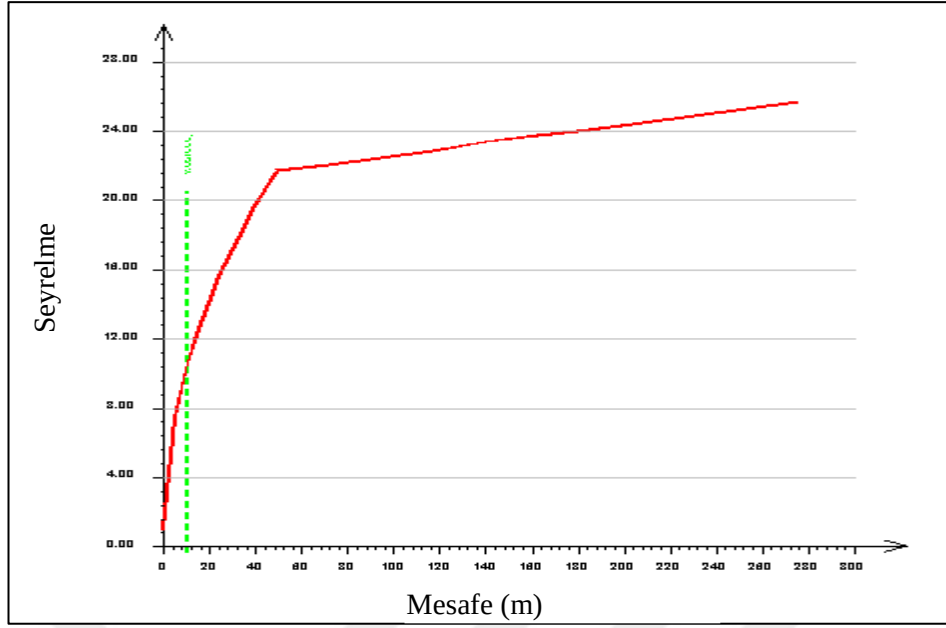
Cormix 2 modeli kullanılarak gerçekleştirilen senaryoların ilkinde, sıcaklık farkı 9°C, atıksu debisi 16.67 m³/s, atıksu sıcaklığı 31 °C, deşarj derinliği 18 m, akıntı hızı

0.074 m/s, difüzör boyu 100 m ve ortam yoğunluğu 1014 kg/m³ olarak alınmış ve modelleme sonuçları Şekil 4.11, Şekil 4.12, Şekil 4.13 ve Şekil 4.14’de verilmiştir.

Deşarj edilen suyun sıcaklığındaki değişim difüzöre olan mesafeye bağlı olarak sunulmaktadır. Şekil 4.16, 4.17’de yeşil kesikli çizgi 1 °C kriterinin sağlandığı bölgeyi göstermektedir. Sunulan sonuç şekilleri incelendiğinde, difüzör deliklerinden deşarj edilen sıcak su jetlerinin sıcaklıklarının henüz yüzeye ulaşmadan önce SKKY Tablo 23’te istenilen 1°C fark değerini 10 m’de sağladığı görülmektedir (Şekil 4.11 ve Şekil 4.12). Bu durumda, 9°C olan deşarj suyu ortam sıcaklığı fazlalık değeri, port çıkışlarından yatayda 10 m sonra 0.85°C seviyesine inmektedir.

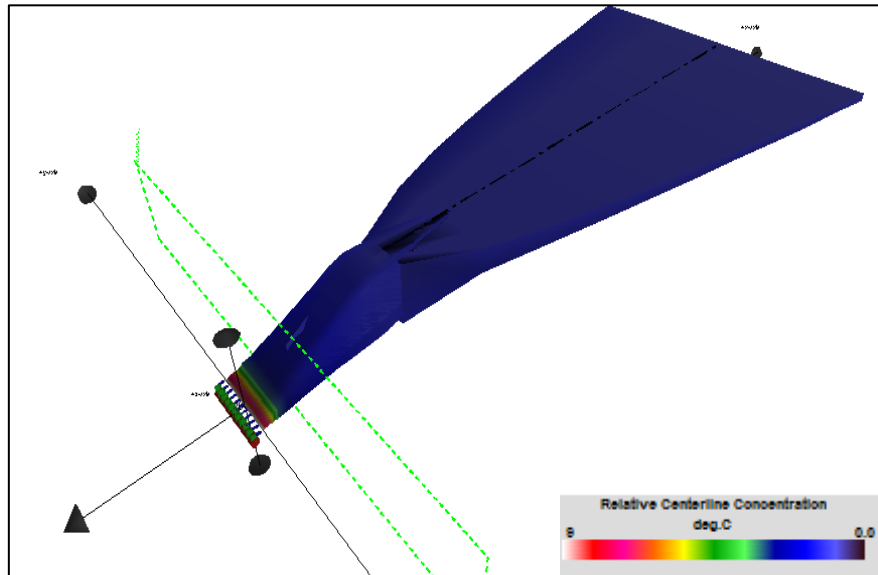


Şekil 4.11. Birinci senaryoya göre difüzörden çıkan sıcak su deşarjının ortam sıcaklığı ile arasındaki fark grafiği

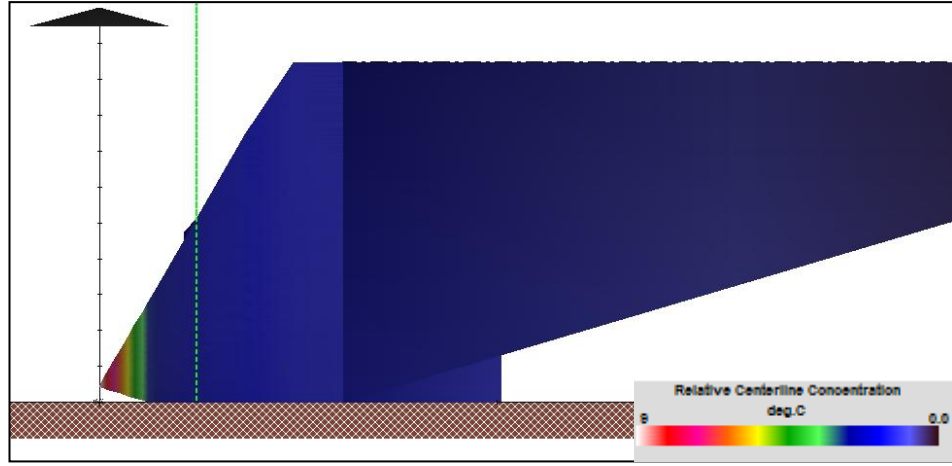


Şekil 4.12. Birinci senaryoya göre difüzörlerden çıkan deşarjın uğradığı seyrelme grafiği

Difüzörlerden çıkan atıksu ilk karışım bölgesinde izometrik görünüşle sunulmaktadır. Bu şekillerde, deşarj edilen atıksuyun sıcaklığındaki değişim renk kodlu olarak sunulmaktadır. Jet üzerinde gösterilmiş olan yeşil renkli kesikli çizgi, SKKY Tablo 23'te verilmiş olan 1°C su kalite standardının sağlandığı noktayı göstermektedir (Şekil 4.13, 4.14).



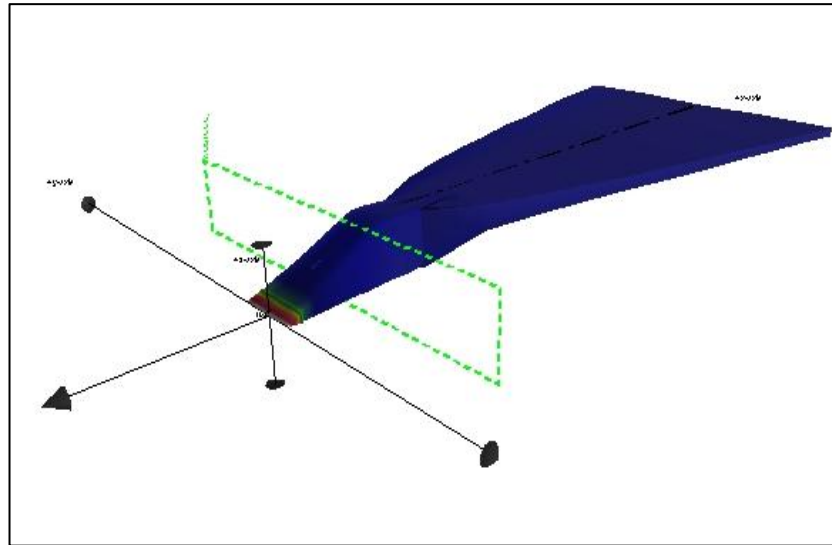
Şekil 4.13. Birinci senaryoya göre difüzörlerden çıkan sıcak su deşarjının izometrik görünümü



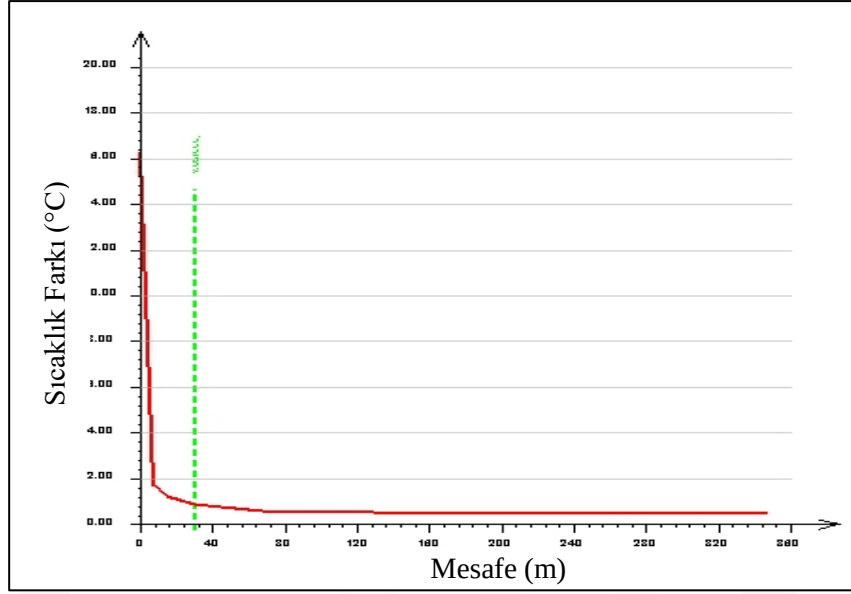
Şekil 4.14. Birinci senaryoya göre difüzörlerden çıkan sıcak su deşarjının x-z düzleminde görünümü

