

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DENİZ DEŞARJİ SİSTEMLERİNDE  $T_{90}$ 'İN TAYİNİ VE SİSTEM  
BOYUTLANDIRILMASI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnş. Müh. Tuğçe KOÇ**

**AĞUSTOS 2008**

**TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DENİZ DEŞARJI SİSTEMLERİNDE T<sub>90</sub>'IN TAYİNİ VE SİSTEM  
BOYUTLANDIRILMASI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ**

**İnş.Müh. Tuğçe Koç**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
“ İnşaat Yüksek Mühendisi ”  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih :11.07.2008  
Tezin Savunma Tarihi :06.08.2008**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mehmet BERKÜN  
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Basri ERTAŞ  
Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Hakan ERSOY**

**Enstitü Müdür V.: Doç. Dr. Salih TERZİOĞLU**

**Trabzon 2008**

## ÖNSÖZ

Bu çalışmada, denize deşarj edilen atıksuların farklı koşullar etkisinde deniz ortamında seyrelmeleri araştırılmış,  $T_{90}$  'ın seyrelmeye ve sistem boyutlandırılmasına etkisi “visual basic” programı ile hesaplanmıştır. Bu hesaplarda, Sürmene ve Vakfikebir derin deniz deşarjı projeleri verilerinden yararlanılmıştır.

Yüksek lisans tezi danışmanlığımı üstlenerek gerek konu seçimi, gerekse çalışmaların yürütülmesi sırasında ilgisini, desteğini ve yardımını esirgemeyen, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım sayın hocam Prof. Dr. Mehmet BERKÜN'e teşekkür eder, sayesinde emin adımlarla gittiğim bu yolda kendisine saygılarımı sunarım.

Ayrıca, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, çalışmalarımı rahat yapabilmem için her türlü olanağı sağlayan aileme; İnş. Müh. Çağdaş ANILAN'a; her türlü yardım ve ilgilerinden dolayı KTÜ İnşaat Mühendisliği'ndeki hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Tuğçe KOÇ  
Trabzon 2008

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	VII
SUMMARY.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Deniz Suyunun Kirlenmesi.....	2
1.2.1. Deniz Suyunun Kirlenme Sebepleri.....	2
1.2.2. Deniz Kirlenmesinin Zararları.....	3
1.2.3. Deniz Kirlenmesi Etkisinin Derecesi.....	4
1.2.4. Deniz Suyu Kirlenmesine Karşı Alınacak Bazı Önlemler.....	5
1.2.5. Biyolojik Olarak İndirgenebilir Maddelerin Deniz Ortamı İçinde Artımı ...	6
1.3. Deniz Ortamı.....	6
1.3.1. Deniz Suyunun Özellikleri.....	7
1.3.1.1. Deniz Suyunun Kimyasal Bileşimi.....	7
1.3.1.2. Deniz Suyunun Tuzluluğu.....	7
1.3.1.3. Deniz Suyunun Sıcaklığı.....	10
1.3.1.4. Deniz Suyunun Yoğunluğu.....	10
1.3.1.5. Hidrojen İyonu Konsantrasyonu (pH).....	12
1.3.1.6. İz Elementleri.....	12
1.3.1.7. Çözünmüş Gazlar.....	13
1.3.1.8. Organik Maddeler.....	13
1.3.1.9. Deniz Suyunun Optik Özellikleri.....	15
1.3.1.10. Deniz Suyunda Oksijen.....	16
1.3.1.11. Deniz Suyunda Azot.....	16

1.3.1.12.	Hidrojen Sülfür (H <sub>2</sub> S).....	17
1.3.1.13.	Deniz Suyunda Fosfor Bileşikleri .....	18
1.4.	Sulardaki Toksik Maddeler .....	18
1.4.1.	Sularda Bulunan Toksik Maddelerin Su Hayvanları Üzerine Etkisi.....	18
1.4.2.	Elementlerin Fonksiyonları .....	18
1.4.3.	Elementlerin Toksik Etkileri .....	19
1.4.4.	Ağır Metallerin Toksik Etkileri .....	19
1.4.5.	Metal Zehirlenmesine Etki Eden Faktörler .....	20
1.5.	Karadeniz'in Fiziksel Oşinografik Özellikleri .....	21
1.5.1.	Karadeniz'in Genel Sirkülasyon Özellikleri .....	22
1.5.2.	Karadeniz'in Biyojeokimyası: Dağılımlar ve Dönüşümler.....	25
1.5.3.	Karadeniz'in Genel Deniz Suyu Sıcaklığı ve Tuzluluğu .....	28
1.6.	Atıksu Deniz Deşarjı Sistemleri .....	30
1.6.1.	Deşarj Yöntemleri .....	30
1.6.2.	Su Kalitesi Standartları.....	31
1.6.3.	Deniz Araştırmaları .....	33
1.6.4.	Deşarj Öncesi Atıksu Arıtımı .....	38
1.6.4.1.	Mekanik Ön Arıtmadan Sonra Deşarj.....	42
1.6.4.2.	Kimyasal Ön Arıtmadan Sonra Deşarj.....	42
1.6.4.3.	İkinci Kademe Biyolojik Arıtma ve/veya Dezenfeksiyondan Sonra Deşarj .....	43
1.6.4.4.	Arıtma Çamurunun da Ayrı Bir Hatla Denize Verildiği Çift Hatlı Deşarj ..	44
1.6.4.5.	Üçüncü Kademe Biyolojik Arıtmadan Sonra Deşarj .....	44
1.6.4.6.	Ön Arıtmadan Sonra Mevsimlik Deşarj .....	44
1.6.4.7.	Boyuna Kademelendirme ile Değişken Ön Arıtma.....	45
1.6.5.	Deşarj Parametreleri .....	46
1.6.6.	Atıksuların Deniz Ortamında Seyrelmesi .....	46
1.6.7.	Jet ve Bulutlar.....	48
1.6.8.	Seyrelme Hesapları .....	53
1.6.8.1.	İlk Seyrelmenin Hesabı .....	54
1.6.8.1.1.	Durgun ve Üniform Yoğunluklu Ortama Yatay Dairesel Jet Deşarjında İlk Seyrelme Hesabı .....	55
1.6.8.1.2.	Yoğunluk Tabakalaşması Bulunan Durgun (Akıntısız) Ortama Yatay Dairesel Jet Deşarjında İlk Seyrelme Hesabı .....	59

1.6.8.1.2.1.	Lineer Yoğunluk Tabakalaşması Hali .....	59
1.6.8.1.2.2.	Lineer Olmayan Yoğunluk Tabakalaşması Hali .....	62
1.6.8.3.	İkinci Seyrelmenin Hesabı .....	66
1.6.8.3.	Üçüncü Seyrelmenin Hesabı .....	66
1.6.8.4.	Toplam Seyrelmenin Hesabı .....	68
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	69
2.1.	Çalışmanın Amacı .....	69
2.2.	Yapılan Araştırmalar .....	69
2.2.1.	Su kalitesi İndikatörleri ve Mikrobiyolojik Özellikleri.....	69
2.2.1.1.	Koliform Tayin Yöntemleri .....	71
2.2.1.1.1.	Total Koliform.....	71
2.2.1.1.2.	Fekal Koliform .....	71
2.2.2.	Bakteriyel Yok Olma .....	72
2.2.2.1.	Çürüme Oranının Tahmini .....	74
2.2.2.2.	Bakteriyel Yok Olma İçin Kullanılan Matematiksel İfadeler .....	75
2.2.2.2.1.	Mancini(1978)'in İfadesi, Thomman ve Mueller (1987) Tarafından İlaveli .....	76
2.2.2.2.2.	Juanes (1995) Denklemleri.....	77
2.2.2.3.	Bakteriyel Yok Olma Tespiti İçin Kullanılan Test Yöntemleri .....	78
2.2.3	T <sub>90</sub> .....	79
2.2.3.1.	T <sub>90</sub> Tayin Yöntemi .....	80
2.2.3.1.1.	Kapalı deneylerle T <sub>90</sub> Tayini .....	80
2.2.3.1.2.	Açık deneylerle T <sub>90</sub> Tayini .....	80
2.2.3.2.	T <sub>90</sub> Değerini Etkileyen Faktörler .....	81
2.2.3.2.1.	Çevresel Faktörler Etkisinde T <sub>90</sub> Değişimi.....	82
2.2.3.2.2.	Kullanılan İndikatöre Göre Elde Edilen T <sub>90</sub> Değerleri .....	86
2.2.4.	VT <sub>90</sub> .....	89
2.2.5.	S <sub>90</sub> .....	90
2.3.	Türkiye Kıyılarında T <sub>90</sub> .....	91
2.4.	Genel Sabitler .....	97
2.4.1.	Sürmene Derin Deniz Deşarjı Kesin Projesi .....	97
2.4.1.1.	Birinci Seyrelme.....	98
2.4.1.2.	İkinci Seyrelme .....	99

2.4.1.3.	Üçüncü Seyrelme .....	99
2.4.1.4.	Toplam Seyrelme .....	100
2.4.2.	Vakıkebir Derin Deniz Deşarjı Kesin Projesi .....	100
2.4.2.1.	Birinci Seyrelme.....	100
2.4.2.2.	İkinci Seyrelme .....	101
2.4.2.3.	Üçüncü Seyrelme .....	102
2.4.2.4.	Toplam Seyrelme .....	102
3.	BULGULAR .....	103
3.1.	Yöntem .....	103
3.2.	Program Akış Diyagramı .....	104
4.	İRDELEME .....	144
5.	SONUÇLAR .....	145
6.	ÖNERİLER .....	146
7.	KAYNAKLAR.....	147
ÖZGEÇMİŞ		

## ÖZET

Atıksuların, standartlara uygun şekilde deşarj edilebilmesi için seyrelme kriterlerinin sağlanması gerekir. Çünkü bakterilerin deniz ortamında azalması için atıksu ve organik maddelerin seyrelme miktarı önemlidir.

Üçüncü seyrelme evresinde kullanılan  $T_{90}$  parametresi, atıksu kirliliğinin göstergesi olan bakteri yoğunluğunun %90'ının azalması için geçen zamanı ifade eder. Bakteri ölüm oranının tespiti, deşarj sistemlerinin boyutlandırılmasında en önemli konulardan biridir.

Bu tez çalışmasının amacı;  $T_{90}$  değerlerinin farklı çevresel koşullar altında ve seçilen bakteri tipine göre değişebilirliğini ve bu değişkenliğin seyreilmeye ve proje boyutlandırmasına etkilerinin araştırılıp belirlenmesidir.

**Anahtar Kelimeler:**  $T_{90}$ , atıksu, deniz deşarjı, seyrelme, bakteriyel yok olma, su kalitesi indikatörleri, Karadeniz.



## SUMMARY

### **Determination of $T_{90}$ and Investigation of its Effects on the Outfall Design**

For the evaluation of outfall systems according to the wastewater discharge standards, dilution criteria should be obtained. Because; the dilution level of wastewater and its organic matter content are important for the decrease of coliforms.

The parameter  $T_{90}$  used in the 3rd. level dilution expresses the time in which the concentration of a determined indicator bacteria reduced by 90 %. The estimation of the bacterial die-off period ( $T_{90}$ ) is one of the most important aspects in the design of outfalls.

The objective of this study is to determine the variability of  $T_{90}$  values depending on the different environmental conditions and the type of chosen indicator bacteria. The effects of these variations on the dilution and the design of the outfall system are investigated.