4.2.1.2 Senaryo - 2

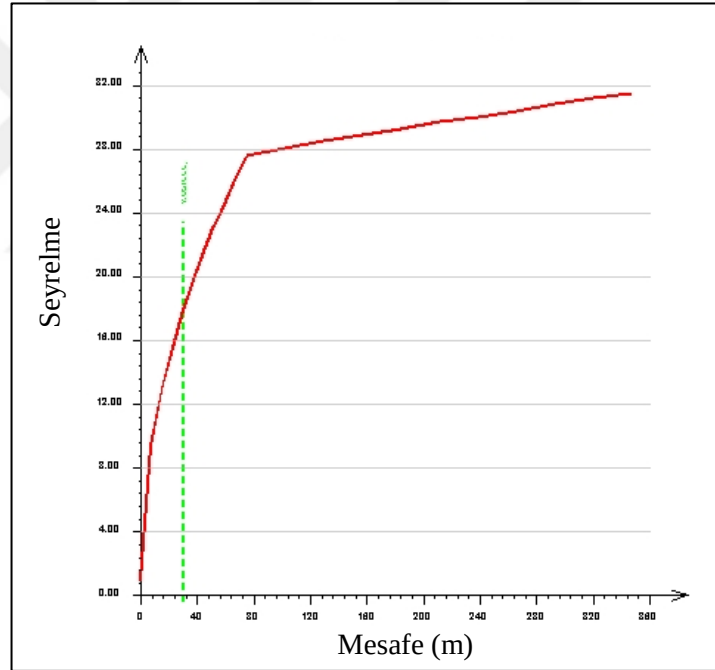
İkinci senaryoda, sıcaklık farkı 12°C , atıksu debisi $12.7 \text{ m}^3/\text{s}$, atıksu sıcaklığı 29°C , deşarj derinliği 18 m, akıntı hızı 0.1 m/s, difüzör boyu 150 m ve ortam yoğunluğu 999 kg/m^3 olarak alınmış ve modelleme sonuçları Şekil 4.15, Şekil 4.16 ve Şekil 4.17’de verilmiştir. Sunulan sonuç şekilleri incelendiğinde, difüzör deliklerinden deşarj edilen sıcak su jetlerinin difüzör üstündeki noktada, atıksu ve deniz suyu arasında 16.3°C ’lik bir sıcaklık farkı kabul edilmiş, sıcaklıklarının henüz yüzeye ulaşmadan önce SKKY Tablo 23’te istenilen 1°C fark değerini X: 29.27 m’de Z: 2.63 m’de sağladığı görülmektedir (Şekil 4.15, 4.16, 4.17).



Şekil 4.15. İkinci senaryoya göre difüzörlerden çıkan sıcak su deşarjının izometrik görünümü



Şekil 4.16. İkinci senaryoya göre difüzörden çıkan sıcak su deşarjının ortam sıcaklığı ile arasındaki fark grafiği



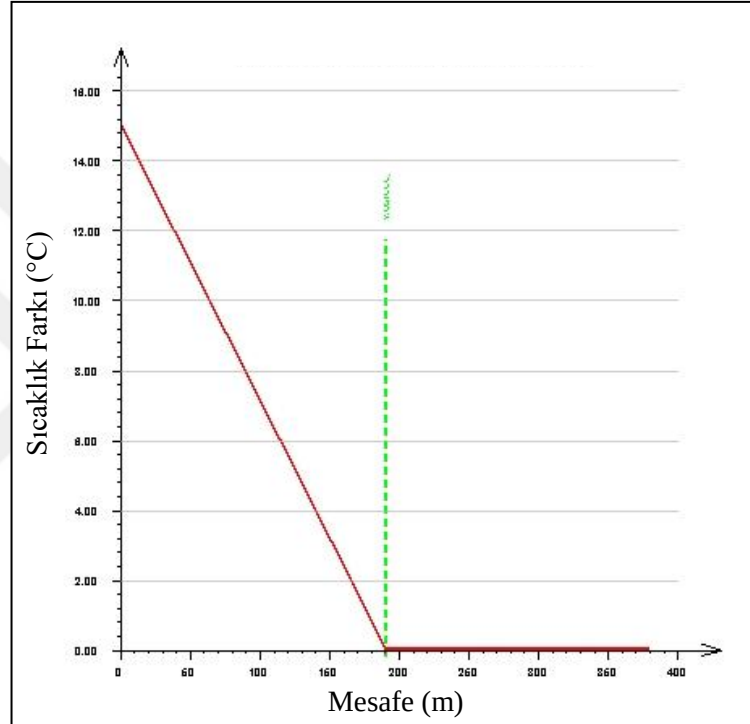
Şekil 4.17. İkinci senaryoya göre difüzörlerden çıkan deşarjın uğradığı seyrelme grafiği

4.2.1.3 Senaryo - 3

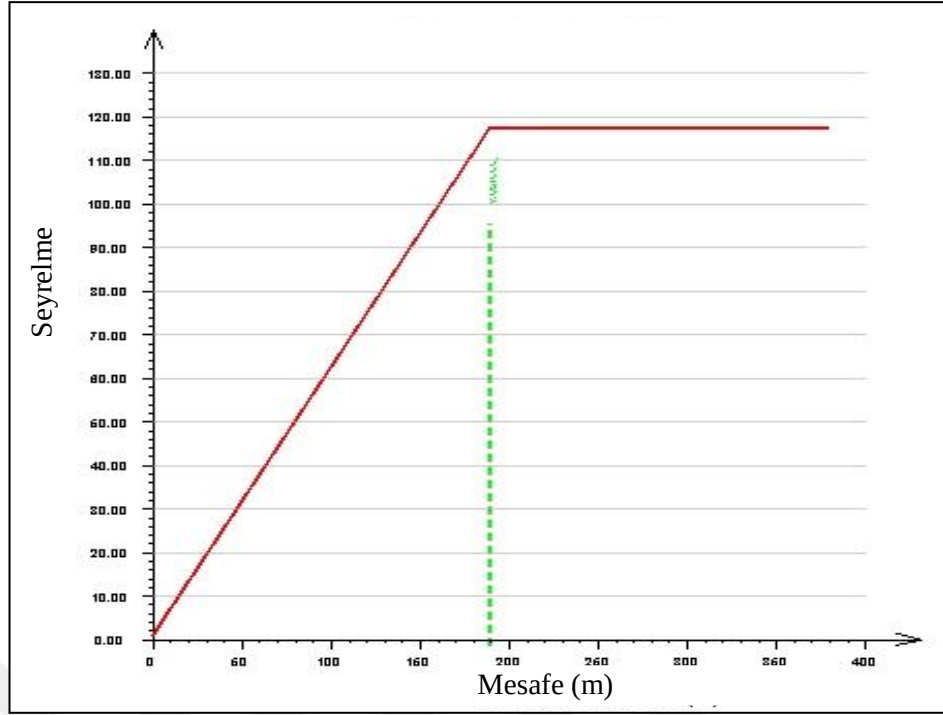
Endüstriyel atıksuya uygulanan varsayımların üçüncüsünde, sıcaklık farkı 15°C , atıksu debisi $50 \text{ m}^3/\text{s}$, atıksu sıcaklığı 34°C , deşarj derinliği 64 m, akıntı hızı 0.1 m/s ,

difüzör boyu 1900 m ve ortam yoğunluğu 999 kg/ m³ olarak alınmış ve modelleme sonuçları Şekil 4.18, Şekil 4.19, Şekil 4.20, Şekil 4.21 ve Şekil 4.22’de verilmiştir.

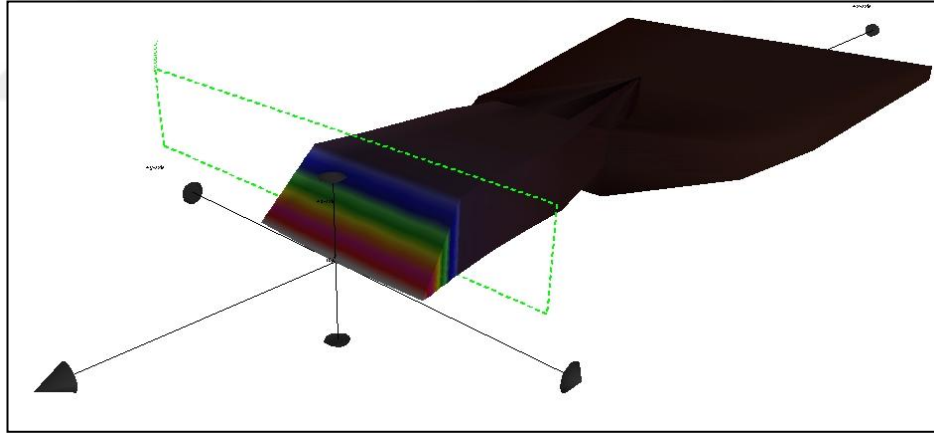
Diğer senaryolarla karşılaştırıldığında atıksu sıcaklığının ve debinin daha yüksek olması beraberinde difüzör boyunun da daha yüksek seçilmesine neden olmuştur. Kapasitesi daha fazla olan santraller göz önünde bulundurularak yapılan varsayım neticesinde SKKY Tablo 23’te istenilen 1°C fark değerini X: 178 m’de Z: 8.30 m’de S: 110.5 birinci seyrelme değeri ile sağlandığı görülmektedir (Şekil 4.18, 4.19, 4.20).



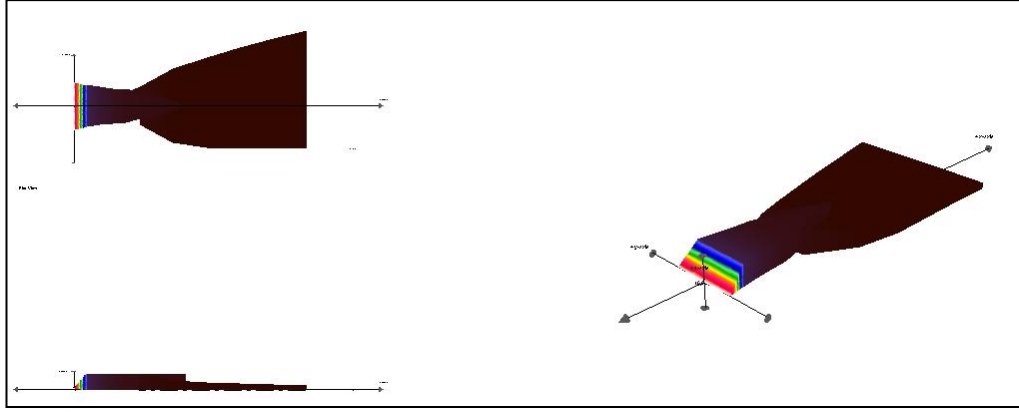
Şekil 4.18. Üçüncü senaryoya göre difüzörden çıkan sıcak su deşarjının ortam sıcaklığı ile arasındaki fark grafiği



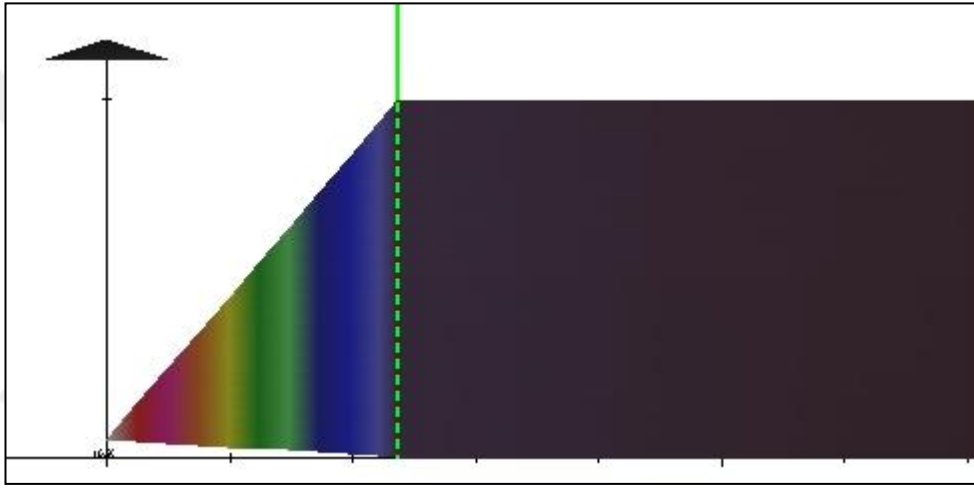
Şekil 4.19. Üçüncü senaryoya göre difüzörlerden çıkan deşarjın uğradığı seyrelme grafiği



Şekil 4.20. Üçüncü senaryoya göre difüzörlerden çıkan sıcak su deşarjının izometrik görünümü



Şekil 4.21. Üçüncü senaryoya göre difüzörlerden çıkan sıcak su deşarjının izometrik üçlü görünümü

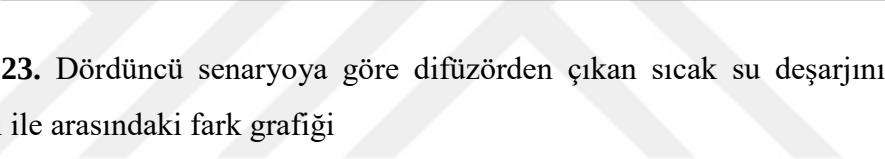


Şekil 4.22. Üçüncü senaryoya göre difüzörlerden çıkan sıcak su deşarjının x-z düzleminde görünümü

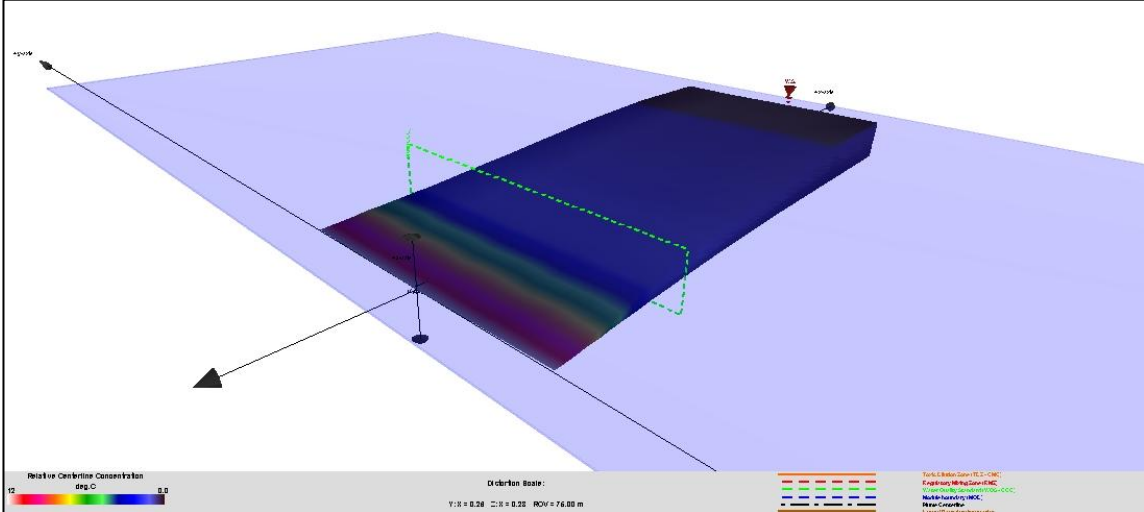
4.2.1.4 Senaryo - 4

Cormix 2 programı ile gerçekleştirilen dördüncü senaryoda, sıcaklık farkı 12 °C, atıksu debisi 5 m³/s, atıksu sıcaklığı 30 °C, deşarj derinliği 17 m, akıntı hızı 0.074 m/s, difüzör boyu 100 m ve ortam yoğunluğu 1014 kg/ m³ olarak alınmış ve modelleme sonuçları Şekil 4.23, Şekil 4.24, Şekil 4.25 ve Şekil 4.26'da verilmiştir. Sunulan sonuç şekilleri incelendiğinde, difüzör deliklerinden deşarj edilen sıcak su jetlerinin difüzör üstündeki noktada, atıksu ve deniz suyu arasında 12 °C'lık bir sıcaklık farkı kabul edilmiş deşarj edilen suyun henüz yüzeye ulaşmadan önce SKKY Tablo 23'te istenilen 1°C fark değerini X: 14 m'de Z: 2.19 m'de S: 28.9 seyrelme değeri ile sağladığı görülmektedir (Şekil 4.23, 4.24, 4.25, 4.26). Akıntı hızı, ortalama

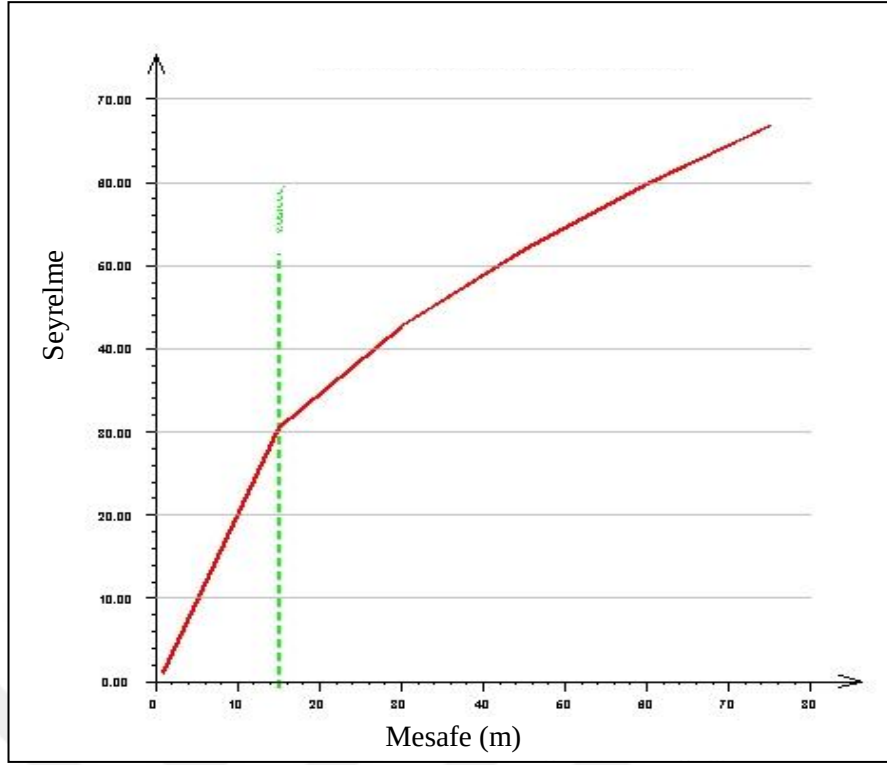
Şekil 4.
sıcaklığı



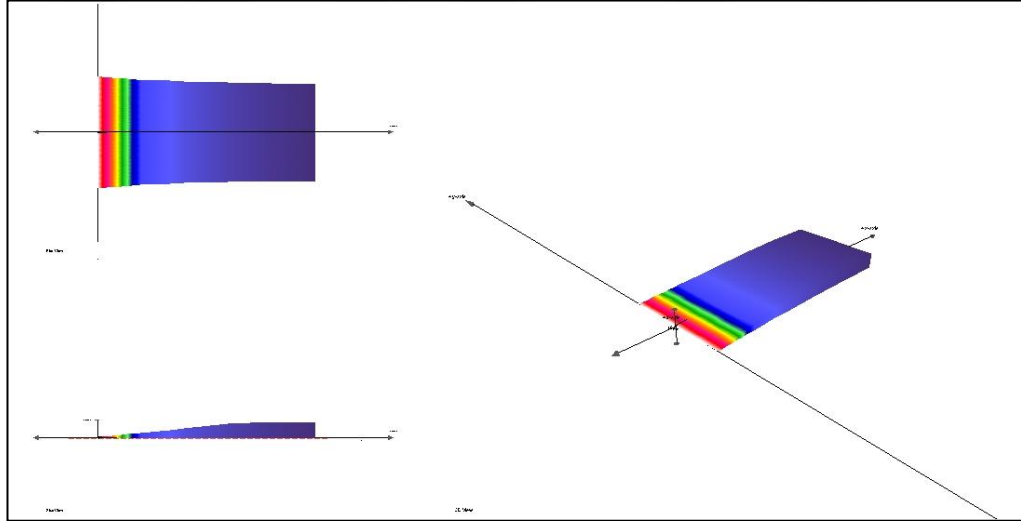
Örnek 4.23. Dördüncü senaryoya göre α ile β arasındaki fark grafiği



Şekil 4.24. Dördüncü senaryoya göre difüzörlerden çıkan sıcak su deşarjının izometrik görünümü



Şekil 4.25. Dördüncü senaryoya göre difüzörlerden çıkan deşarjın uğradığı seyrelme grafiği