**Key Words:**  $T_{90}$ , wastewater, outfalls, dilution, bacterial die-off, water quality indicators, Blacksea

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Tipik tuzluluk-derinlik değişimi .....	8
Şekil 2. Tipik sıcaklık-derinlik değişimi .....	10
Şekil 3. Tipik yoğunluk-derinlik değişimi .....	11
Şekil 4. Karadeniz’de hidrojen sülfür kuşağı .....	27
Şekil 5. Karadeniz (Trabzon) deniz suyu yüzey sıcaklığının zamana bağlı değişimi ...	30
Şekil 6. Ön arıtma ve/veya dezenfeksiyondan sonra deniz deşarjı.....	38
Şekil 7. Mekanik ön arıtmadan sonra deşarj .....	42
Şekil 8. Kimyasal ön arıtmadan sonra deşarj.....	43
Şekil 9. İkinci kademe biyolojik arıtmayı takip eden deniz deşarjı.....	43
Şekil 10. Üçüncü kademe biyolojik arıtmayı takiben deşarj .....	44
Şekil 11. Ön arıtmadan sonra mevsimlik deşarj .....	45
Şekil 12. Boyuna kademelendirme ile değişken ön arıtma.....	45
Şekil 13. Denize deşarj edilen atıksu jetinin davranışı .....	47
Şekil 14. Atıksuların alıcı ortamda seyrelmesi .....	47
Şekil 15. Deşarjdan sonraki akımın gelişimi .....	51
Şekil 16. Jet eksenindeki hız ve konsantrasyon dağılımları .....	53
Şekil 17. Lineer yoğunluk tabakalaşmalı ortamlara jet deşarjı.....	59
Şekil 18. Atıksu tarlasının batmış vaziyette tutularak akıntı ile seyrelmeksizin taşınması .....	62
Şekil 19. Lineer olmayan yoğunluk tabakalaşması hali .....	65
Şekil 20. Koliformların zamana bağlı azalışı .....	75
Şekil 21. T <sub>90</sub> ’ın karanlıkta sıcaklıkla değişimi .....	82
Şekil 22. T <sub>90</sub> ’ın ışıқта sıcaklıkla değişimi .....	83
Şekil 23. Günlük ortalama solar radyasyon(I <sub>0</sub> ), askıdaki katı madde(SS) ve derinlikle (h) T <sub>90</sub> arasındaki ilişki için elde edilen abeküs .....	85
Şekil 24. Askıda katılar/ bulanıklık için karanlıkta ve ışıқта T <sub>90</sub> .....	86
Şekil 25. Hopa Mayıs 1999 T <sub>90</sub> tayini .....	92
Şekil 26. Hopa Eylül 1999 T <sub>90</sub> tayini.....	92
Şekil 27. Of Haziran 1999 T <sub>90</sub> tayini .....	93

Şekil 28. Of Eylül 1999 $T_{90}$ tayini .....	93
Şekil 29. Of Şubat 2000 $T_{90}$ tayini .....	94
Şekil 30. Vakfıkebir Haziran 1999 $T_{90}$ tayini .....	94
Şekil 31. Vakfıkebir Eylül 1999 $T_{90}$ tayini .....	95
Şekil 32. Vakfıkebir Şubat 2000 $T_{90}$ tayini .....	95
Şekil 33. Bulancak Haziran 1999 $T_{90}$ tayini .....	96
Şekil 34. Bulancak Eylül 1999 $T_{90}$ tayini .....	96
Şekil 35. Görele Şubat 2000 $T_{90}$ tayini .....	97
Şekil 36. Vakfıkebir ve Sürmene deniz deşarjı .....	98
Şekil 37. Akış diyagramı .....	104
Şekil 38. Sürmene deniz deşarjı projesinde $T_{90}$ $S_3$ ilişkisi .....	123
Şekil 39. Sürmene deniz deşarjı projesinde $T_{90}$ toplam seyrelme ilişkisi .....	124
Şekil 40. Sürmene deniz deşarjı projesinde $T_{90}$ x mesafesi ilişkisi .....	125
Şekil 41. Vakfıkebir deniz deşarjı projesinde $T_{90}$ $S_3$ ilişkisi .....	141
Şekil 42. Vakfıkebir deniz deşarjı projesinde $T_{90}$ toplam seyrelme ilişkisi .....	142
Şekil 43. Vakfıkebir deniz deşarjı projesinde $T_{90}$ x mesafesi ilişkisi .....	143

## TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Deniz suyundaki önemli katyon ve anyonlar .....	9
Tablo 2. Denizlerdeki tuzluluk ve yoğunluk değerleri .....	9
Tablo 3. Çeşitli ülkelerin koliform standartları .....	32
Tablo 4. Derin deniz deşarjına izin verilebilecek atıksuların özellikleri .....	32
Tablo 5. Derin deniz deşarjları için uygulanacak kriterler .....	32
Tablo 6. Eysel atıksu debilerine göre minimum deşarj boru boyu .....	32
Tablo 7. Deniz araştırmalarında ölçülen parametreler.....	37
Tablo 8. Arıtma sistemlerinin verimleri ve işletme özellikleri .....	41
Tablo 9. Bakteri ve virüsler için rapor edilmiş bazı çürüme oranları .....	74
Tablo 10. Tuzluluk, ışık şiddeti ve sıcaklık için yapılan laboratuvar deneylerinde elde edilen korelasyon katsayıları, ölüm oranı sabiti ve $T_{90}$ değerleri .....	84
Tablo 11. Örneklerin farklı kombinasyonlarından yerinde deneylerle elde edilen $T_{90}$ ve korelasyon katsayıları değerleri.....	84
Tablo 12. Haliç ve deniz sularındaki $T_{90}$ değerleri örnekleri.....	88
Tablo 13. İnaktivasyon katsayıları ( $k_d$ ), ve deney 1 süresince $T_{90}$ .....	88
Tablo 14. İnaktivasyon katsayıları ( $k_d$ ), ve deney 2 süresince $T_{90}$ .....	89
Tablo 15. İnaktivasyon katsayıları ( $k_d$ ), ve deney 3 süresince $T_{90}$ .....	89
Tablo 16. Saat olarak ifade edilen $T_{90}$ ve $VT_{90}$ değerleri .....	90
Tablo 17. Sürmene deniz deşarjı projesinde $T_{90}$ 'ın 2'den 5'e çıkması durumunda üçüncü ve toplam seyrelme değerlerinin değişimleri .....	107
Tablo 18. Sürmene deniz deşarjı projesinde $T_{90}$ 'ın 2'den 5'e çıkması durumunda seyrelme kriterlerinin sağlanması için x mesafesinin olması gereken değerleri .....	115
Tablo 19. Vakfıkebir deniz deşarjı projesinde $T_{90}$ 'ın 2'den 5'e çıkması durumunda üçüncü ve toplam seyrelme değerlerinin değişimleri .....	126
Tablo 20. Vakfıkebir deniz deşarjı projesinde $T_{90}$ 'ın 2'den 5'e çıkması durumunda üçüncü ve toplam seyrelme değerlerinin değişimleri .....	133

## SEMBOLLER DİZİNİ

- $A_j$  : Jetin enkesit alanı  
 $b$  : Akıntıya dik difüzör boyu ve  $x=0$  noktasındaki atıksu tarlası genişliği  
 $B$  : Özgül yüzme veya batma akısı  
 $BOI$  : Biyokimyasal oksijen ihtiyacı  
 $BOI_5$  : Beş günlük biyokimyasal oksijen ihtiyacı  
 $C$  : Atık sudaki kirletici konsantrasyonu ve atıksuyun seyrelmeden sonraki konsantrasyonu  
 $C_o$  : Başlangıçtaki kirletici konsantrasyonu  
 $C_p$  : Bulutu teşkil eden sıvının sabit basınç altındaki özgül ısısı  
 $ÇO$  : Çözülmüş oksijen  
 $ÇY$  : Çamur yoğunlaştırıcı  
 $D$  : Difüzör delik çapı  
 $DB$  : Dezenfeksiyon birimi  
 $D_j$  : Jetin çıkıştaki çapı  
 $EMS$  : En muhtemel sayı  
 $F$  : Densimetrik froude sayısı  
 $g$  : Yerçekimi ivmesi  
 $g'$  : Etkili yerçekimi ivmesi  
 $h$  : Su derinliği  
 $h^*$  : Atık su tarlası kalınlığı  
 $H$  : Ortalama derinlik  
 $HH$  : Havalandırma havuzu  
 $HKT$  : Havalandırılmalı kum tutucu  
 $I$  : Izgara  
 $İÇH$  : İlk çöktürme havuzu  
 $K_d$  : Ölüm oranı katsayısı  
 $K_d'$  : Hiperbolik çürüme oranı  
 $K_1$  : Sıcaklık ve tuzluluk etkisi  
 $K_2$  : Solar radyasyon etkisi  
 $K_3$  : Resüpsansiyonu azaltan organizma sedimentasyonu

$K_4$	: Gelişme katsayısı
$k$	: Kirleticinin giderilme hızı sabiti
$KOI$	: Kimyasal oksijen ihtiyacı
$KT$	: Kum tutucu
$L$	: Deşarj hattı uzunluğu
$M$	: Özgül momentum akısı
$N_0$	: Başlangıç indikatör yoğunluğu
$P_1$	: Isı kaynağınca verilen sıcaklık akısı
$q$	: Birim difüzör boyu başına düşen debi
$Q$	: Hacim akısı
$Q_1$	: Ortalama deşarj edilen atık su debisi
$Q_0$	: Difüzörden deşarj edilen toplam atık su debisi
$R$	: Korelasyon katsayısı
$r$	: Jet eksenine dik eksen boyunca uzunluk
$s$	: Jet eksenine boyunca difüzör deliğinden olan mesafe
$S$	: Tuzluluk ve atık suyun seyrelmesi, Santrifüj
$S_1$	: Birinci seyrelme
$S_2$	: İkinci seyrelme
$S_3$	: Üçüncü seyrelme
$S_T$	: Toplam seyrelme
$S_{CH}$	: Son çöktürme havuzu
$S_{90}$	: Bakteriyel yoğunluğun % 90'ının azalması için gereken gün ışığı parlaklık dozu
$S_0$	: Ortalama ilk seyrelme
$S_y$	: Atıksu tarlasının alt kısmındaki seyrelme
$T$	: Sıcaklık
$t$	: Taşınma süresi
$T_{90}$	: Bakteriyel yoğunluğun % 90'ının azalması için gereken süre
$TAM$	: Toplam askıdaki katı madde miktarı
$TM$	: Terfi merkezi
$TOK$	: Toplam organik karbon
$TOS$	: Toplam organik katılar
$u$	: Jet elemanının hızı ve akıntı hızı
$U$	: Akıntı hızı

- $VT_{90}$  : “Viable”  $T_{90}$   
 $w$  : Jetin başlangıç hızı  
 $\bar{w}$  : Jet eksenini doğrultusundaki zamansal ortalama akım hızı  
 $x$  : Difüzör deliğinden itibaren ölçülen yatay mesafe ve yatay eksen  
 $y$  : Atık su tarlasının alt kısmının difüzör deliği ekseninden yüksekliği, difüzör deliğinden itibaren ölçülen düşey mesafe ve yüzeyden yukarı doğru ölçülen koordinat  
 $y_j$  : Difüzör deliğinden j dilim üst kenarına olan düşey mesafe  
 $y_{max}$  : Atık su tarlasının üst kısmının difüzörden yüksekliği  
 $z$  : Derinlik  
 $\Delta\rho$  : Jet içerisindeki ve haricindeki akışkanlar arasındaki yoğunluk farkı  
 $\Delta y_j$  : j. dilimin kalınlığı  
 $\rho$  : S misli deniz suyu ile karışmış atıksu-deniz suyu karışımının yoğunluğu ve deniz suyunun özgül kütlesi  
 $\rho_1$  : Delik eksenini hizasındaki deniz suyu yoğunluğu  
 $\rho_a$  : Alıcı ortam yoğunluğu  
 $\rho_o$  : Atık su yoğunluğu  
 $\rho_t$  :  $t^\circ C$ 'daki deniz suyu yoğunluğu  
 $\bar{\rho}_{a,j}$  : Difüzör deliği hizasından itibaren j. dilimdeki ortalama deniz suyu yoğunluğu  
 $\sigma_t$  :  $t^\circ C$ 'daki oşinografik yoğunluk  
 $\alpha$  : Hacimsel genişleme katsayısı, oransal katsayı  
 $\gamma$  : Boru dışındaki suyun birim hacim ağırlığı  
 $\theta$  : Jet ekseninin yatayla yaptığı açı  
 $\mu$  : Özgül kütle akısı  
 $\wedge$  : Deniz suyu yüzdesi  
 $\bar{I}_o$  : Günlük ortalama yüzeysel solar radyasyon  
 $\gamma_{ex}$  : Işık yok olma katsayısı  
 $U_s$  : Bakteriyel oluşumun net kayıp oranı

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

İnsanoğlunun doğasında var olan ve ihtiyaçları paralelinde sürekli artan tüketme ve lüks yaşam arzusu, endüstriyel gelişme ve sanayileşme süreci ile günümüzde en yüksek düzeye ulaşmıştır. Üretim sektörü insanların daha fazla refah içinde yaşamalarını sağlamaya yönelik olarak kendi alanında sürekli gelişme ve üretme çabasında olmuştur. Hızlı nüfus artışı ve buna bağlı olarak yaygınlaşan plansız şehirleşme hızı, endüstriyel gelişim hızının beraberinde getirdiği yük doğaya ağır gelmiş; bu yükü taşıyamaz hale gelen doğal ortamlar tepkisini çeşitli reaksiyonlarla göstermiştir. İnsanların tükenmez kaynak olarak gördükleri çevreye gösterdikleri tahripkar etkilere karşı doğanın göstermiş olduğu bu tepkilerden biri de deniz ve kıyı kirliliğidir.

Yoğun nüfusa sahip olan deniz kıyılarında yetersiz planlanmış atık su deşarjları, endüstri kuruluşlarında bulunan eski teknoloji deşarj sistemleri, endüstrilerde ara malzeme olarak kullanılan kimyasallar, boyalar, dezenfektanlar, ilaçlar ve diğer pek çok imalat sanayi yan ürünleri denizler için önemli kirlilik kaynaklarıdır. Dikkatli kullanılmadıkları ve gerekli denetimleri yapılmadıkları takdirde deniz ortamlarında önemli boyutlarda kirlenmeye sebep olabilmektedirler. Gemi kazaları ve petrol tesislerindeki sızıntılar da önemli kirlenme sebepleridir.