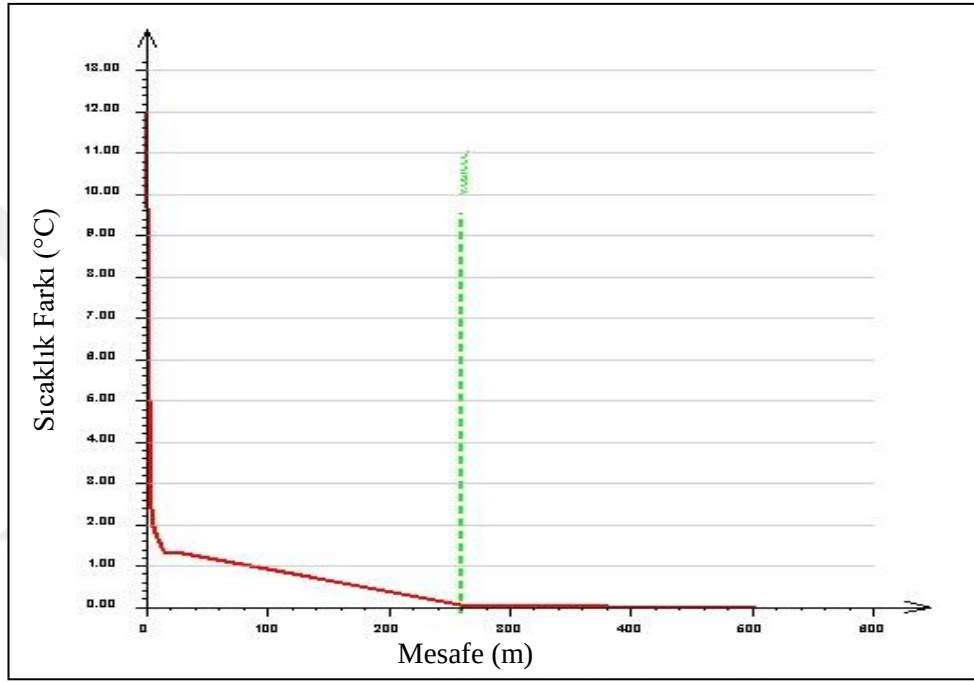


Şekil 4.26. Dördüncü senaryoya göre difüzörlerden çıkan sıcak su deşarjının izometrik üçlü görünümü

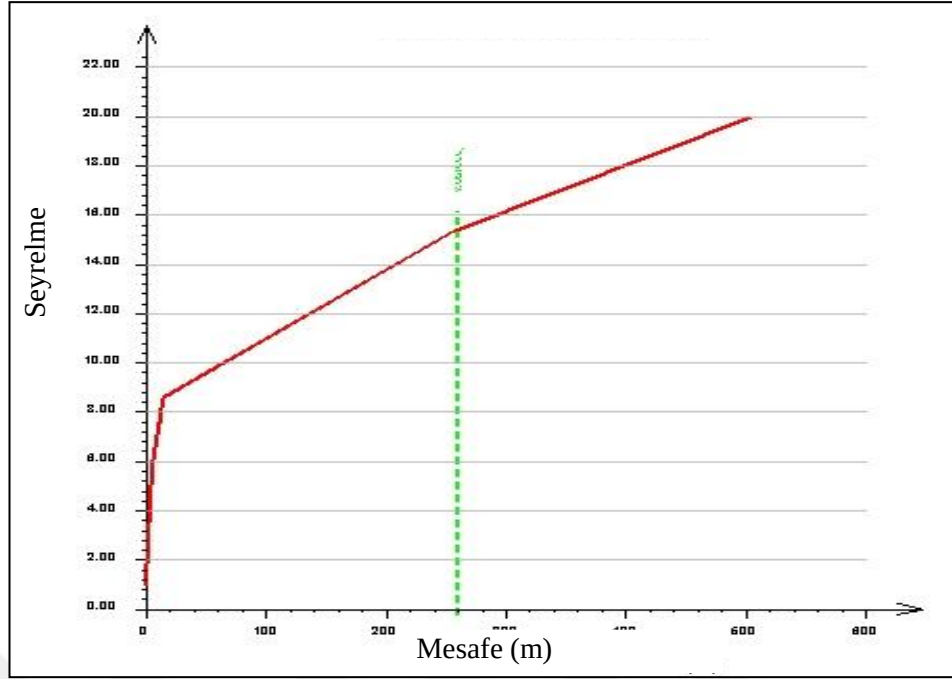
4.2.1.5 Senaryo - 5

Cormix 2 programı ile gerçekleştirilen dördüncü senaryoda, sıcaklık farkı 12 °C, atıksu debisi 16 m³/s, atıksu sıcaklığı 31 °C, deşarj derinliği 18 m, akıntı hızı 0.074

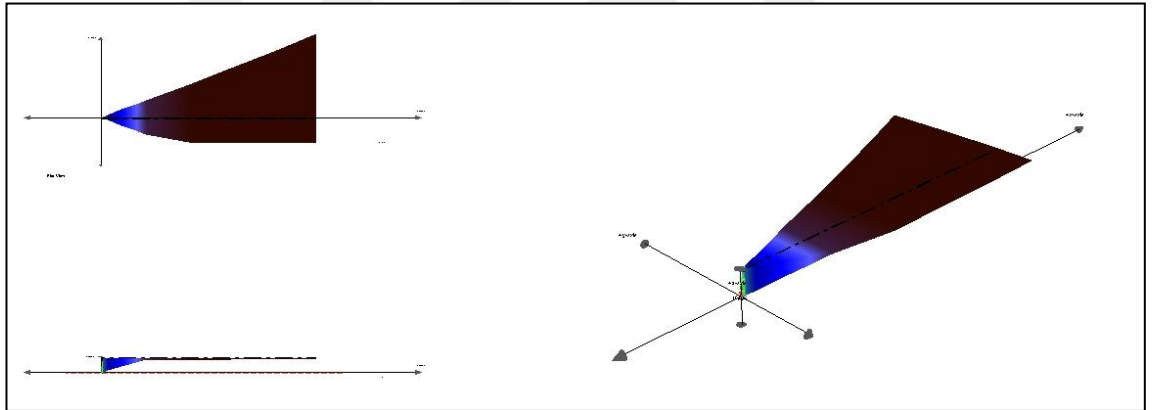
m/s, difüzör boyu 30 m ve ortam yoğunluğu 1014 kg/ m³ olarak alınmış ve modelleme sonuçları Şekil 4.27, Şekil 4.28 ve Şekil 4.29’da verilmiştir. Sunulan sonuç şekilleri incelendiğinde, difüzör deliklerinden deşarj edilen sıcak su jetlerinin difüzör üstündeki noktada, atıksu ve deniz suyu arasında 12 °C’lık bir sıcaklık farkı kabul edilmiş deşarj edilen suyun henüz yüzeye ulaşmadan önce SKKY Tablo 23’te istenilen 1°C fark değerini X: 260 m’de Z: 19 m’de sağladığı görülmektedir (Şekil 4.27, 4.28, 4.29).



Şekil 4.27. Beşinci senaryoya göre difüzörden çıkan sıcak su deşarjının ortam sıcaklığı ile arasındaki fark grafiği



Şekil 4.28. Beşinci senaryoya göre difüzörlerden çıkan deşarjın uğradığı seyrelme grafiği

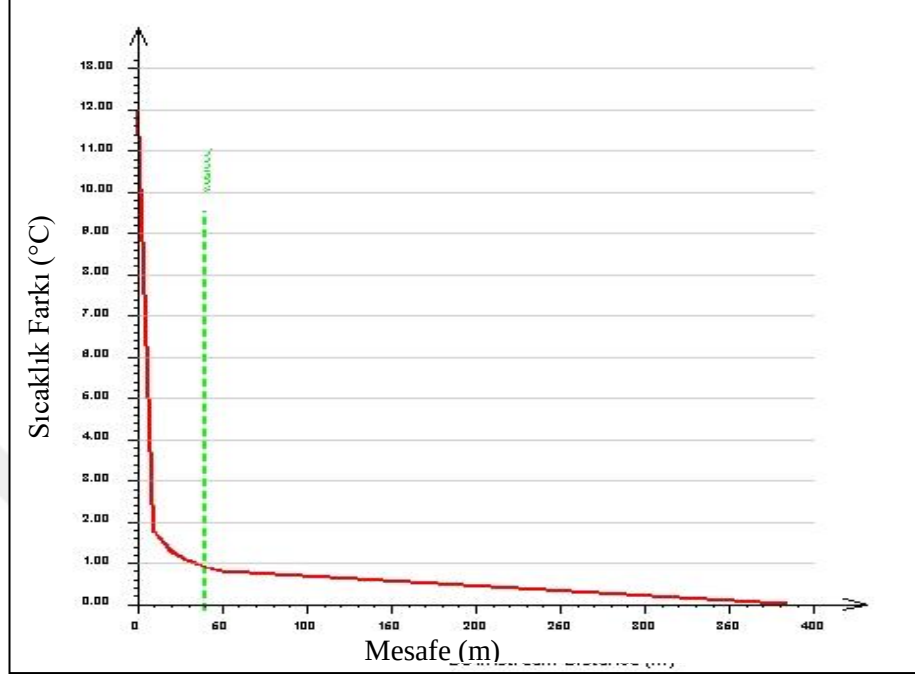


Şekil 4.29. Beşinci senaryoya göre difüzörlerden çıkan sıcak su deşarjının izometrik üçlü görünümü

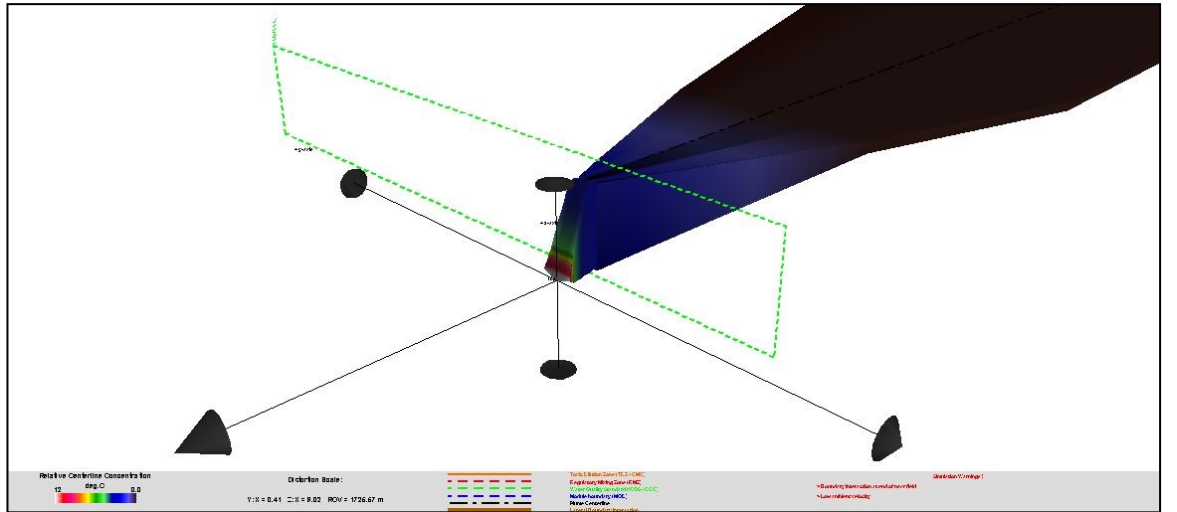
4.2.1.6 Senaryo - 6

Altıncı ve son senaryoda, sıcaklık farkı 12 °C, atıksu debisi 15 m³/s, atıksu sıcaklığı 31 °C, deşarj derinliği 12 m, akıntı hızı 0.074 m/s, difüzör boyu 100 m ve ortam yoğunluğu 1014 kg/ m³ olarak alınmış ve modelleme sonuçları Şekil 4.30, Şekil 4.31, Şekil 4.32 ve Şekil 4.33'de verilmiştir. Sunulan sonuç şekilleri incelendiğinde, difüzör deliklerinden deşarj edilen sıcak su jetlerinin difüzör üstündeki noktada, atıksu ve deniz suyu arasında 12 °C'lık bir sıcaklık farkı kabul edilmiş deşarj edilen

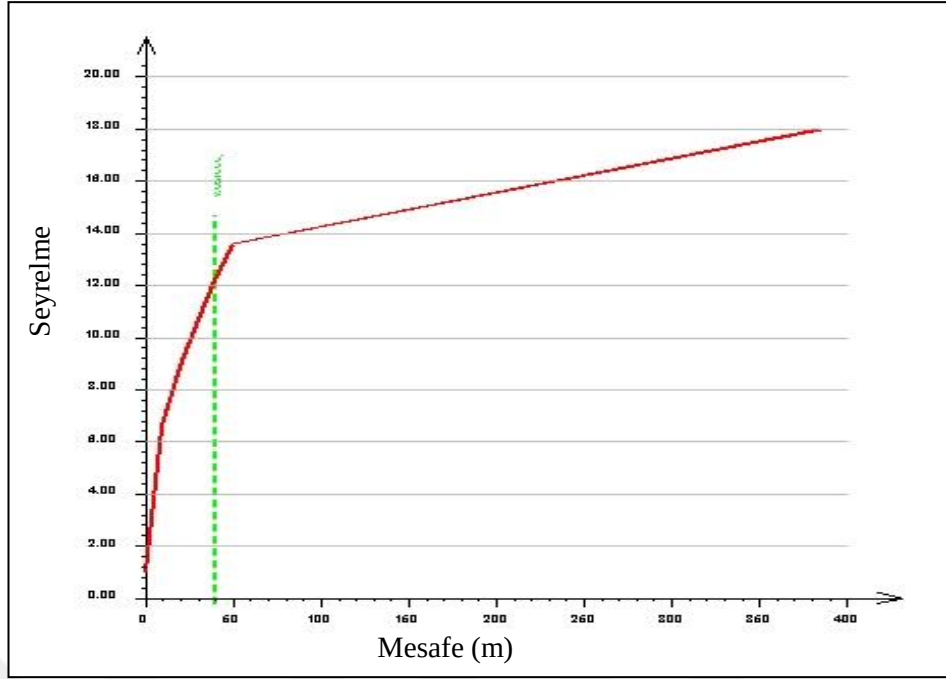
suyun henüz yüzeye ulaşmadan önce SKKY Tablo 23’te istenilen 1°C fark değerini X: 49.32 m’de Z: 4 m’de sağladığı görülmektedir (Şekil 4.30, 4.31, 4.32, 4.33). Akıntı hızı, ortalama derinlik, ortam yoğunluğu gibi kriterlerde Karadeniz koşulları göz önünde bulundurulmuştur.



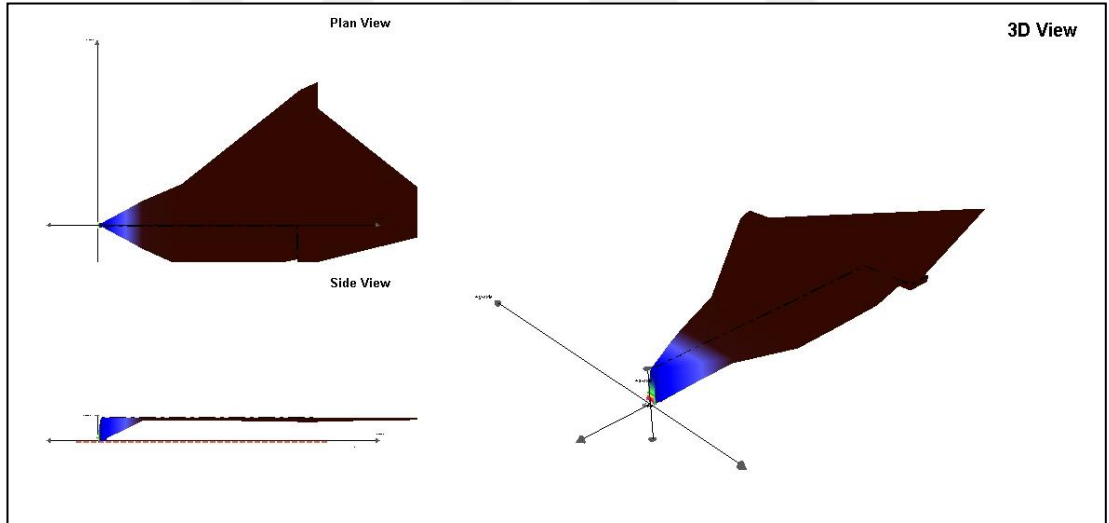
Şekil 4.30. Altıncı senaryoya göre difüzörden çıkan sıcak su deşarjının ortam sıcaklığı ile arasındaki fark grafiği



Şekil 4.31. Altıncı senaryoya göre difüzörlerden çıkan sıcak su deşarjının izometrik görünümü



Şekil 4.32. Altıncı senaryoya göre difüzörlerden çıkan deşarjın uğradığı seyrelme grafiği



Şekil 4.33. Altıncı senaryoya göre difüzörlerden çıkan sıcak su deşarjının izometrik üçlü görünümü

Çizelge 4.4’de Cormix su kalitesi modelinde uygulanan senaryoların karşılaştırılması verilmiştir.

Çizelge 4.4. Model senaryolarının karşılaştırılması

	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5	Senaryo 6
Sıcaklık farkı °C	9	12	15	12	12	12
Atıksu debisi (m ³ /sn)	16.67	12.7	50	5	16	15
Atıksu sıcaklığı °C	31	29	34	30	31	31
Deşarj derinliği (m)	18	18	64	17	18	12
Akıntı hızı (m/sn)	0.074	0.1	0.1	0.074	0.074	0.074
Difüzör boyu (m)	100	150	1900	100	30	100
Ortam yoğunluğu (kg/ m ³)	1014	999	999	1014	1014	1014
X (m)	10	29.27	178	14	260	49.32
Z (m)	1.90	2.63	8.30	2.19	19	4

Modelleme sonrası yapılan hesaplar neticesinde deşarj edilen endüstriyel atıksuyun Karadeniz sularına karışarak, kaynaktan uzaklaştıkça seyrelmenin giderek arttığı tespit edilmiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında Karadeniz ortam koşulları dikkate alınarak mevcut veya gelecekte kurulabilecek endüstrilerin derin deniz deşarjlarına karşı model senaryoları üretilmiştir.

Model çalışması kapsamında uygulanan senaryoların ilkinde, akıntı hızı ve deşarj derinliği Doğu Karadeniz koşulları göz önünde bulundurularak yüksek tutulmuş, sıcaklık farkı, atıksu debisi ve atıksu sıcaklığı gibi derin deniz deşarjını etkileyecek parametreler ortalama değerlerde alınmıştır. Bunun sonucunda X: 10 m ve Z: 1.90 m sonra SKKY Derin Deniz Deşarjları için Uygulanacak Kriterler başlıklı Tablo 23’de yer alan deniz suyunun sıcaklığını Haziran-Eylül aylarını kapsayan yaz döneminde 1 °C’den fazla olmaması koşulu sağlamıştır.

İkinci senaryo çalışmasında, Batı Karadeniz koşulları akıntı hızı ve ortam yoğunluğu dikkate alınarak ortalama difüzör boyu ve atıksu sıcaklığı ile model uygulaması gerçekleştirilmiştir. İkinci senaryoda, sıcaklık farkının birinci senaryoya göre yüksek olması, yatay mesafede (X) birinci senaryonun yaklaşık 3 katı kadar sonra seyrelmesine neden olmuştur. Sıcaklık farkı ile beraber deşarj derinliğinin Batı Karadeniz’in daha az eğimli olması nedeniyle düşük tutulması seyrelme oranını etkilemiştir.

Üçüncü senaryoda debi, atıksu sıcaklığı ve sıcaklık farkı yüksek bir endüstrinin DDD varsayımı yapılmıştır. Karadeniz koşullarında deşarj derinliği ortalama seçilmesine karşın, debinin ve atıksu sıcaklığının yüksek seçilmesi nedeniyle difüzör boyu yüksek tutulmuştur. Karadeniz’e olası bir nükleer santral kurulması senaryosu düşünülerek gerçekleştirilmiş olan varsayımda; deşarj derinliği, difüzör boyu, boru uzunluğu gibi önemli DDD tasarım kriterleri yüksek seçilmesine karşın X:178 m ve Z: 8.30 m sonra SKKY Derin Deniz Deşarjları için Uygulanacak Kriterler başlıklı Tablo 23’de yer alan deniz suyunun sıcaklığını Haziran-Eylül aylarını kapsayan yaz döneminde 1 °C’den fazla olmaması koşulu sağlamıştır. Bu mesafe bölgedeki ekosisteme ciddi derecede zarar verecek, soğutma suyunun deşarj edileceği alandaki canlı türlerini etkileyecektir. Bu nedenle özellikle Karadeniz coğrafi koşullarının

zorluk derecesi göz önünde bulundurulursa olası bir nükleer santral soğutma suyu için gerçekçi bir bütünsel yaklaşım gerekmektedir.

Dördüncü senaryoda debisi çok düşük bir endüstriyel atıksu DDD varsayımı yapılmıştır. Sıcaklık farkı, difüzör boyu, ortam yoğunluğu gibi parametreler ortalama Karadeniz koşullarındaki gibi tutulmasına karşın debinin düşük olması sonucunda X: 14 m ve Z: 2.19 m'de 1 °C'lik sıcaklık farkı değeri sağlanmıştır. Sıcaklık farkının ortalama bir endüstri değerinde kabul edilmesine rağmen, debinin düşük tutulması birinci seyrelmenin yatayda (x) aldığı yolun kısalmasına neden olmuştur. İkinci senaryo ile dördüncü senaryo karşılaştırıldığında sadece debinin azalması ile yataydaki seyrelme mesafesinin önemli ölçüde etkilendiği görülmüştür.

Beşinci senaryoda debisi, atıksu sıcaklığı ve sıcaklık farkı ortalama bir endüstrinin derin deniz deşarjı varsayımı yapılmıştır. Karadeniz koşullarında deşarj derinliği ortalama seçilmesine karşın, difüzör boyu düşük tutulmuştur. Difüzör boyunun DDD tasarım kriterlerine etkisini belirlemek için yapılan senaryo sonucunda X:260 m ve Z: 19 m sonra SKKY Derin Deniz Deşarjları için Uygulanacak Kriterler başlıklı Tablo 23'de yer alan deniz suyunun sıcaklığını Haziran-Eylül aylarını kapsayan yaz döneminde 1 °C'den fazla olmaması koşulu sağlamıştır. Debisi ve atıksu sıcaklığı en yüksek olan senaryo üç ile karşılaştırıldığında yatayda 260 m gibi fazla bir mesafe olması difüzör boyunun DDD tasarım kriterleri açısından ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.