Türkiye, üç tarafı denizlerle çevrilmiş bir ülke olduğu için deniz ortamıyla içi içe olan bir coğrafi konumdadır. Turizm ve balıkçılık açısından önemli bir kaynak teşkil eden kıyı ve deniz sularının korunması ise estetik ve ekolojik faktörlerin ötesinde yaşamsal önem taşıyan bir ekonomik unsurun korunması olarak da anlaşılmalıdır. Ülke beslenmesinde ve deniz taşımacılığında çok önemli yeri olan Akdeniz, Ege, Marmara ve Karadeniz'in insan aktivitesinden çok fazla etkilenmiş olmalarının sebepleri; kapalı deniz olmaları ve uygarlığın ilk geliştiği bölgede bulunmalarıdır. Kapalı deniz olmaları su yenileme zamanının uzun olmasına ve dolayısıyla denize giren atıkların ortamda uzun süre kalmalarına sebep olmaktadır. Ayrıca, gel-git olaylarının da ülkemizde çok düşük olduğu düşünülürse, deniz kirliliğinin günden güne artması ve giderek kontrolden çıkması kaçınılmazdır.



## 1.2. Deniz Suyunun Kirlenmesi

### 1.2.1. Deniz Suyunun Kirlenme Sebepleri

Deniz kirlenmesi, karadan ve denizdeki aktivitelerden gelen kirleticilerin deniz ortamına girmesi sonucu oluşur. Karadan gelen kirletici maddeleri; şehir ev atıksuları, endüstri ve zirai suları, yağmur suları, drenaj suları ve soğutma suları oluşturur. Bu kirli sular ya doğrudan kıyıya boşaltılır ya da önce bir nehir veya kanal içine girerek bir süre sonunda denize ulaşır.

Denizdeki etkinlikler de önemli ölçüde kirlenmeye neden olabilmektedir. Deniz ulaşımı, balıkçılık, su sporları, deniz kazaları, nükleer denemeler, atmosferik kirleticilerin deniz suyuna karışması gibi olaylar sonucu deniz önemli derecede kirlenmektedir.

Kirlilik kaynakları şu şekilde sıralanabilir:

- Her türlü çöpün, hafriyatın denize direkt veya dolaylı denize dökülmesi,
- Lağım, kanalizasyonların kirli sularının yıllardan beri arıtılmadan denize akıtılması,
- Zehirli, boğucu, çöktürücü, renklendirici sanayi artıklarının denize yayılması,
- Lağım çukurlarına biriktirilen konut artıklarının, bilhassa asitli, fosfatlı temizlik malzemelerinin, deterjanlı suların, yanmış yağ artıklarının direkt veya indirekt denize boşaltılması,
- Deniz kıyılarının doğal yapısının betonlaştırılarak tahribat edilmesi,
- Deniz suyunun doğal devir-daimi, akıntıların gelişi güzel dolgu, barınak, dalgakıran, marina, dalyan, gibi yapılarla engellenmesi veya olumsuz yöne çevrilmesi,
- Deniz dibini tarayarak harap eden ağ avlama yöntemlerin yıllardan beri sürmesi,
- Kıyılarda gırgır balık avlama yönteminin yoğunlaşması (aşırı avlanma),
- Deniz diplerinden, kayalık ve taşlıklardan midye, salyangoz, deniz patlıcanı, yıldız, kara diken, yosun, karides, mamun gibi mamullerin yıllardan beri aşırı toplanması,
- İnşaatlar için sahillerden, koylardan ve deniz dibinden kum, çakıl, taş toplanması,
- Tekne, motor, yat, sandal gibi deniz taşıtlarındaki hızlı artış. Yakıtlı, yağlı tekne içi sularının limanlarda, koylarda denize boşaltılması (Denizde suyun üstünde

yayılan yağın, yakıtın birçok bitkinin ve canlının besin kaynağı olan platom, yakamoz gibi mikro organizmaları, yok etmektedir. )

- Teknelerin, gemilerin sualtlarının zehirli boyalarla kaplanması.

### 1.2.2. Deniz Kirlenmesinin Zararları

Denizin yukarıda belirtilen nedenlerle kirlenmesinin oluşturacağı zararları beş kısma ayırabiliriz:

- Sağlık için oluşturacağı tehlikeler: Patojenik (hastalık yapan) mikroorganizmalar, deniz suyu ile temas etmesi halinde, insan vücuduna girerek çeşitli hastalıklara neden olabilirler. Hastalık yapan mikroorganizmalar ve zehirli maddelerle (cıva, kurşun, kadmiyum, klor bileşikleri vb.) kirlenmiş deniz ürünlerinin kullanılması da hastalık nedeni olmaktadır.
- Doğal kaynakların zarar görmesi: Kirlenme sonucu, denizdeki canlı hayatı da zarara uğramaktadır. Farklı ekosistemlerde yaşamlarını sürdüren canlılar, kirlenme sonucu ekolojik, genetik, fizyolojik dengelerini kaybetmekte ve yok olmaktadır. Ekosistemlerde değişime neden olan başlıca kirlenme nedenleri olarak, deniz suyu ısısının fazla değişimi, ışığın azalması, asitlerin, zirai mücadele ilaçlarının, zehirli maddelerin, radyoaktif maddelerin, hidrokarbonların, fenol bileşiklerinin denize deşarjı ve ötrifikasyon (aşırı bitki üremesi) oluşması verilebilir.
- Kıyıların rekreasyon amacı ile kullanılamaz hale gelmesi: Yüzücü maddeler, yağ, petrol, katran ve yüzeyde seyreden diğer kirlenici maddeler, deniz suyu ile temas eden yüzeylere yapışarak, estetik bakımdan hoş olmayan görüntülere neden olurlar ve çevreye hoş olmayan ve zararlı kokuların yayılması sonucunu doğururlar.
- Deniz suyuna karışan asitler, hidrokarbonlar, plastikler, ağaç parçaları, katran, tabandaki ağır maddeler ve ötrifikasyon, metallerde korozyona, boya bozulmasına, kabuk deformasyonuna, pervanelerin arızalanmasına, ağların yırtılmasına ve kirlenmesine neden olurlar.

- Deniz suyundan endüstriyel ve içme suyu amacı ile yararlanılmasında güçlükler: Kirlenme sonucu deniz suyunun, soğutma suyu olarak, içme suyu sağlanması için ve yüzme havuzlarında kullanılması olanaksızlaşır.

### 1.2.3. Deniz Kirlenmesi Etkisinin Derecesi

Deniz kirlenmesinin, farklı ekosistemlerin kıydan yararlanmaları üzerindeki etki derecesi çeşitli faktörlere bağlıdır:

- Kirleticilerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri (boyutlar, fiziksel özellikler, özgül ağırlık, yüzey gerilimi, enerji seviyesi, pH, eriyebilirlik, biyolojik bozunma yeteneği, oksitlenme derecesi, zehirlilik derecesi, devamlılığı, besleyici özelliği, biyolojik yönden çevreye uygunluğu vb.),
- Dikkate alınan bölgede belli bir kirleticinin veya aynı sınıflandırmaya girecek kirleticilerin yoğunluğu,
- Kirlenme olayının gelişiminde çevreye özgü karakteristikler (sulama, difüzyon, dispersiyon, absorpsiyon, çökeltme, oksitlenme, biyolojik bozunma, fotosentez, birikme olaylarını etkileyen faktörler),
- Belirli bir çevre için düşünülen optimum kullanım (doğal parklar, balıkçılık, deniz ziraatı, midye ve ıstakoz üretimi, yıkama, rekreasyon, turizm, alt yapı tesisleri, deniz taşımacılığı, su kaynaklarının hizmete konulması vb.),
- Bölgesel kirlenmeyi doğrudan doğruya veya dolaylı yoldan diğer çevrelere (ekosistemlere) iletecek doğal olaylar (rüzgarlar, dalgalar, gel-git olayı, akıntılar, bölgenin coğrafyası, kıyının eğimi, kıyıda deniz dibi eğimi, denizin derinliği vb.).

Bu açıklamalardan anlaşılacağı üzere kirlenmenin tarifine, kirlenmeyi etkileyen bütün değişken faktörlerin nicel değerlendirmeleri ile başlanmalıdır. Farklı çevrelerde, farklı ortamlarda yapılan gözlemlerin genelleştirilemeyeceği açıktır. Karadeniz havzasındaki kirlenme belirtilerinin gelişimi ve koruyucu önlemlerin alınmasıyla ilgili bir değerlendirmenin Baltık veya Kuzey Denizi'nden edinilen gözlem sonuçlarına dayandırılması olanağı yoktur.

Deniz kirlenmesinin etkileri çok büyüktür. Daha önce de belirtildiği gibi, dikkate alınan bölgenin bütün unsurlarının incelenmesi ve değerlendirilmesi gerekir. Etkilenen ana unsurlar ekosistem, sağlık, ekonomik ve yasal etkinlikler olacaktır.

#### 1.2.4. Deniz Suyu Kirlenmesine Karşı Alınacak Bazı Önlemler

Deniz suyu kirlenmesine karşı alınacak bazı önlemler şunlardır:

- Zehirli, boğucu, renklendirici, mikroplu fabrika atıklarının merkezi arıtma ve dinlendirme tesislerinden sonra denize ulaşmalarını sağlamak. Organize sanayi bölgelerinde, merkezi, arıtma tesislerinin yapımının faaliyetinin yapımını şart koşturmak. Büyük kapasiteli atık üreten fabrikalarda ön amaçlı arıtma tesislerinin mevcudiyeti aranmalıdır,
- Küçük büyük yerleşim birimlerinin kanalizasyona bağlanması ve atıkların merkezi arıtma tesislerinde zararlı bileşenlerden arındırılması ve yapay göletlerde dinlendirildikten sonra akarsulara veya denizlere deşarj edilmesi,
- Akarsu vb. (dere, ırmak, nehir vb.) ve deniz kenarlarına hafriyatın, çöpün dökülmesinin önüne geçmek,
- Liman içlerinde ve sığ sularda balık avlanmasını belli bir süre yasaklamak.
- Özellikle liman içlerindeki deniz diplerinden karadiken, midye ,yosun gibi deniz ürünlerinin toplanılmasını yasaklamak,
- Deniz kıyılarının doğal yapısının korunmasına özen göstermek. Deniz kıyısından 50m'ye kadar yapılaşmaya ( konut, yazlık, otel vb.) izin vermemek,
- Deniz devir daimini aksatacak dalyan , kordon, kütiskele, barınak, dalgakıran, balık, midye çiftlikleri gibi yapılara (Bilhassa liman içlerinde, boğazlarda) izin vermemek. Kumsalların her türlü araç trafiğine kapalı tutulması,
- Deniz kenarlarından ve deniz diplerinden inşaatlar için kum, çakıl, taş toplanmasına izin vermemek,
- Deniz suyuna dik inen beton kordon duvarları yerine, su seviyesine kadar iri ufaklı topraksız kaya parçaların dökülmesi,
- Halk yazılı ve görsel basınla konunun ehemmiyeti açısından bilgilendirilmelidir. Temiz çevre bilinci aşılmalıdır,
- Çevreyi kirletenlerin takibi, tespiti ve caydırıcı hapis ve para cezalarının uygulanmasıdır.

### 1.2.5. Biyolojik Olarak İndirgenabilir Maddelerin Deniz Ortamı İçinde Artımı

Denizde biyolojik mekanizmalar atık maddelerin gıda zincirine geri dönüşümünü sağlar. Bu mekanizmaların iyi çalışabilmesi için deniz ortamında, su içinde ve yatakta, yeterli oksijen, su, dengeli bir bakteriyel ve su canlıları (fauna) nüfusunun bulunması ve devamlılığı gereklidir. Atık maddeler suyun hareketi ile süspansiyon hale veya çözülmüş hale gelir. Aynı zamanda da bol su ile karışarak seyrelen bu atıklar, bol oksijenli ortamda oksitlenerek indirgenirler. Bu olaylar sonucu oluşan yeni gıdalar deniz yatağına çökerek, buradaki sualtı nüfusunun çoğalmasını sağlarlar.

Hassas olmanın ötesinde, denizdeki yaşama ortamı doğal çevreden ve insan etkinliklerinden gelen atıkların değişimine (miktar ve çeşit) karşı oldukça toleranslıdır. Ancak bu toleransın da bir sınırı vardır. Zehirli ve kalıcı karakterli kirleticiler, bu toleransın üst sınırını zorlayabilirler. Bu durumda doğal indirgeyici mekanizmalar bozulur ve deniz yatağı atıklarla örtülür. Bu duruma neden olan kirleticilerin birinci grubunu insektisitler (böcek öldürücü ilaçlar), ikinci grubunu ağır metaller, üçüncü grubunu maden işleme atıkları oluşturur.