Altıncı ve son senaryoda deşarj derinliği diğer senaryolara göre düşük tutulmuş, diğer parametreler ortalama değerde seçilmiştir. Karadeniz'in diğer bölgelerimize oranla daha zor olan coğrafi koşulları sonucunda gerekli derinliğe inilememesi durumundan yola çıkılarak üretilen senaryo altıda; X:49.32 m ve Z: 4 m sonra SKKY Derin Deniz Deşarjları için Uygulanacak Kriterler başlıklı Tablo 23'de yer alan deniz suyunun sıcaklığını Haziran-Eylül aylarını kapsayan yaz döneminde 1 °C'den fazla olmaması koşulu sağlamıştır. Yaklaşık 50 m sonra seyrelme kriterinin sağlanması deşarj derinliğinin Karadeniz koşullarında dikkat edilmesi gereken parametrelerden olduğunu göstermektedir.

Karadeniz'in oşinografik yapısı ve mevcut yer problemi nedeniyle DDD uygulamaları oldukça fazladır. Özellikle kıyı şeridinden yapılan DDD uygulamaları tasarlanırken dikkat edilmesi gereken bazı parametreler bulunmaktadır. Difüzör boyu, deşarj derinliği, atıksu sıcaklığı ile deniz ortam sıcaklığı arasındaki fark, akıntı hızı ve ortam yoğunluğu bu parametrelerin başında gelmektedir. Karadeniz

koşullarında endüstriyel soğutma sularının sıcaklık seyrelmeleri yapılan model çalışmaları ile belirlenmiştir. Model çalışmalarında Karadeniz özelinde dikkat edilmesi gereken tasarım kriterleri belirlenmiş ve bu kriterlerin hangi değer aralıklarında olması gerektiği vurgulanmıştır.

Derin Deniz Deşarjları tasarımı yapılırken dikkat edilmesi gereken kriterlerin başında deşarj borusunun yönü gelmektedir. 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.

- Soğutma suyu deşarjlarında tüm denizler için sıcaklık limiti 35 °C olarak verilmiş olmasına karşın, ülkemizdeki denizlerin sıcaklıkları farklı olduğundan bu parametrenin denizden alınan soğutma suyunun sıcaklığı ile denize deşarj edilen soğutma suyu sıcaklığı arasında bir sınırlama olması daha uygundur.
- Soğutma suyu deşarjına izin verilmeyen alanlar tanımlanmalıdır. Bu kapsamda balık üreme alanları, doğal koruma alanları gibi alanlar soğutma suyu deşarjının yapılamayacağı alanlar olarak yönetmelikte belirtilmelidir.
- Karadeniz bölgesi için öncelikli olarak enerji santralinin bulunduğu bölgede soğutma sistemi kurulumu için yeterli alan bulunması durumunda açık hibrit soğutma kuleleri veya mekanik çekişli ıslak soğutma kulelerinin kullanılması önerilmektedir.
- Nükleer santraller gibi soğutma suyunun kirlenme riskinin bulunduğu durumlarda dolaylı soğutma sistemlerinin kullanılması önerilmektedir. Bu tasarım sızıntı yapan proses akışkanlarının yüzey suyuna deşarj edilmesi riskinin minimum düzeyde veya sıfır olması anlamına gelir.

- SKKY'de soğutma suyu alma yapıları ile ilgili herhangi bir kriter bulunmamaktadır. Bu kapsamda balık üreme alanları, doğal koruma alanları gibi alanlar soğutma suyu deşarjının yapılamayacağı alanlar olarak yönetmelikte belirtilmelidir.
- Karadeniz'in kirlenmesinde önemli yeri olan endüstrilerden deşarj edilen kirleticilerin izlenmesi ve bu kirleticilerin deniz ekosistemi üzerindeki etkilerinin saptanması gerekmektedir. Böylece Karadeniz'de kirliliğin önlenmesi amacıyla alınacak önlemlerin neler olduğu belirlenebilir. Kıyısız bölgelerde en sık kullanılan atıksu bertaraf yöntemi olan deniz deşarj sistemleri bütünsel olarak değerlendirilmelidir.
- Karadeniz koşulları dikkate alınarak üretilen model senaryoları neticesinde difüzör boyunun minimum derinliğe inilmesinin mümkün olduğu durumlarda Karadeniz özelinde 100 m'den az olmaması gerektiği saptanmıştır. Minimum derinliğe inilmesinin mümkün olmadığı durumlarda ise 2000 m'den az olmaması önerilmektedir.
- Debinin ve atıksu sıcaklığının yüksek olduğu durumlarda da mevcut debi ve atıksu sıcaklığına uygun difüzör boyu ve deşarj derinliği seçilmesi gerektiği anlaşılmıştır.
- Deşarj derinliği diğer senaryolara göre 6 m kısa olan senaryo 6'da seyrelmenin ilk senaryoya göre yaklaşık 5 kat mesafe sonra sağlanması, Karadeniz koşullarında deşarj derinliğinin 20 m'nin altına düşmemesi gerektiğini göstermiştir.
- Cormix programı içeriğinde yer alan Cormix 2 çoklu deşarj yayılım karakteristiğinin Karadeniz'deki derin deniz deşarjlarına uygun olduğu belirlenmiştir.
- Karadeniz'e muhtemel bir nükleer santral kurulması göz önünde bulundurularak oluşturulan model senaryosu sonucunda, mevcut yönetmelik soğutma suları kıstaslarının nükleer santral için yeterli olmayacağı ve nükleer santrallerde soğutma suyu deşarjları için ayrıca bir mevzuat düzenlenmesi gerekli görülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Ağaçbiçer G., 2010. Yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye ekonomisine katkısı ve yapılan SWOT analizler, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çanakkale, 298012.
- Akbal İ., 2014. Birincil kaynaklar açısından Türkiye enerji santralleri, 5. *Türkiye enerji zirvesi*, Gaziantep, Türkiye, 11-12 Eylül.
- Alpaslan N., Dölgen D., 2004. Atıksu arıtma tesisleri tasarım ve işletme esasları, ATTİK III Kurs Notları, Emre Basımevi, İzmir.
- Anonim, 2004.
<http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.7221&sourceXmlSearch=&MevzuatIliski=0> (Ziyaret tarihi: 13 Kasım 2016).
- Anonim, 2005.
http://www.ccme.ca/files/Resources/municipal_wastewater_effluent/mwwe_cnsltn_ermm_conrpt_e.pdf (Ziyaret tarihi: 17 Kasım 2016).
- Anonim, 2005.
http://www.hydrology.nl/images/docs/dutch/2005.10.31_Leon_Hermans.pdf (Ziyaret tarihi: 17 Kasım 2016).
- Anonim, 2010. *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.
- Anonim, 2011. http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/Mavi_Kitap_2011.pdf (Ziyaret tarihi: 10 Kasım 2016).
- Anonim, 2011.
[http://www.fwr.org/WQreg/Appendices/horizontal_Guidance_H1_Annex_D_Surface_Water_Basic_geho0810bsxl-e-e\(1\).pdf](http://www.fwr.org/WQreg/Appendices/horizontal_Guidance_H1_Annex_D_Surface_Water_Basic_geho0810bsxl-e-e(1).pdf) (Ziyaret tarihi: 17 Kasım 2016).
- Anonim, 2016. <http://biyosa.com/index.php?option> (Ziyaret tarihi: 12 Kasım 2016).
- APHA, (1999) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, Copyright by American Public Health Association, Washington DC.
- Ardalı Y, (2015). *Derin Deniz Deşarjı Tasarım Kriterlerinin Belirlenmesi Projesi Sonuç Raporu*, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Deniz ve Kıyı Yönetimi Dairesi Başkanlığı Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun
- Berkün M., 2006. Atıksu arıtma ve deniz deşarjı yapıları, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- 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.
- 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.
- 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.

Egemen Ö., Başaran A. K., 2002. Doğu Karadeniz’de (Samsun, Türkiye) Bazı Fiziko Kimyasal Parametrelerin Araştırılması. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi. 19, 177-182.

Güneş M.A., 2009. Türkiye'nin enerji sorunu için alternatif çözüm önerileri ve rüzgar enerjisinin önemi, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın, 249653.

Karpuzcu M., 1996. Çevre kirlenmesi ve kontrolü, Özal Ofset, İstanbul, 318.

Kideys A. E., 2002. Fall and Rise of the Black Sea Ecosystem, Science, 297, 1482–1484.

Kideys A. E., Kovalev A. V., Shulman G., Gordinaand A., Bingel F., 2000. A Review of Zooplankton Investigations of the Black Sea Over The Last Decade. J. Mar. Syst., 24, 355–371.

Koç T., 2008. Deniz deşarjı sistemlerinde T₉₀'ın tayini ve sistem boyutlandırması üzerindeki etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 179198.

Köksal Ö., 2016. Rize ilindeki atıksu derin deniz deşarjlarının performanslarının incelenmesi ve alternatif öneriler, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 432744.

Ludwig, R.G., 1988. Environmental Impact Assessment, Siting and Design of Submarine Outfalls, An EIA Guidance Document, MARC & World Health Organisation G.

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.

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.

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.

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.

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.

Orhan Y., Kömürcü, S., 2009. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Quality Characterization of Water and Mussels from Yeşilırmak River and Estuary-Central Black Sea, Ozean Journal of Applied Sciences, 2, 217-228.

Öztürk İ., 2011. Deniz deşarjı tesisleri tasarımı, atıksu, termal ve tuzlu su deşarjları, Su Vakfı Yayınları.

- 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.
- Salas, H.J., 1998. 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 (CEPIS).
- 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.
- Samsunlu A., 1995. Deniz kirliliği ve kontrolü, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Stanev E. V., Peneva E., 2002. Regional Sea Level Response to Global Climatic Change: Black Sea Examples. *Global and Planetary Changes*, 32, 33- 47.
- 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.
- 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.
- Tübitak-MAM, 2014. Karadeniz Bütünleşik Kirlilik İzleme Sonuç Raporu, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, ÇED İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü.
- Wang J., Shou G., 2011. Ramu Nico Long Distance Ore Slurry Pipeline and Deep Sea Tailings Placement (DSTP) Pipeline Operation.
- Wood, I., Bell, R. and Wilkinson, D., 1993. Ocean Disposal of Wastewater, *Adv. Series on Ocean Engineering*, Vol 8, World Scientific Pub., Singapore A.
- Yalçın Ö., 2011. Derin deniz deşarjı ile deşarj edilen atıksuların alıcı ortamda tutsaklanması durumunda bakteri konsantrasyonunun tahmini ve belirsizliklerin incelenmesi, Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 316142.
- Yalçın Ö., 2011. Derin deniz deşarjı ile deşarj edilen atıksuların alıcı ortamda tutsaklanması durumunda bakteri konsantrasyonunun tahmini ve belirsizliklerin incelenmesi, Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 316142.
- 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.
- Zaman M., 2005. Orta ve Doğu Karadeniz’de Balıkçılık, *Doğu Coğrafya Dergisi*, 10, 13.
- Zengin B., 2004. Deniz Ortamında Örnekleme, Örneklerin Analiz Süresine Kadar Saklanması ve Koruma Yöntemleri, *Sumae*, 4, 3.