### 1.3. Deniz Ortamı

Dünya yüzeyinin takriben % 70'i okyanus ve denizlerle kaplıdır. Toplam su hacmi 1.35 km<sup>3</sup> olan okyanusların ortalama derinliği 3800 m'dir. Deniz Bilimi'nin ulaştırma, balıkçılık, iklim, jeofizik, su ve enerji dengesi, güvenlik ve ekolojik bakımdan önemi eski çağlardan beri bilinmektedir. Denizler, su ürünleri, su sporları, turizm ve ulaşım gibi nimetlere ilaveten soğutma suyu temini ve atıklar için alıcı ortam teşkili yoluyla endüstriyel ve evsel maksatlı kullanımlara da imkan vermektedir. Denizlerden en iyi şekilde yararlanmak, ancak bu eşsiz kaynağın korunması ile mümkündür.

Deniz ortamı, içindeki canlıların değerine, fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre primer ve sekonder biyotik bölgelere ayrılır. Bu primer bölgelerden biri bentik, diğeri de pelajik bölgelerdir. Bentik bölge deniz tabanındaki ortamı içine alır. Pelajik bölgeyse bütün su kütesini içerir. Bentik bölge litoral ve derin deniz olmak üzere iki ana bölgeden oluşur. Bu iki bölgeyi ayıran hat keyfi olarak 200 m su derinliğinden geçer. Pelajik bölge de neritik ve açık deniz bölgesi olarak iki bölüme ayrılır. Pelajik bölgenin 200 m derinliğe

kadar ışık alan kısmı, neritik ve açık deniz bölgeleri arasındaki sınır düzeyi olarak genellikle kıta yamacının kenarıdır.

Sahile yakın kesimde denizler iki bölgeye ayrılır. Bunlardan biri kıta sahanlığı, diğeri ise kıta çukurudur. Kıta sahanlığı, sahil çizgisi ile deniz tabanının eğiminin aniden arttığı kıta eşiği arasındaki kısımdır. Dünya okyanuslarının % 7.5'ini kaplayan kıta sahanlığının ortalama genişliği 78 km, derinliği ise 133 m derinliğe kadar olan sahil kesimi kıta sahanlığı olarak kabul edilmektedir. Atık su deşarjları da kıta sahanlığı olarak adlandırılan bu kısmın 75 m'yi geçmeyen derinliklere kadar olan sığ sularına yapılmaktadır.

Denizler okyanuslara nispeten daha küçük tuzlu su ortamlarıdır. Genellikle etrafları kara parçaları ile çevrili olup okyanuslara bağlantıları vardır. Haliç ve körfezlerle kara parçalarının içlerine kadar sokulurlar. Etrafı karalarla çevrili olan iç denizlerin, okyanuslar veya açık denizlerle irtibatı sağlayan boğazlarının hidrografik özellikleri, bu denizlerin su kalitesi, akıntı iklimi ve diğerkarakteristiklerini önemli ölçüde etkiler. Örneğin kapalı bir deniz olan Akdeniz'in yılda ancak toplam su miktarının % 1'i bağlandığı denizlere karışır.

### **1.3.1. Deniz Suyunun Özellikleri**

#### **1.3.1.1. Deniz Suyunun Kimyasal Bileşimi**

Deniz suyu bünyesinde çözünmüş, askıda organik ve inorganik maddelerle çeşitli gazlar bulunmaktadır. Deniz suyu içerisindeki başlıca anyon ve katyonlar Tablo 1'de verilmiştir. Tablodan da görüldüğü üzere sadece Na<sup>-</sup> ve Cl<sup>-</sup> iyonlarının tuzluluğa katkısı % 85.65'tir.

#### **1.3.1.2. Deniz Suyunun Tuzluluğu**

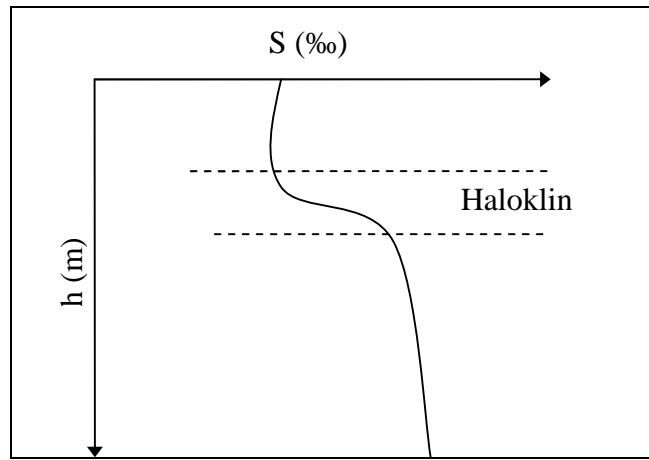
Okyanuslardaki tuzluluk seviyesi genellikle % 34-38 aralığında değişmektedir. İç denizler ve sahil sularında tuzluluk tatlı sularla karışım oranına bağlı olarak daha geniş aralıklarda değişir. Tuzluluk ayrıca derinlik boyunca da değişim gösterir. Tuzluluğun derinlikle değişimi açık denizlerde fazla önemli olmamasına karşılık sahil suları ve körfezlerde çok barizdir.

Deniz yüzeyindeki tuzluluk, yağışlar, buzların erimesi ve akarsularla gelen tatlı sularla karışım gibi sebeplerle azalırken buharlaşma ve buzlanma tesiriyle artar. Bu yüzden, yıllık yağış miktarının buharlaşmadan fazla olduğu ekvatora yakın bölgelerde deniz suyunun tuzluluğu diğer yerlere göre daha azdır. Keza artan enlemlerde de buharlaşma nispi olarak azaldığı için tuzluluk daha düşüktür.

Okyanusların haricindeki büyük su kütleleri olan denizler, körfezler ve diğer iç denizlerde, bu denizlerin açık deniz veya okyanuslarla bağlantı şekli tuzluluğu etkiler. Dar ve su alış verişi sınırlı bir bağlantı, iç denizlerdeki tuzluluğun mevsimlik olarak geniş aralıklarda değişmesine yol açabilir. Denizlerdeki ortalama tuzluluk ve yoğunluk değerleri Tablo 2’de görülmektedir. Bu tabloda mukayese bakımından kanal suyu ile içilebilecek en tuzlu içme suyu da ayrıca verilmiştir.

Yurdumuzda sıcak Akdeniz kıyılarında, deniz yüzeyindeki suların tuzluluğu buharlaşmanın fazlalığı nedeniyle yüksektir. Sıcaklığın daha düşük olduğu Karadeniz kıyılarında ise yağışların ve nehir debilerinin buharlaşmadan daha fazla olması nedeniyle deniz yüzeyindeki suların tuzluluğu daha düşüktür. Akdeniz’de ortalama tuzluluk % 34.3 iken Karadeniz’de bu miktar % 17.2’dir. Bu iki su kütlesi arasında yer alan Marmara Denizi’nin ortalama tuzluluğu ise % 25.5’dir.

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 1). Üst ve alt kısım arasındaki tuzluluk farkı okyanuslarda daha azdır.



Şekil 1. Tipik tuzluluk-derinlik değişimi

Tuzluluk, içerisindeki karbonat ve organik maddelerin tamamen okside olduğu, Br<sup>-</sup> ve I<sup>-</sup> iyonlarının Cl<sup>-</sup> ile değiştirildiği 1 kg deniz suyundaki gram cinsinden katı madde miktarı olarak tanımlanmaktadır. Tuzluluk, sıcaklık ve özgül iletkenlikle birlikte Salinometre aleti ile ölçülebilir.

Tablo 1. Deniz suyundaki önemli katyon ve anyonlar

Anyon veya Katyon	Konsantrasyon (g/kg) veya (‰)	Tuzluluğa Katkısı (%)
Na <sup>+</sup>	10.770	30.61
Mg <sup>2+</sup>	1.294	3.69
Ca <sup>2+</sup>	0.413	1.16
K <sup>+</sup>	0.387	1.10
Cl <sup>-</sup>	19.353	55.04
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2.712	7.68
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.142	0.41
Br <sup>-</sup>	0.067	0.19
I <sup>-</sup>	0.060	Eser
Toplam	35.198	99.88

Tablo 2. Denizlerdeki tuzluluk ve yoğunluk değerleri

Su	Tuzluluk (%)	Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )
İçme suyu standardı	0.5 (max. 1,0)*	1000 (4°C)
Evsel atık su	0.5-1.5*	1001-1003 (999.9)
Fosil yeraltı suyu (Acı su)	1.5-3.0*	
Baltık Denizi	≈ 8.0	1006
Karadeniz (yüzeyde)	17-18	≈ 1013
Akdeniz	≈ 34	≈ 1028
Hint Okyanusu	34.6-35.5	
Diğer okyanuslar	34-38	1024-1030
Kızıldeniz	40	
Marmara Denizi (üst tabaka)	25	
Marmara Denizi (alt tabaka)	34	
İstanbul Boğazı (üst tabaka)	18-22	
İstanbul Boğazı (alt tabaka)	34	

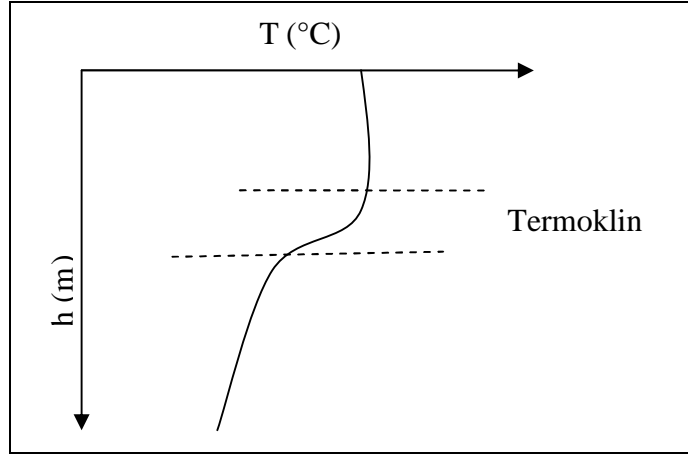
\*Toplam çözülmüş madde olarak



### 1.3.1.3. Deniz Suyunun Sıcaklığı

Deniz yüzeyinde ve yüzeye yakın noktalarda su sıcaklığı hem mevsimlik hem de günlük değişim gösterir. Su derinliğinin az olduğu kıyı kesimi dışında, deniz tabanına yakın bölgede su sıcaklığı kayda değer bir değişiklik göstermez. Suyun yüzeyi ile deniz tabanı arasında sıcaklığın derinliğe göre diğer kısımlardakine oranla çok daha hızlı olarak değiştiği bölgeye termoklin tabakası adı verilir. Termoklin tabakasında genellikle  $1^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 'den daha büyük bir sıcaklık değişimi söz konusudur. Denizlerdeki sıcaklık-derinlik profili tipik olarak Şekil 2'deki gibi gösterilebilir. Üst tabakadaki sıcaklıkların nispeten değişmez olması, bu kısmın rüzgar etkisiyle daha iyi karışmasından ileri gelmektedir. Termoklin bölgesinin üzerinde yer alan su tabakasının sıcaklığı, yazın dipteki tabakanın sıcaklığından daha fazladır. Kış mevsiminde ise tam tersidir.

Denizlerde genel olarak üç çeşit termoklin bulunur. Birincisi kalıcıdır ve oldukça derinde oluşur. İkincisi mevsimlidir, ilkbaharda oluşur ve sonbaharın sonunda ortadan kalkar. Üçüncüsü ise gündüzdür, sabah oluşup akşam kaybolur.



Şekil 2. Tipik sıcaklık-derinlik değişimi

### 1.3.1.4. Deniz Suyunun Yoğunluğu

Tatlı suyun  $+4^{\circ}\text{C}$ 'daki yoğunluğu  $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$ 'tür. Deniz suyu yoğunluğunun tatlı su yoğunluğundan farkı oşinografik yoğunluk ile ifade edilir.

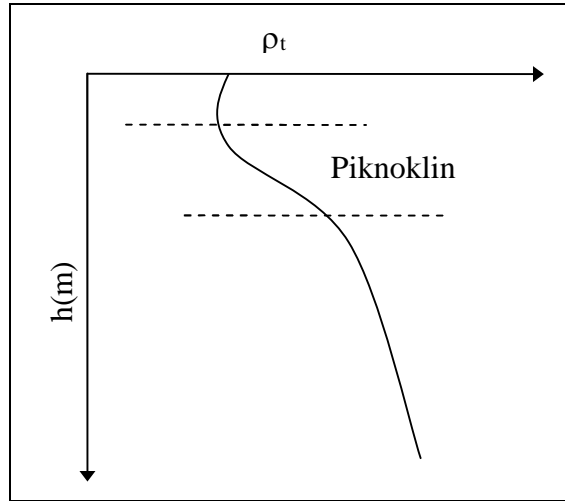
$$\sigma_t = (\rho_t - 1) * 1000 \quad (1)$$

$\sigma_t$  : t °C'deki oşinografik yoğunluk

$\rho_t$  : t °C'deki deniz suyu yoğunluk (t/m<sup>3</sup>) tur.

Gerçekte deniz suyu yoğunluğu, sıcaklık, basınç ve tuzluluğa bağlı olarak değişir. Sahil sularında derinlik 200 m'nin altında olduğundan, basıncın tesiri genellikle ihmal edilmektedir.

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 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 mekana göre değişir. Özellikle atık su deniz deşarj tesislerinin tasarımı için yıl boyunca mevsimlik değişimlerin mahallinde yapılacak oşinografik etütlerle belirlenmesi gerekir.



Şekil 3. Tipik yoğunluk-derinlik değişimi

Termoklin, haloklin ve piknoklin tabakaları genellikle hemen hemen birbirleriyle çakışır ve deniz deşarjları sonucu ortaya çıkan atık su tarlasının durumu hakkında fikir verir. Yoğunluk tabakalaşması olan ortamlarda çok özel haller dışında batmış atık su tarlası teşekkül eder. Üniform yoğunluklu ortamlarda ise atık su tarlası su yüzeyine kadar ulaşır ve yüzeyde tarla oluşur.

### 1.3.1.5. Hidrojen İyonu Konsantrasyonu (pH)

Karalarda pH 3.8-8.1 aralığında değiştiiği halde denizler alkali karakterde olup, pH 8.0-8.2 arasındadır. pH parametresi deniz suyundaki çözünmüş tuz ve CO<sub>2</sub> konsantrasyonuna bağlı olarak değişir. Deniz yüzeyinde fotosentez olayı cereyan ediyorsa pH yükselir. Denizin alt katmanlarında canlı varlıklar O<sub>2</sub> alıp CO<sub>2</sub> verdiklerinden pH= 7.4-7.5 değerine kadar düşer. Bu yüzden fotosentez olayının da tesiriyle denizlerdeki pH, gece ve gündüz arasında farklılık gösterebilir. pH genellikle geceleri bir miktar düşer, gündüz saatlerinde ise yükselir. Okyanusların dibinde ise O<sub>2</sub> olmadığından ve H<sub>2</sub>S oluştuğundan pH değeri 7'ye kadar düşer.

CO<sub>2</sub> yönünden fakir sularda pH yükselir. Bikarbonatlar karbonatlara dönüşür. CO<sub>3</sub><sup>-2</sup> artışı pH artışına yol açar. CO<sub>2</sub> bakımından zengin sularda pH azalır. Su ortamlarının pH'si biyolojik olaylara ve ısıya bağlıdır. Mevsimsel hatta günlük değişimler bile gösterir. CO<sub>2</sub>'nin tersine suların pH'si kışın azalır, yazın ise en yüksek değerdedir. Çünkü kışın CO<sub>2</sub> soğukta suda daha çok çözünür. pH'nin düşey değişimleri ise genellikle O<sub>2</sub>'nin düşey değişimleriyle uyuşur. Özellikle fotosentez zonunun altında O<sub>2</sub> ve pH değişimleri paralel olarak giderler. Zira organik maddelerin oksidasyonu ve solunum olayları O<sub>2</sub>'yi tüketir ve CO<sub>2</sub> ortaya çıkar. Buralarda pH azalır. Asgari O<sub>2</sub> konsantrasyonunun altındaki daha derin sularda O<sub>2</sub> artışına paralel olarak pH yükselir.

### 1.3.1.6. İz Elementleri

Deniz suyunda periyodik sistemdeki elementlerin hemen hemen tamamı bulunmaktadır. Bu elementlerin çoğu oldukça düşük konsantrasyonlarda olmakla birlikte bu miktarlar doğal ve ekolojik faktörlere bağlı olarak değişir. Çeşitli elementlerin belli bir su kütlesindeki kalış süreleri bu elementlerle alıcı ortamın fiziko-kimyasal ve biyolojik

özelliklerine bağlıdır. Ana elementler deniz suyunun yoğunluğu üzerinde belirleyici etkiye sahiptir. İz elementler ise jeokimyasal ve biyolojik faaliyetler açısından önem taşırlar.

### 1.3.1.7. Çözünmüş Gazlar

Deniz suyunda atmosferdeki gazların tümüne rastlanır. Bunun nedeni atmosferle temas halinde olan deniz suyu ile atmosferin içerdiği gazlar arasında oluşan alışveriş olayıdır, yani su temasta olduğu atmosferle denge durumuna geçer. Çözünmüş haldeki bu gazların başlıcaları  $N_2$ ,  $O_2$ , Ar,  $CO_2$  ve  $H_2S$ 'dir. Oksijen hava ile temas ve fotosentez sonucu kazanılır.

Deniz suyunda gazların çözünürlüklerine, basınç, sıcaklık, tuzluluk ve havanın nemi etki eder. Basınç arttıkça gazın çözünürlüğü artar. Deniz suyunda çözünen iyonların bulunması çözünürlüğü azaltır. Tuzluluk arttıkça, deniz suyunun atmosferdeki gazları soğurma kabiliyeti azalmaktadır. Sıcaklığın artışı da çözünürlüğü azaltır.

Oksijen konsantrasyonu artan sıcaklık ve yoğunlukla azalır. Deniz suyu alkali karakterde olduğundan, su yüzeyindeki kısmı,  $CO_2$  basıncı esas alınarak hesaplanan miktardan çok daha fazla  $CO_2$  ihtiva eder.  $H_2S$  kolayca yenilenemeyen hareketsiz dip sularının bulunduğu denizlere ait bir özelliktir. Organik maddelerin deniz ortamında anaerobik (oksijensiz) şartlarda çürümesi sonucu oluşur. Denizlerde derinlerde bile çözünmüş oksijen bulunması, dip sularının yenilendiğini gösterir. Buna karşılık dip sularının tamamen oksijensiz olduğu, Karadeniz gibi denizler de bulunmaktadır. Karadeniz'de ~180-200 m'den daha derin kısımlarda çözünmüş oksijen sıfır olup tamamen oksijensiz şartlar hakimdir. Denizlerdeki  $N_2$  miktarı da oksijenin yaklaşık iki katıdır.

### 1.3.1.8. Organik Maddeler

Okyanuslardaki mevcut inorganik karbon miktarı, tuzluluk, sıcaklık ve diğer faktörlere bağlı olarak 25-30 mg/l aralığında değişir. Diğer yandan TOK (Toplam Organik Karbon) konsantrasyonu 2 mg/l civarında olup inorganik karbonun 10~15'te biridir. Atıklarla kirletilmemiş denizlerde filtre edilmemiş yüzey sularının maksimum oksijen sarfiyatı 2-3 mg/l'dir. Bu tür sulardaki  $BOI_5$  (5 günlük Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı) değeri de 1-3 mg/l aralığında değişir. Ancak atık sular ile kirletilen yerlerde, yüzey

sularının  $BO\dot{I}_5$  değeri çok daha yüksek olabilir. Keza kirletilmiş bazı yörelerdeki dip sularında da  $BO\dot{I}_5$  değeri 6mg/l veya daha fazla olabilmektedir.

Evsel, endüstriyel ve tarımsal alanlarda kirletilen suların kirlilik derecelerinin belirlenmesinde en yaygın olarak kullanılan parametre  $BO\dot{I}$  (Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı)'dır.  $BO\dot{I}$ , belirlenmiş şartlar altında organik maddelerin stabilizasyonu (inorganik maddelere dönüştürülmesi) sırasında mikroorganizmalar tarafından kullanılan oksijen miktarı olarak tanımlanır.  $BO\dot{I}$ , sudaki organik madde miktarı ile orantılı olarak değiştirdiğinden, sudaki organik madde miktarının bir ölçüsü olarak da kullanılır. Biyokimyasal oksidasyon, su içinde yanma olup bu esnada suda çözülmüş oksijen kullanılır. Ne kadar fazla oksijen sarf ediliyorsa, sudaki organik madde miktarı o kadar fazla diğer bir ifadeyle atık su o kadar kirli demektir. Atık su arıtma tesislerinin ekonomik hesapları ve bu tesislerin işletmelerinin kontrolü ile nehir kirlenmesi üzerinde yapılan araştırmalar büyük ölçüde  $BO\dot{I}$  ölçümlerine dayanmaktadır.

Biyokimyasal parçalanma veya organik maddelerin dönüşümü birbirinden kesin olarak ayrılmayan iki aşamadan oluşur. 1. kademe karbonlu organik maddelerin giderilmesi, 2. kademe ise azotlu organik maddelerin giderilmesidir. Nitrifikasyon olarak adlandırılan bu aşamada, azotlu organik bileşiklerden oluşan amonyum nitrit ve nitrate yükseltgenir. Nitrifikasyon ototrof iki bakteri tarafından gerçekleşir. Bunlardan nitrosomonas (nitrit bakterileri) grubu amonyumu nitrite dönüştürür. Nitrobakter (nitrat bakterileri) grubu ise nitriti nitrate çevirir.  $BO\dot{I}$  değerlendirmesini, doğa ve parçalanmış organik maddelerin konsantrasyonu, mikroorganizmaların sayısı ve adaptasyonu, nütrientlerin (N,P) miktarı ve inkubasyon süresi, sıcaklık ve ışık etkisi ile zehirli etkisi olan maddelerin biyolojik veya biyokimyasal işlemleri etkiler. DDT bakterilerce parçalanamadığı için DDT içeren suların  $BO\dot{I}$  değeri sıfırdır.

Azot ve fosfor miktarları sıcaklık, ötrifikasyon ve diğer faktörler sebebiyle genellikle mevsimlik değişim gösterirler. Deniz ortamındaki çözülmüş organik madde miktarları, bu ortamda yaşayan mikroorganizmaların miktarından 3 ila 10 misli daha fazladır.

Kirliliği oluşturan maddeler atık su içerisinde tam çözülmüş, yarı çözülmüş (koloidal) ve çözünmemiş halde bulunmaktadır. Bu maddelerin içerisindeki oranları bölgenin ekonomik, topoğrafik, nüfus, yüzeysel suların taşkın ve kurak hava seviyelerine bağlı olarak değişiklikler göstermektedir. Atık suların kirliliği oluşturan maddeleri organik veya inorganik (mineral) yapıdadırlar. Hem organik hem de inorganik maddeler toksik etki gösterebilmektedirler. Toksik maddeler mikrobiyal hayatı bozar ve hem atık su arıtma

tesislerinde hem de akarsulardaki kendi kendine artımla ilgili biyolojik hareketleri durdurur. İnorganik maddelerde bu durumu kimyasal bileşikler oluşturur. NaCl, MgO, SiO<sub>2</sub> oluşan bu bileşiklerden bazılarıdır. Bu kimyasal bileşiklerin içerisinde hiçbir şekilde karbon bulunmamakla beraber nadiren karbonun oksitleri ile karşılaşılabilir. Bunlar karbon asidi, tuzları, karbonatlar, sodyum karbonat (NaCO<sub>3</sub>, soda) ve karpitler ile kalsiyum karpit (CaC<sub>2</sub>)'tir. Mineral maddeler, bozulmayarak ve ayrışma göstermeyerek atık su arıtma tesislerinde tehlike oluşturmazlar.

Organik maddeler ise karbon bileşikleri, karbonhidratlar (şeker, C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>), yağlar, proteinler, bitki artıkları, temizlik maddeleri (sabun, deterjan) ve diğer değişik maddeleri içermektedir. Organik maddeler atık su içerisindeki toplam kirliliğin % 50-60'ı gibi bir değer taşımaktadır. Organik maddeler bozulurlar ve ayrışırlar. Bu ayrışma bir taraftan saf kimyasal oluşumlarla yürürken diğer taraftan bir seri madde değişim hareketleri ile olur. Böylece biyokimyasal prosesler içinde bir ayrışmadan söz edilir. Bu reaksiyonlarda organik yük maddeleri kendini öyle değiştirir ki, bu maddelerin ulaştıkları su ortamı üzerindeki zararlı etkileri bu sayede azaltılabilir. Organik maddeler biyolojik olarak basit (şeker vb.), zor (yağ vb.) ve ayrışmazdırlar.

### **1.3.1.9. Deniz Suyunun Optik Özellikleri**

Deniz suyunda askıda organik ve inorganik maddelerle çözülmüş organik maddeler bulunmaktadır. Bunlar deniz suyunun optik özelliğine etki ederek geçirgenliğini azaltırlar. Işık ışınları su içinde hem absorpsiyon hem de dağılma yoluyla kayba uğradığından ancak belli derinliklere kadar inebilmektedir. Güneş ışınlarının deniz suyunda absorpsiyonu sonucu uğrayacağı kayıplar güneş ışınlarının şiddetine, suyun bulanıklığına, alg ve benzeri organizmaların varlığına bağlıdır. Işık, deniz suyunda emilmek ve dağılmak suretiyle kaybolur. Bu olayda bilhassa çözülmüş organik maddeler rol oynamaktadır. Işıktan daha çok sarı ve kırmızı renkler emilerek kaybolduğu için, deniz suyu mavi renkli olarak görülür.