7. EKLER

EK A

Çizelge A.1. Deniz suyunda analizi yapılan parametreler ve analiz yöntemleri

Parametreler	Standart	Kullanılan Şişe Hacmi/Cinsi
pH	SM 4500 H+: B	
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
Sıcaklık	SM 2550 B	

Çizelge A.2. Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği Hassas Ve Az Hassas Su Alanları Tebliği (27/06/2009 tarih ve 27271 sayılı)

TEBLİĞ

Çevre ve Orman Bakanlığından:

**KENTSEL ATIKSU ARITIMI YÖNETMELİĞİ HASSAS VE AZ HASSAS SU ALANLARI TEBLİĞİ
BİRİNCİ BÖLÜM**

Amaç, Kapsam, Yasal Dayanak

Amaç ve kapsam

MADDE 1 – (1) Bu Tebliğin amacı, 8/1/2006 tarihli ve 26047 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan 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 esasları belirlemektir.

Dayanak

MADDE 2 – (1) Bu Tebliğ, 9/8/1983 tarihli ve 2872 sayılı Çevre Kanunu ile 8/1/2006 tarihli ve 26047 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği'nin 5, 6, 8, 11 ve 12 nci maddeleri ile Geçici 2 nci maddesine dayanılarak hazırlanmıştır.

Tanımlar

MADDE 3 – (1) Bu Tebliğde geçen;

a) Az hassas su alanı: Morfoloji, hidroloji ya da 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,

b) Birincil arıtma: Arıtma tesisine giren atıksuyun BOİ₅'inin en az %20 ve askıda katı maddelerin en az %50 oranında gideriminin sağlandığı fiziksel/mekanik ve/veya kimyasal işlem/işlemler ya da diğer işlemlerle arıtılmasını,

c) Eşdeğer nüfus (E.N.): Ham atıksuyun günlük BOİ₅ miktarı 60 gr (gr/kişi/gün) esas alınarak endüstriyel atıksu için dikkate alınan biyokimyasal olarak oksitlenebilen organik madde yükünü,

ç) Gri Alanlar: Morfolojik ve su kalitesi özelliklerine göre kentsel atık su girdilerinin ötrifikasyon riski oluşturabileceği düşünülen ve/veya potansiyel olarak ötrofikasyon riski taşıdığı tespit edilen ancak veri yetersizliği olan izlenmesi gereken haliçler ve kıyı sularını,

d) Hassas su alanı: 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,

e) İkincil arıtma: Kentsel atıksuların genellikle Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği Tablo 1'deki şartları sağlayacak şekilde birincil arıtmaya ilave olarak biyolojik arıtma veya diğer proseslerle arıtılmasını,

f) Normal su alanı: Hassas su alanları dışında kalan kıta içi su ortamlarını,

g) Ötrofikasyon: Suların, besin maddelerince özellikle azot ve/veya fosfor bileşiklerince, alg ve daha yüksek yapılı organizmaların üremesini hızlandıracak, böylece sudaki canlıların dengesini bozacak ve su kalitesinde istenmeyen değişimlere yol açacak şekilde zenginleşmesini,

ğ) Uygun arıtma: Kentsel atıksuyun, Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği ve diğer ilgili yönetmeliklerin ilgili hükümleri ile kalite amaçlarını karşılayacak şekilde alıcı ortama deşarjını sağlayacak herhangi bir proses ve/veya bertaraf/deşarj sistemiyle arıtılmasını,

h) Üçüncül arıtma: İkincil arıtmadan çıkan atık suyun kalitesini daha fazla iyileştirmek için ikincil arıtma ile birlikte veya ayrıca uygulanan arıtma olup, Kentsel atıksuların genellikle Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği Tablo 2'deki şartlara uygun olacak şekilde azot ve/veya fosfor giderimini, ifade eder.

İKİNCİ BÖLÜM

İlke ve Esaslar

Genel ilkeler

MADDE 4 – (1) Belirlenen hassas, az hassas, normal ve gri alanların yapılacak/yapılan izleme çalışmaları sonucuna göre dört yılda bir gözden geçirilmesi esastır.

(2) Bu alanlara yapılan kentsel atıksu deşarjlarında Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği ile bu Tebliğ hükümlerine uyulması esastır.

(3) Hassas su alanlarının ve az hassas su alanlarının Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliğinin EK 1'inde yer alan kriterlere göre belirlenmesi bu Tebliğin temel ilkesidir.

(4) Normal su alanlarına deşarjlarda ikincil arıtma veya eşdeğer bir arıtmaya tabi tutulması esastır.

(5) İçme suyu havzalarında, havza özellikleri dikkate alınarak belirlenen özel hükümler geçerlidir.

(6) Bakanlık, bilimsel çalışmalar sonucunda alıcı su ortam özelliklerinin olumsuz etkilendiğini tespit ettiği durumlarda, Atıksu Altyapı Yönetimlerini bu Tebliğ hükümlerinde belirtilen arıtma seviyesinden daha kısıtlayıcı şartlara tabi tutabilir.

(7) Eşdeğer nüfusu 10.000 kişi üzeri olan atıksu toplama alanlarında yeni projelendirilecek atıksu arıtma tesisleri, gelecekte su ortamının hassas alan ilan edilmesi olasılığına uyum sağlayabilecek şekilde tasarlanır.

(8) Kentsel atıksu deşarjları açısından bu Tebliğ kapsamında haliç ve kıyı sularında hassas, az hassas ve gri alanların sınırının kıyıda 0,6 deniz mili açığa kadar alınması esastır.

Kıyı ve haliç sularında hassas ve az hassas su alanları ve belirlenmesi kriterleri

MADDE 5 – (1) Hassas ve az hassas su alanlarının belirlenmesinde aşağıdaki kriterler dikkate alınır.

a) Su alanının morfolojik ve coğrafik özellikleri: Kıyı alanı taban eğimi (kıyı sularının sığ/derin olma durumu) ve kıyısız özellikleri (koy, körfez varlığı ve bunların kapalılık durumu)

b) Hidro-dinamik ve ışık geçirgenliği özellikleri: Bölgenin akıntı rejimi (su sirkülasyonu) ve kıyı-açık deniz değişim özellikleri (kıyı sularının yenilenme hızı), su kolonunda mevsimsel yoğunluk tabakalaşması, seki disk derinliği (ışık geçirgenliği)

c) Bölgenin ayrıcalıklı ekolojik özellikleri (balık üretim alanları, deniz çayırıları, koruma alanları ve benzeri)

ç) Kaynaklarına göre atık su kirlilik yükleri ve dağılımları: Kıyı sularını besleyen nehir ve kentsel atıksu kaynaklı azot, fosfor ve organik madde yükleri, karşılaştırmalı değerlendirmeleri, hassas alan ve referans alanlardaki dağılımı, noktasal değişimleri, ekolojik etkileri, atık su ve nehirlerin hassas/ötrofik veya ötrofik hale gelebilecek kıyısız alanlara taşınma riski.

d) Bu Tebliğin Ek-3'ünde yer alan su kalitesi ötrofikasyon kriterleri.

(2) Bu maddenin birinci fıkrasında belirtilen kriterlere göre belirlenen hassas alanlar, koordinatları ile birlikte bu Tebliğin EK-1.C'sinde; Az hassas alanlar ise EK-2'sinde yer almaktadır. Ayrıca bu Tebliğin EK-4'ünde söz konusu alanları gösteren harita verilmektedir.

İç sularda hassas ve normal su alanları ve belirlenmesi kriterleri

MADDE 6 – (1) İç Sularda Hassas ve Normal Su Alanlarının Belirlenmesinde Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliğinin Ek 1’indeki esaslar dikkate alınır.

(2) Bu maddenin birinci fıkrasında belirtilen kriterlere göre belirlenen hassas alanlar Bu Tebliğin EK-1.A ve EK-1.B’sinde belirtilmektedir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Çeşitli ve Son Hükümler

Diğer hükümler

MADDE 7 – (1) Bakanlık yapılacak analiz ve teknik çalışmalar neticesinde gerekli gördüğü yerlerde, 50.000 ve üzerinde eşdeğer nüfusa sahip yerleşim alanlarında ikincil arıtmaya ek olarak Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği ekinde yer alan Tablo 2’de belirtilen şartlarda uygun arıtma isteyebilir.

(2) Gri alanlarda kentsel atık su deşarjlarının, ötrofikasyona neden olabileceği ve alanın kullanım amacı göz önünde bulundurularak; uygun arıtma ile beraber derin deniz deşarjı ile bertarafına izin verilebilir.

(3) Yüzme ve rekreasyon amacıyla kullanılan hassas, az hassas ve gri alanlara yapılacak kentsel atıksu deşarjlarının, dezenfeksiyon yapıldıktan sonra deşarjı veya Derin Deniz Deşarjı ile bertarafı sağlanır.

(4) Bu Tebliğin yayım tarihinden sonra yapılacak bu Tebliğ kapsamına giren tüm proje onaylarında bu Tebliğ hükümleri uygulanır.

İzleme ve denetim

MADDE 8 – (1) Bu Tebliğe konu olan alanların değerlendirilmesi için Bakanlık tarafından izlenme programları hazırlanır.

Yaptırım

MADDE 9 – (1) Bu Tebliğ hükümlerini yerine getirmeyenlere 2872 sayılı Çevre Kanunu ve diğer ilgili mevzuat hükümlerine göre yaptırım uygulanır.

Yürürlük

MADDE 10 – (1) Bu Tebliğ yayımı tarihinde yürürlüğe girer.

Yürütme

MADDE 11 – (1) Bu Tebliğ hükümlerini Çevre ve Orman Bakanı yürütür.