### 1.3.1.10. Deniz Suyunda Oksijen

Deniz ortamında çözülmüş gazların en önemlisi oksijendir. Çözünen O<sub>2</sub> litre başına 0-10 ml arasındadır. Sıfır değeri, tamamen kirlenmiş sularda, on ise aşırı doygunluğa ulaşmış yerlerde, yüzeyde ve fotosentez aktivitesinin büyük olduğu yerlerde söz konusudur.

O<sub>2</sub>'nin yüzeyde yüksek olan konsantrasyonu 1000 m derinliğe kadar düzenli şekilde azalır ve bu derinlikten sonra düzenli biçimde artar. O<sub>2</sub>'nin bu değişimine başlıca beş özellik etki eder.

- Yüzey tabakalarındaki O<sub>2</sub> konsantrasyonu sıcaklığa bağlıdır. Sıcak sularda konsantrasyon 4.5 ml/l, soğuk sularda 8 ml/l'dir. Ayrıca yüzey tabakaları fotosentez sonucu oksijen bakımından doygunluk sınırını aşabilirler.
- Derin su tabakalarında O<sub>2</sub> dağılışı sirkülasyonlara bağlıdır. Derin su kütleleri, oluşma bölgelerinde, derin suların havalanmasını ve yenilenmesini sağlayan bir O<sub>2</sub> kaynağı vazifesi görürler.
- Yapılan araştırmalar sonucu bazı derinlik ve enlemlerde oksijenin minimum düzeyde olduğu saptanmıştır.
- Ortamdaki hayvansal organizma sayısının değişimi.
- Bakterilerle organik bozunmanın yavaşlaması ve bu olaylar sırasında oksijen tüketiminin artması.

Denizlerde ÇO (çözülmüş oksijen) konsantrasyonu heterojen dağılım gösterir. Bu, su kütlelerinin hareketlerine, deniz organizmalarının solunumlarına, fotosentez olaylarına bağlıdır.

### 1.3.1.11. Deniz Suyunda Azot

Her ne kadar deniz, atmosferle olan temasında çok miktarda azot emse de gerçekte sıcaklığı 10°C, tuzluluğu % 0.35 olan bir litre deniz suyunda 12 ml azot çözülür.

Deniz suyunda azot, çözülmüş gaz, çözülmüş veya asılı organik bileşikler, mineraller şeklinde bulunur.

Azot,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  tuzları halinde bulunur. Bakteriler; organik azotun, inorganik azot haline dönüştürülmesinde ve  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  arasındaki dönüşümlerde rol oynarlar. Azotlu maddenin önce  $\text{NH}_3$ 'e sonra da  $\text{NO}_2^-$  ve  $\text{NO}_3^-$ 'e dönüştüğü sanılmaktadır.

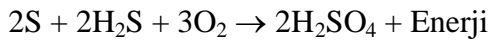
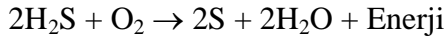
$\text{NH}_3$ , aminoasitlerin, proteinlerin, amin ve üre gibi bileşiklerin hidrolizleri ile oluşur.  $\text{NH}_3$ 'ün  $\text{NO}_2^-$ 'ye yükseltgenmesi büyük enerji saldığından, aktive etmek için ışıktan yararlanılır (fotokimyasal oksidasyon).  $\text{NH}_3$ 'ün oksidasyonunun bir başka yolu da yüzey katalizörlerin yardımıyla sudaki serbest oksijenden yararlanmaktır (kimyasal oksidasyon). Ayrıca  $\text{NH}_3$  dip sedimanlarında bulunan nitrifikasyon bakterileriyle de oksitlenmektedir.

Denizde  $\text{NH}_4^+$  ve  $\text{NO}_2^-$  iyonlarının belli bir derinliğe kadar konsantrasyonları artar, sonra azalarak sıfır olur.  $\text{NO}_3^-$ 'nin ise yüzeyden derinlere inildikçe konsantrasyonu artar. Ortalama 2000 m derinlikte maksimum konsantrasyonuna ulaşır.

#### 1.3.1.12. Hidrojen Sülfür ( $\text{H}_2\text{S}$ )

Denizlerin havalanan yüzey tabakaları ile hiçbir irtibatı olmayan, su hareketlerinden yoksun, çukur ve kapalı bölgelerde oksijen tamamen yok olup,  $\text{H}_2\text{S}$  gazı oluşur.

Oksijenin varlığında ise aerobik bakteriler tarafından  $\text{H}_2\text{S}$  gazı kükürte dönüştürülür. Oluşan kükürt  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 'e dönüşür.



$\text{H}_2\text{S}$  gazı, protein moleküllerinin parçalanması sonucunda ve sülfat, sülfid gibi inorganik bileşiklerin, organik maddelerin varlığında ve oksijensiz ortamda heterotrofik bakteriler tarafından  $\text{H}_2\text{S}$ 'ye indirgenmesi sonucu meydana gelir.

$\text{H}_2\text{S}$  geniş bir pH aralığında su organizmalarına toksik etki gösterir. Aynı zamanda  $\text{H}_2\text{S}$  varlığı oksijen yetersizliğine neden olur.

Karadeniz'de ortalama yüz metre derinlikten sonra  $\text{H}_2\text{S}$  gazına rastlanmaktadır.  $\text{H}_2\text{S}$  gazının bulunduğu ortamda normal yaşantı yoktur, ancak bazı özel bakteriler yaşayabilmektedir.



### 1.3.1.13. Deniz Suyunda Fosfor Bileşikleri

Fosfor, canlı organizmalarda, tanecikli veya çözülmüş organik bileşiklerde ve fosfat iyonu halinde suda bulunur. Deniz organizmalarının ölümünden sonraki bozunmaları sonucu önemli miktarlarda çözülmüş halde organik fosfor oluşur. Organik fosforun önemli bölümü ortofosfat ürünü ile ortama geçer.

İnorganik fosfor, bitkiler tarafından asimile edilerek, organik madde haline dönüştürülür.

Deniz suyunda mevcut fosfatın % 87'si  $\text{HPO}_4^-$ , % 12'si  $\text{PO}_4^{-3}$  ve % 1'i  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  halinde bulunur. Denizlerdeki fosfor konsantrasyonu derinliğe paralel olarak artmaktadır. Maksimum fosfor konsantrasyonu 800-1000 m derinlikteki su tabakalarında rastlanmıştır. Fitoplanktonlar bakımından en fakir olan kış mevsiminde, fosfat konsantrasyonu maksimum düzeye ulaşmaktadır.

## 1.4. Sulardaki Toksik Maddeler

### 1.4.1. Sularda Bulunan Toksik Maddelerin Su Hayvanları Üzerine Etkisi

Sularda bulunan toksik maddelerin su hayvanları üzerine etkileri şunlardır:

- a) Hayvanların, ısı değişimi, oksijen eksikliği gibi uygunsuz şartlara karşı duyarlılıklarını arttırlar.
- b) Normal büyümeyi engellerler.
- c) Üremeyi azaltırlar.
- d) Hastalıklara karşı direnci azaltırlar.

### 1.4.2. Elementlerin Fonksiyonları

Kültür suyunun iyonik yapısı su hayvanlarının metabolizma süreçleri üzerinde hayati bir rol oynar. Elementlerin elektro kimyasal, katalitik ve yapısal olmak üzere üç fonksiyonu vardır. Elementler, metabolik enerji kaynağı olarak kullanıldıklarında, elektro kimyasal olarak rol oynarlar. Bütün temel elementler enzim aktivatörleri olarak davranırlar ve biyokimyasal reaksiyonları ayarlamaya yardım ederler. İşte o zaman katalitik olarak rol

oyunlar. Protein ve aminoasitler gibi maddelerin sentezinde pek çok element gereklidir. Bu ise elementlerin yapısal fonksiyonudur ve element son ürünün vazgeçilmez bileşenidir.

Bilinen elementlerin çoğu doğal sularda bulunurlar. Pek çoğunun ölçülebilir etkileri yoktur ve muhtemelen çok önemli değildirler.

Elementler hayvanlara iki mekanizma ile girerler. Bunlar, basit difüzyon ve aktif olarak almadır. Difüzyon olayında bir iyon sudaki yüksek konsantrasyonlu bölgeden hareket ederek daha seyreltik olan hücre sıvısına geçer. Aktif olarak alınmada ise, organizmada bir elementin konsantrasyonu düşünce o element sudan seçimli olarak alınır. Bu olay, ısıya sıkı sıkıya bağlıdır ve 10°C'lık bir sıcaklık artışı absorpsiyonu % 100 azaltır. Aktif olarak alma, mevcut oksijene de bağlıdır. Solunma engellendiğinde ortamdaki iyonlar aktif olarak alınır.

### 1.4.3. Elementlerin Toksik Etkileri

Deniz suyundaki elementler, ancak iyonlar arası rekabetin tek bir iyonun zehirli etkisini ortadan kaldırdığı dengeli kombinasyonlarda besleyici ve hayatı devam ettirici özelliktedirler. Çok değerli iyonlar iki veya tek değerli iyonlardan daha kolay alınır. Bu hem katyon hem de anyonlar için geçerlidir.

Bir hücre içindeki adsorpsiyon rekabeti aynı özellikteki iyonlar arasında görülür. Örneğin gerçek bir rekabet  $K^+$  ve  $Rb^+$ ,  $Ca^{+2}$  ve  $Sr^{+2}$  gibi iyonlarda görülür. Bu gibi durumlarda ortamdaki bir iyonun fazlalığı diğer iyonun alınmasını azaltır.

### 1.4.4. Ağır Metallerin Toksik Etkileri

Pb, Hg, Cu, Zn gibi ağır metaller suda çok az miktarlarda bulunurlar. Bunların hepsi su hayvanları için toksiktir. Çoğu 1 ppm (parts per million) sınırında öldürücüdür.

Çinko normal miktarlarda bazı enzimatik fonksiyonlar için gereklidir ve birçok proteinlerde yapı elementi olarak bulunur. Bakır bazı enzimlerde bulunur ve pek çok omurgasızın kan proteininde solunum pigmenti halinde mevcuttur.

Çinko ve bakır özellikle deniz balıklarındaki protozondan meydana gelen hastalıkların tedavisinde kullanılır. Burada metalin toksik etkileri bir süre sonra  $CaCO_3$  ile

çökelmeyle giderilir. Çinko ve bakır balıklarda aşırı salgılanmaya neden olur ve balıklara zararlı olan bazı organizmaları öldürürler.

$Pb(NO_3)_2$ ,  $ZnSO_4$  ve  $HgCl_2$  çözeltilerine konmuş bazı tatlı su balıklarında soluma hızının arttığı görülmüştür. Bu esnada oksijen harcama hızında düşme olur. Artan soluma hızı bakırla muamele edilmiş sulardaki balıklarda gözlenir.

Ağır metaller solungaç üzerine çökerler ve salgıyı pıhtılaştırırlar, böylece oksijen alınma zorlaşır.

#### 1.4.5. Metal Zehirlenmesine Etki Eden Faktörler

Ağır metallerin toksisitesi; pH, çözünmüş oksijen, ısı, balığın büyüklüğüne oranla çözeltilinin hacmi, çözeltilinin yenilenme sıklığı, çözeltideki diğer maddeler ve sinerjistik etki gibi faktörlere bağlıdır.

Suyun pH'si en önemli faktör olabilir. Ağır metallerin, damıtılmış ve yumuşak sularda sert ve bazik sulara göre daha toksik olduğu sanılmaktadır.

Yüksek miktarda çözünmüş oksijen bakırın toksik etkilerini bir dereceye kadar azaltarak solunumu kolaylaştırır. Su yüzeyinin kuvvetli bir şekilde karıştırılması suyun pH'sini düşürecek ve bakırın çözünmüş halde tutacak olan serbest  $CO_2$  birikimini önler.

Sıcaklık artışı ağır metallerin balıklara karşı olan toksik etkilerini artırır. Kurşun tuzlarının toksisitesi su miktarı azaldıkça ve balığın büyüklüğü arttıkça azalır. Ayrıca kurşun salgıyla çöktürülerek balık üzerindeki zehirli etkisi giderilir. İşleme sokulan suyun sık sık değiştirilmesi toksisiteye etki eden bir faktördür. Eğer su değiştirilmezse balıklar salgı salarak metal iyonlarını çöktürerek kısmen toksisiteyi azaltırlar.

İki ağır metal ya da bir ağır metalle başka bir madde arasındaki sinerjistik etkiye gelince örneğin bakır-çinko kombinasyonları bazen tek başına çinko veya bakırdan daha zehirlidir. Başka bir örnek de bakırla amonyaktır.  $Cu^{+2}$  iyonlarının amonyağa karşı birleşme eğilimi daha büyüktür. Bu iyonlar  $NH_3$  ile birleşerek bakır tetramin  $\{[Cu(NH_3)_4]^{+2}\}$  kompleksi verir. Bu kompleks toksisite olarak bakıra eş değerdedir.

### 1.5. Karadeniz'in Fiziksel Oşinografik Özellikleri

Karadeniz 41°-46°N enlemleri ve 28°-41.5° boylamları arasında yer alan sırasıyla Türk Boğaz ve Kerch Boğazları sayesinde Akdeniz ve Azov denizlerinin etkisi ile sınırlı bir anoksik (oksijensiz) denizdir. Karadeniz güneyde Türk kıyı şeridinin eğimi ve kuzeyde Kırım yarımadası ile eliptik şekillenen havza olarak uzanmaktadır. Maksimum derinliği 2200 m, yüzey alanı  $4.2 \times 10^5 \text{ km}^2$  olan Karadeniz, karalarla çevrili dünyanın en büyük havzası olarak eşsiz bir denizdir. Sadece Türk Boğazlar Sisteminin olarak verdiği miktardaki su değişimi sonucunda sularının dünya denizleriyle ilişkisinin hemen hemen bütünüyle kesilmiş olması, sadece yüzeyden 150 m derinliğe kadar (toplam hacmin %13'ünde) oksijen içeren, daha derinlerde ise hidrojen sülfür bulunduran, hemen hemen tümüyle oksijensiz bir ortamın oluşmasına yol açmıştır. Durağan bir haloklin (tuzluluk ara yüzeyi) oksijenli ve oksijensiz suları ayırır. Maksimum 2200 m su derinliğinin sadece yüzeyden 100-150 m derinliğe kadar olan bölümünde ölçülebilir oksijen bulunmakta, geri kalan su kütlesi ise anoksik olmaktadır. Karadeniz'in deniz sisteminin sağlığını belli fiziksel süreçler belirler. Dolaşım ve karışım gibi fiziksel süreçler, biyolojik üretimin gerçekleşmesi ile canlı kaynakların sürdürülebilmesini sağlayan kimyasal elemanların yeniden dağıtımını belirler (Murray, 1991; Aubrey vd., 1992).

Havzanın oşinografisi nehirlerden tatlı su girdileri, etkin atmosferik zorlamalar ve termohalin zorlamalar, boğazlardan iletilen akılar ve taban topoğrafyasındaki hızlı değişimlerden önemli ölçüde etkilenir. Karışım mekanizmalarının incelenmesi mevcut tabakalaşmanın dengesinin belirlenmesi, besinlerin kaynak ve yeniden dağılımının ve yeni üretim ve ötrifikasyon süreçlerinin belirlenebilmesi için gereklidir. Karadeniz hemen hemen kapalı marjinal bir denizdir ve lojistik olarak kolayca erişilebilir yeterli küçüklüktedir. Fakat sirkülasyon dinamiğini yerine getiren yeterli büyüklüktedir. Karadeniz'de önemli süreçler oluşur. Örneğin yaygın olarak daha büyük okyanus havzalarında olan su kütlesi şekillenmesidir. Fakat Karadeniz'de gözlemsel olarak çok daha kolayca çalışılabilmektedir. Bu havzanın önemli özellikleri açık sınır koşullardan yoksun oluşu ve kompleks akış sistemi etkisinde yüzey termohalin akıları ve rüzgar gerilme alanının önemine eşit olmasıdır. Sirkülasyon bölgesel olarak kıta sahanlığında önemli nehirlerden tatlı su deşarjı ve boğazlardan girdi/çıkıtı akışları ile oluşmaktadır. Sirkülasyonda önemli kontrolü dik eğimle karakterize edilen taban rölyefi sağlamaktadır. Karadeniz buharlaşmaya ( $\sim 353 \text{ km}^3/\text{yıl}$ ) karşılık yağış ve yüzeysel akışın fazlalığından

(sırasıyla ~300 km<sup>3</sup>/yıl ve ~350 km<sup>3</sup>/yıl) dolayı pozitif su ile dengelenen sulandırılmış bir havzadır. Daha az tuzlu (~18ppt) ve daha hafif sudan ~610 km<sup>3</sup>/yıl'lık yüzeysel akış Karadeniz'den Ege denizine olmaktadır. Dönüşte daha tuzlu (>22 ppt) ve daha yoğun ~313 km<sup>3</sup>/yıl'lık Akdeniz suyu Karadeniz'e alt akış olarak girmektedir (Oğuz vd., 1995).

Boğazlardan sürekli tuzlu suyun içeri akışı Karadeniz'in derin ve ortadaki su kütlelerinin tuzluluğunu sabit bir değerde (sürekli haloklin tabakası 100-150 m derinlikte oluşur) sürdürür. Kuzeybatı şelfine tatlı su deşarjı denizi sulandırılmış bir havza yapmakta önemlidir. Üç önemli nehirde Karadeniz'e girdi olmaktadır; Tuna, Dinyeper ve Dinyester (Sorokin, 1983). Tuna, şelf bölgesinin ekosistem bütünü, sirkülasyon karışım özelliklerini etkileyen önemli bir tatlı su girdisi (~250 km<sup>3</sup>/yıl) sağlar. Tuna plumu yukarıdaki 25 m tabaka içinde sınırlı bir antisiklonik çıkıntı oluşturur. Bu plumun ön ucu; batılı kıyı çizgisi boyunca bir ince baroklinik sınır akıntısı olarak güneye doğru çıkıntı oluşturur. Kıyasal jeti, iyi bir tuzluluk cephesi tanımlanması ile içsel sulardan ayrılır. Kış zamanı soğuma; soğuk su şekillendirmesine yol açar ve sonraki oluşumuna ve soğuk ara yüzeyi tabakasının tekrar doldurulmasına yol açan diğer önemli bir süreçtir. Hem selfde hem de iç kısımların sirkülasyonunda etkili olan bu süreçlerin bağlı olduğu önemi henüz anlayamamıştır. Ayrıca anlayamayan, iç kısım ve şelf akışları arasındaki birbirini etkileyen mekanizmalardır (Oğuz vd., 1995).

### 1.5.1. Karadeniz'in Genel Sirkülasyon Özellikleri

Havza ölçeğinde ahenkli bir siklonik sınır akıntısı (Rim Current) Karadeniz genelindeki dolaşımın ana özelliğidir. Karadeniz; havza çapında hakim siklonik bir sirkülasyon ile karakterize edilmektedir. Genel sirkülasyonun yapı blokları tüm havza civarı kenar topoğrafyasında ve ani değişen kıta sahanlığı boyunca akan rim akıntısı, denizin iç kısımlarında oluşan çoklu merkezli bir siklonik hücre ve rim akıntısının kıyıda sınırladığı antisiklonik bir eddy serisidir (Oğuz vd., 1993).

Klasik olarak, siklonik rüzgar şablonunun siklonik yüzey dolaşımı için temel güç oluşturduğu bilinmektedir (Oğuz vd., 1995). Öte yandan, Marchuk vd. (1975) ve Stanev (1990) tarafından yapılan nümerik çalışmaların sonuçları, üniform olmayan yüzey akıları tarafından yaratılan mevsimsel bir termohalin dolaşımın meydana geldiğini ve bu dolaşımın, rüzgarların neden olduğu dolaşım tarafından desteklenerek onunla kıyaslanabilir büyüklükte yüzey akıntıları yarattığını ortaya koymuştur. Yeni bulgular,

eddy-egemenli kompleks bir sirkülasyonu açığa vurmaktadır. İç kısımdaki sirkülasyon derinlikle ve havza kesitinin şekli ve ölçüsünde değişme, alt havza ölçekli döngüler ve siklonik eddylerin birbiri ile bağlantılı serilerinden oluşmaktadır. Onlar rim akıntısı ile olduğu kadar, birbirleri arasında etkileşimler ile sürekli olarak yayılırlar. Rim akıntı eksenine boyunca tipik olarak hızın 25 cm/s olduğu jeostrofik akıntıların olduğu üst tabakada sirkülasyon en güçlüdür. Son zamanlarda akustik doppler akıntı profili (ADCP) ölçümleri diğer yandan 200-400 m derinlik dizisinde, ~20 cm/s ve daha üst tabakada >50 cm/s olan daha güçlü rim akıntı yapısını göstermiştir (Oğuz vd., 1995).

Üst tabaka sirkülasyonunun tersine, 300 m aşağısında akış alanı bilgisi sınırlıdır ve genellikle güvenilir değildir. Son zamanlardaki hidrografik gözlemler (Oğuz vd., 1992; 1993) 300m aşağısındaki derinliklerde sirkülasyonun önemli yapısal değişkenliği olduğunu göstermektedir. Karadeniz sirkülasyonunu modelleme çabaları bir hayli sınırlı olmaktadır. Var olan modellerin önemli yaygın özelliği; nümeriksel stabilite için oldukça kuvvetli yayılma zorunluluğu ve onların kaba yatay rezolasyonudur. Bu nedenle modeller orta ölçekli eddy alanını çözemez ve sadece kabaca mevsimsel rüzgar ve termohalin etkilere bağlı olarak genel sirkülasyonun büyük ölçekli özelliklerini tekrar oluşturur.

En basit ve kısa zamanlı modeller Sarkisyan'ın diagnostik modelleme yaklaşımıdır (Oğuz vd., 1995). Bu modeller rüzgar etkili sirkülasyon hakimiyetinde 'jebar' etkisinin önemini belirtir. Karadeniz'de akıntıların yıllar arasındaki değişikliği 'yarı diagnostik' modeller kullanılarak daha çok son zamanlarda çalışılmaktadır. Sirkülasyonun orta ölçekli özelliklerini tahmin etmede bu modellerin başarısı, klimatolojik datanın rezolasyonu ile sınırlı olmaktadır. Kaba rezolasyonlu data yerleşimi ile (tipik olarak 40' x 60') düzleştirilmiş sirkülasyon modelleri sadece en geniş ölçekli özellikleri içeriği elde edilmiştir. Klimatolojik data daha hassas gride (21' x 28'), genel sirkülasyonun bazı daha küçük-ölçekli özellikleri oluşturulmuştur. Bu çabalar, sirkülasyonun rüzgar etkili bileşeninde bir noktaya gelmiştir. Üst tabaka akıntılarının oluşumuna yüzey akıntılarının rolü, rüzgar gerilmesi ile oluşturulan akıntılar karşılaştırılması Marchuk vd. (1975) ile Stanev (1990) tarafından belirtilmiştir.

Karadeniz'de yüzey akıntıları ve sirkülasyonu üzerine yapılan çalışmalar sonuç olarak deniz akıntı yapısının, doğu ve batı bölümlerinde siklonik iki geniş döngü ve Batum döngüsünden oluştuğunu göstermiştir. Bu siklonik döngülerin oluşumunda esas etmen açık olmamakla birlikte, siklonik rüzgarların bunların oluşumunda etkili olacağı belirtilmiştir. Nümerik çalışmalar, bu akıntıların oluşumunda esas etmenin tuzluluk dağılımı olduğunu,

oluşan rüzgarların bu akıntıları desteklediğini göstermiştir. Bununla beraber nehir akışlarının oluşturacağı yoğunluk akıntılarının bu akıntı sistemine etkisi bilinmemektedir. Bu sirkülasyona, Akdeniz'in yüksek yoğunluktaki tuzlu sularının boğazlar yolu ile alt akıntı olarak Karadeniz'e akması ile bu bölgedeki nehir akışlarının önemli etkileri vardır (Sorokin, 1983).

Oğuz vd. (1995), ortalama hızı 20 cm/s ve genişliği 40-80 km olan bir bant şeklindeki siklonik bir akıntı sisteminin Karadeniz'de etkili olduğunu göstermişlerdir. Bu akıntı, dar kıyusal zondaki baskın antisiklonik döngüyü iç kısımlardaki baskın siklonik döngüden ayırır. Bu akıntı sisteminin ana bölümü doğu yönünde, Anadolu kıyıları boyunca kalırken, iki antisiklonik kıyusal döngü oluşturur ve havzanın iç kesimlerinde de iki siklonik döngüyü destekler. Antisiklonik ve siklonik merkezler 33°E ve 36°E boylamları arasında yer almaktadır. Bu antisiklonik döngüler Sinop ve Kızılırmak olarak belirlenmiş ve tanımlanmıştır. Ana akıntılarının kesişim noktaları havzanın doğu kesiminin sonunda oluşmakta, akıntı kollarından biri yaklaşık 39°50'E'de havzanın iç kesimlerine, diğeri ise Karadeniz'in güney doğu köşesinde Batum döngüsü oluşturacak şekilde hareket eder. Bu döngü ve dış kenarı boyuncaki daha etkili kuzeyli akıntılar yüzey sirkülasyonunu artırıcı şekilde hareket ederler. Bu durumda jeostrofik yüzey akıntı hızı 30 cm/s civarındadır. Karadeniz'de yüzey akıntıları derinlere doğru inildikçe azalır. Kalıcı ana akıntı yüzeyde 40 cm/s'ye kadar ulaşabilir. Bu akım 100 m'de %50 oranında azalma gösterir. Derin tabakalarda 10 cm/s'nin altına düşer. 500-1000 m arasında akıntı hızı 2-5 cm/s civarındadır (Titov, 1985).