HASSAS ALANLAR

Ek:1A Hassas Havzalar

1. Konya Kapalı Havzası
2. Burdur Kapalı Havzası
3. Van Gölü Kapalı Havzası
4. Akarçay Kapalı Havzası
5. Ilısu Baraj Havzası

Ek:1B İçme ve kullanma suyu temin edilen ya da temini amacıyla Yatırım Programına alınmış olan yüzeysel su kaynaklarının havzaları, (havza sınırı memba tarafındaki bir önceki rezervuarların sınırına kadardır)

Ek:1C Hassas Koy, Körfez ve Kıyılar

	X1	Y1	X2	Y2	Durum u
İskenderun - Mersin Mezitli	36d06'07.31"E	36d33'46.18"N	34d32'34.57"E	36d44'33.73"N	Hassas
Mersin Kızkalesi- Taşucu Burnu	34d10'19.37"E	36d28'38.26"N	33d52'55.62"E	36d18'54.63"N	Hassas
Fethiye Koyu	29d05'42.86"E	36d38'19.6"N	29d06'39.17"E	36d39'13.74"N	Hassas
Marmaris Koyu	28d18'42.36"E	36d49'04.71"N	28d15'19.84"E	36d47'25.75"N	Hassas
Güvercinlik – Didim	27d32'26.21"E	37d07'37.72"N	27d14'31.44"E	37d20'13.12"N	Hassas
Karaburun- İzmir Körfezi (Foça)	26d37'13.36"E	38d31'46.52"N	26d46'32.48"E	38d36'57.15"N	Hassas
Aliğa Koyu	26d57'54.32"E	38d50'07.76"N	26d36'34.33"E	39d16'23.27"N	Hassas
Ayvalık - Altınoluk	26d36'34.33"E	39d16'23.27"N	26d44'18.6"E	39d34'02.07"N	Hassas
Bandırma Körfezi	27d57'02.99"E	40d25'13.6"N	28d00'01.51"E	40d21'59.91"N	Hassas
Gemlik Körfezi - İstanbul Boğazı Doğu girişi	28d49'47.18"E	40d22'56.64"N	29d01'22.3"E	40d59'28.32"N	Hassas
İstanbul Boğazı Batı girişi – Büyükçekmece	28d56'09.68"E	40d59'59.86"N	28d32'09.33"E	40d59'13.97"N	Hassas
Ünye-Samsun-Bafra arası	37d26'42.85"E	41d04'29.85"N	35d43'18.57"E	41d39'33.18"N	Hassas
Haliç Körfezi	-	-	-	-	Hassas

AZ HASSAS ALANLAR

Az Hassas Koy, Körfez ve Kıyılar

	X1	Y1	X2	Y2	Durumu
Yayladağ – İskenderun: İskenderun Körfezi Doğusu ve Dış Körfez	35d54'56.4"E	35d55'46.98"N	36d06'07.31"E	36d33'46.18"N	Az hassas
Mersin Mezitli-Kızıkalesi	34d32'34.57"E	36d44'33.73"N	34d10'19.37"E	36d28'38.26"N	Az hassas
Taşucu Burnu-Manavgat	33d52'55.62"E	36d18'54.63"N	31d25'31.23"E	36d45'18.17"N	Az hassas
Serik (Antalya) – Fethiye	30d53'09.84"E	36d51'05.94"N	29d05'42.86"E	36d38'19.6"N	Az hassas
Fethiye koyu-Marmaris koyu	29d 06' 39.17"E	36d 39' 13.74"N	28d 18' 42.36"E	36d 49' 04.71"N	Az hassas
Tunç (Marmaris) – Bodrum Yarımadası	28d15'19.84"E	36d47'25.75"N	27d26'55.64"E	37d00'56.18"N	Az hassas
Kuşadası Körfezi Kuzey Ucu - Alaçatı (İzmir)	26d25'15.1"E	38d19'51.67"N	26d52'30.98"E	38d02'06.52"N	Az hassas
Çeşme İlçe Sınırı - Karaburun	26d23'30.41"E	38d13'16.74"N	26d37'13.36"E	38d31'46.52"N	Az hassas
İzmir Körfezi (Foça) – Nemrut Koyu Arası	26d46'32.48"E	38d36'57.15"N	26d56'20.86"E	38d50'04.74"N	Az hassas
Altınoluk – Çanakkale Boğazı Güney Girişi	26d44'18.6"E	39d34'02.07"N	26d11'37.28"E	40d00'15.18"N	Az hassas
Tekirdağ – Gelibolu Yarımadası Güneyi	27d 31' 0.37"E	40d 58' 24.79"N	26d10'58.04"E	40d02'33.44"N	Az Hassas
Çanakkale Boğazı	26d10'58.04"E	40d02'33.44"N	26d11'17.43"E	40d35'39.42"N	Az hassas

Kuzey Girişi- Saros Körfezi					
Çanakkale Boğazı Güney Girişi – Erdek Körfezi Girişi	26d11'37.28"E	40d00'15.18"N	27d19'45.33"E	40d24'43.47"N	Az hassas
Erdek Körfezi Kuzeyi – Erdek Yarımadası	27d41'11.88"E	40d28'27.44"N	27d57'02.99"E	40d25'13.6"N	Az hassas
İstanbul Boğazı	28d56'09.68"E	40d59'59.86"N	29d06'41.85"E	41d13'49.88"N	Az hassas
	29d01'22.3"E	40d59'28.32"N	29d15'11.52"E	41d14'00.3"N	Az hassas

EK-3

DENİZ SUYU KALİTESİ ÖTROFİKASYON KRİTERLERİ

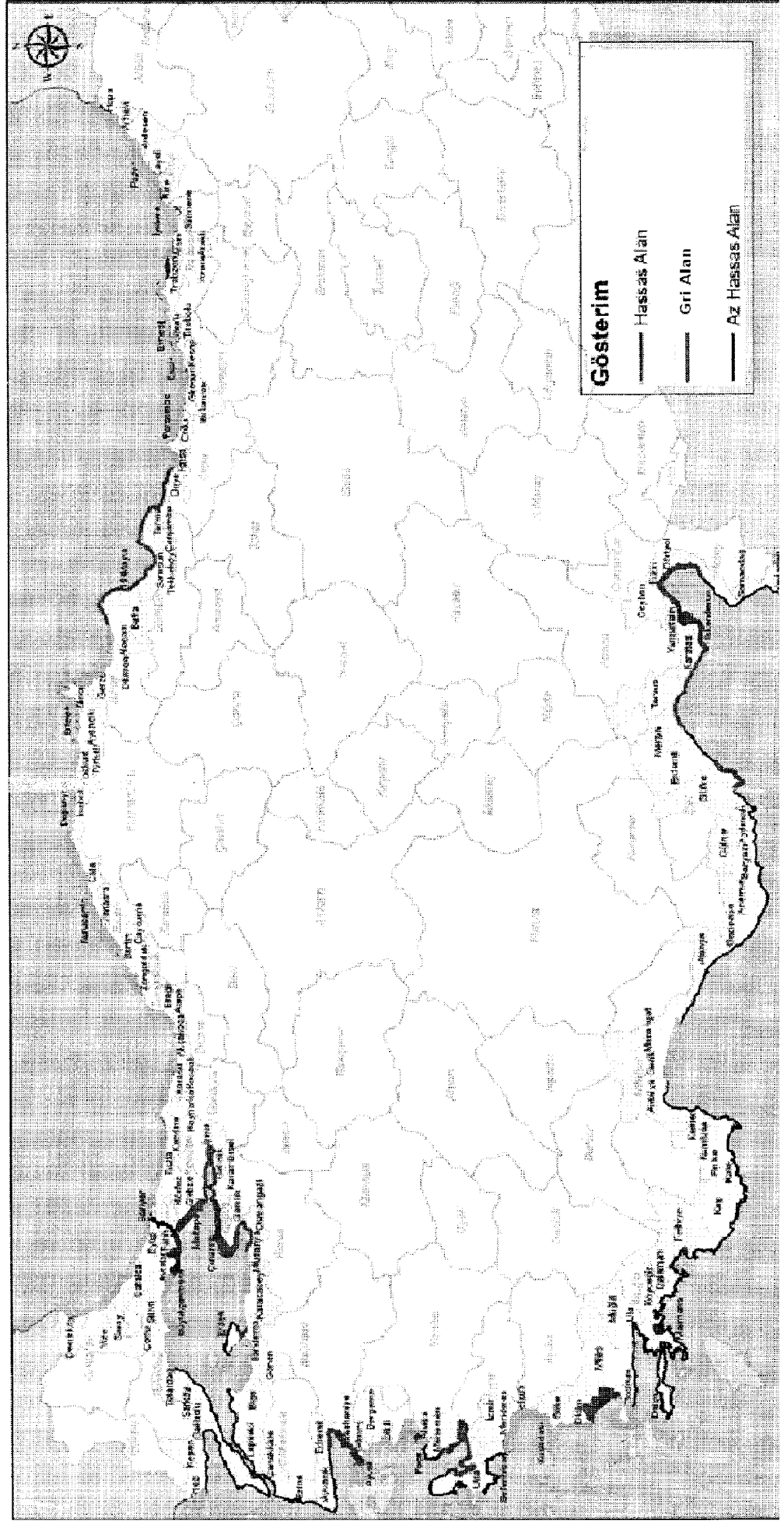
1. Akdeniz ve Ege Denizi Ötrofikasyon Kriterleri

Fiziko-kimyasal Parametreler	Ötrofikasyon Şartları	Mezotrofik Şartlar	Oligotrofik Şartlar
	İzleme için önerilen ölçüm Sıklığı		
	<i>Yılda en az 10-12 kez</i>	<i>Yılda en az 4-6 kez farklı mevsimlerde</i>	<i>İlkbahar-sonbahar arası yılda 2 kez</i>
Yüzey sularında kirlilik parametresi sınır değerleri			
Krofil-a (µg/l)	> 7.5	2.0-7.5	< 2.0
TP (µg-P/l)	> 50	15-50	< 15
(NO _x =Nitrit+Nitrat), NH ₄ (µg-N/l)	(NO _x) > (NH ₄) (NO _x + NH ₄) > 280	(NO _x) ≥ (NH ₄) ve (NO _x +NH ₄) = 70-280	(NO _x) > (NH ₄) (NO _x +NH ₄) < 70
Deniz tabanına yakın (dip) sularda			
Oksijen Doygunluğu (%O ₂)	< 50	50-80	> 80
Üst tabakada			
Seki Disk (m) (Işık Geçirgenliği)	< 2	2-5	> 5

2. Marmara ve Karadeniz Ötrofikasyon Kriterleri

*	TN (µg/l)	TP (µg/l)	Chl a (µg/l)	SD(m)
Oligotrofik	<260	<10	<1	>6
Mesotrofik	260-350	10-30	1-3	3-6
Ötrofik	350-400	30-40	3-5	1.5-3
Hiperötrofik	>400	>40	>5	<1.5

Hassas, Az hassas ve Gri koy, körfez ve kıyı alanlarını gösterir harita



ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad : Tolga AYERİ
Doğum Yeri ve Tarihi : Elazığ, 10.07.1990
Adres : Atakum, Samsun
E-Posta : tolga.ayeri@omu.edu.tr
Lisans : Ondokuz Mayıs Üniversitesi - 2013