Karadeniz'in güney ve özellikle güneydoğu bölümündeki akıntı sistemi çok karmaşık bir yapı gösterir. Sürekli piknoklin tabakası üzerindeki yüzey tabakanın sirkülasyonunda siklonik kıvrımlı bir akıntı sistemi ile birlikte bir dizi küçük ölçekli girdaplar mevcuttur (Oğuz vd., 1993). Bu bölgede çok değişken boyutlarda dairesel akıntılar oluşabildiği gibi 110 cm/s'lik hızlara kadar ulaşan kıyıya paralel akıntılar da gözlenmiştir. Dairesel akıntıların bazı alanlarda upwelling olaylarına neden olduğu ileri sürülmektedir. Bu bölgede mevcut ana akıntı ve ters akıntı hızları arasında çok büyük farklılıklar olduğu ve bu akıntılar arasındaki sınırın bölgesel koşullara bağlı olarak son derece değişebildiği gözlenmiştir (Baykut vd., 1982).

Doğu Karadeniz kıyıları, 34°E civarında doğuya yönelen ana akıntı kolunun etkisi altındadır. Yaklaşık 10-20 cm/s arasında sahip bu akıntı kolu Sinop, Samsun, Ordu kıyı formunu takip ederek Giresun-Trabzon arasında (39°50'E) iki kola ayrılır. Bu kollardan

biri Hopa-Batum kıyılarına, diğeri ise kuzeydoğuya, deniz havzasının iç kesimlerine doğru yönelir. Hopa'ya yönelen akıntı kolu Rize kıyılarında 20-30 cm/s hıza ulaşırken, denizin iç kesimlerine yönelen diğeri akıntı kolunun hızı 10-20 cm/s'dir. Hopa-Batum kıyılarına yönelen akıntı kolu, Batum kıyılarında tekrar iki kola ayrılır. Bunlardan biri kıyı formunu takip ederek kuzeye doğru hareketini devam ettirirken, diğeri bir kol güneybatıya doğru yönelir ve 39°50'E de iç kesimlere yönelen akıntı yoluyla birleşerek, Batum-Trabzon arasında 5-20 cm/s hıza sahip büyük bir siklonik döngü oluşturur (Staney, 1990; Neumann, 1996).

### 1.5.2. Karadeniz'in Biyojeokimyası: Dağılımlar ve Dönüşümler

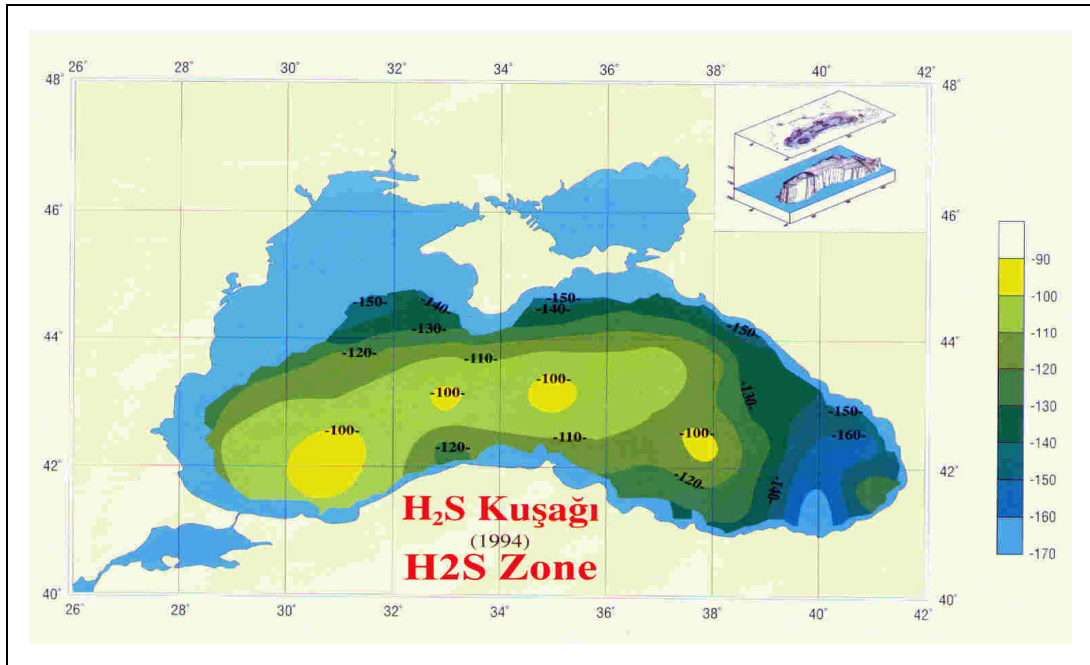
Karadeniz'i diğer denizlerden ayrıcalıklı kılan en önemli özelliği, yüzeydeki oksijenli tabakanın altındaki derin basen sularının sürekli oksijensiz olması ve tabana doğru artan yüksek derişimlerde hidrojen sülfür içermesidir. Bu oluşumun temel nedeni, tüm dip baseni dolduran Akdeniz kökenli tuzlu suların yüzeydeki daha az tuzlu sulardan kalıcı bir haloklin ile ayrılmasıdır. Karadeniz'de dikey karışımlar haloklinin üst sınırına kadar etkilidir. Bu nedenle oksijenli yüzey tabakasından sülfürlü derin sulara çözülmüş oksijen taşınımı çok sınırlıdır. Oksijen girdisi havalı ortam bakterilerinin oksijen ihtiyacını karşılayamadığı için çöken organik maddenin parçalanması havasız ortam bakterilerince, SO<sub>4</sub> indirgenmesi yoluyla olmakta ve H<sub>2</sub>S'li ortam oluşmaktadır. Haloklin üst derinliklerinde sürekli oluşan oksijence fakir (ÇO<20 µM ve H<sub>2</sub>S<5µM) sub-oksik tabaka ile H<sub>2</sub>S'li suların başlangıç sınırları tüm basende farklı derinliklerde fakat aynı su yoğunluklarında (sırasıyla  $\sigma_t=15.4\pm0.1$  ve  $\sigma_t=16.2\pm0.05$ ) yer almaktadır. Sub-oksik tabakanın sınırları ÇO'nun <10µM'ın altına düştüğü ve H<sub>2</sub>S'nin <10nM olduğu tabaka olarak tanımlanmakta ve karşılık gelen su yoğunlukları  $\sigma_t=15.65$  ve  $\sigma_t=16.15$  olarak verilmektedir. Günümüz Karadeniz ekosisteminde H<sub>2</sub>S'li suların başlangıç sınırı siklonik döngülerin hakim olduğu açık sularda 90-100m, kıyılarda ise daha derinlerde (160-180m). Karadeniz ekosisteminde son 30 yılda çarpıcı değişimler gözlenmiştir. 1960'lı yıllara ait ÇO ve H<sub>2</sub>S bulguları 1980 ve 90'lı yılların bulgularıyla karşılaştırıldığında, geçmişte oksiklin'in daha kalın ve sub-oksik tabakanın daha ince olduğu belirlenmiştir. Anoksik tabakanın üst sınırı ise bu süre içinde aynı yoğunluk düzleminde ( $\sigma_t=16.2$ ) kalmıştır.



Karadeniz’de kıyısız alanlarda nehir girdilerine paralel olarak düşey ve yatay taşınım mekanizmaları ile sedimandan olan girdiler besin tuzlarına kaynak oluşturmaktadırlar. Siklonik döngü sistemlerinin etkin olduğu derin basende ise besin tuzları ışıklı yüzey tabakasına daha çok düşey karışım ve nutriklinde difüzyon ile taşınmaktadır (Yılmaz vd., 1998). Nutriklinin alt sınırları ile çakışan sub-oksik tabaka ve altından besin tuzu aktarımı yoğunluk tabakalaşması nedeniyle sınırlıdır. Ayrıca sub-oksik tabakada de-nitrifikasyon ve redoksa bağlı süreçler de bu taşınımı engellemektedir. Karadeniz’de birincil üretim yıl boyunca ilkbahar ve sonbaharda olmak üzere iki kez pik değerler ulaşmaktadır. Ancak son 10-15 yıldır ayrıca yazın fitoplankton patlamaları ve yüksek düzeyde birincil üretim hem kıyılarda hem de açık Karadeniz sularında gözlenmiştir (Yılmaz vd., 1998). Birincil üretim açık sularda bağıl olarak düşükken ( $50-200 \text{ g C m}^{-2}\text{y}^{-1}$ ), kıyı alanlarında, örneğin kuzeybatı kıta sahanlığında yüksektir ( $>400 \text{ g C m}^{-2}\text{y}^{-1}$ ).

Karadeniz’de  $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{S}$  düşey dağılımı çok tabakalı bir yapı göstermektedir. Bu tabakaların alt ve üst sınırları bölgelere ve zamana göre farklı derinliklerde yer almalarına karşın eş yoğunluk eğrilerini takip etmektedir. Oksijenli yüzey tabakası ortalama  $300\pm 75 \mu\text{M}$  konsantrasyonunda  $\text{CO}_2$  içermektedir ve su kolonunda atmosfer ve/veya fotosentez kaynaklı oksijenin taşınımı  $\sigma_t=14.3\pm 0.1$ ’e kadar etkili olabilmektedir. Bu yoğunluk düzlemi genellikle ışıklı tabakanın alt sınırı ile çakışmaktadır. Karışımın haloklinin üst sınırına kadar etkili olduğu kış ve ilkbaharın ilk aylarında  $\text{CO}_2$  profili bu tabakada homojen bir dağılım gösterirken mevsimsel tabakalaşmanın (termoklinin) gözlendiği yaz ve sonbahar aylarında, yüzey altında (20-40 m’de), genellikle floresans ve klorofil-a maksimumlarıyla çakışan  $\text{CO}_2$  maksimumu gözlenmektedir. Işıklı tabakanın veya kış koşullarında haloklinin başlangıç derinliğinin altında oksijen derişimi hızla azalarak su yoğunluğunun  $15.5\pm 0.1$  olduğu derinliklerde dramatik seviyelere ( $20-30 \mu\text{M}$ ) düşmektedir. Bu ani düşüşün (oksiklin tabakası) temel nedeni, haloklin içine karışım ve difüzyon yoluyla  $\text{CO}_2$  girdi hızının, bu tabakaya çöken organik maddenin parçalanması için gerekli  $\text{CO}_2$  miktarından az olmasıdır. Oksiklin ile  $\text{H}_2\text{S}$ ’li derin sular arasında oksijence fakir olan sub-oksik tabaka yer almaktadır. Sub-oksik tabaka, açıklarda yüzeye daha yakın ve kısmen daha incedir. Kıyısız bölgelerde ise haloklinin daha derine kayması ile sub-oksik tabakanın alt ve üst sınırları daha derinlerde gözlenir. Sub-oksik tabaka içinde  $\text{CO}_2$ ’nun azalma hızı oldukça düşüktür. Su yoğunluğunun  $15.5\pm 0.1$  olduğu derinliklerde  $\text{CO}_2=20-30 \mu\text{M}$  iken yoğunluğun  $15.9-16.0$ ’a yükseldiği derinliklerde  $5 \mu\text{M}$  sınırının altına düşmektedir. Hidrojen sülfürlü suların başladığı ve su yoğunluğunun,  $\sigma_t=16.2$  olduğu derinliklerde ise

oksijen tamamen tükenmektedir. Sub-oksik geçiş tabakasının üst sınırından başlayarak sülfürlü tabaka içine kadar uzanan su kolonunda suyun redoks potansiyelinde (pE) çarpıcı bir düşüş gözlenmektedir. Sub-oksik tabakanın varlığı 1980'li yıllardan beri bilinmektedir 1960-1970 yılları arasındaki ÇO bulguları 1980'den sonra elde edilen bulgularla karşılaştırıldığında, geçmişte oksiklinin daha geniş ve sub-oksik tabakanın daha ince olduğu belirlenmiştir (Murray vd., 1989; 1995). Haloklinin altındaki derin sulara oksijen girdi hızı havalı ortam bakterilerinin oksijen ihtiyacını karşılayamadığı için derin sulara çöken katı organik maddenin parçalanması azot ve sülfür bakterileri vasıtasıyla önce sub-oksik tabakada nitratın daha sonra anoksik tabakada sülfatın indirgenmesi yoluyla olmaktadır. Bunun sonucu olarak, günümüz Karadeniz ekosisteminde sülfürlü suların başlangıç sınırı, sürekli haloklinin alt sınırı ile çakışmakta ve genel olarak siklonik döngülerin hakim olduğu açık sularda 90-110 m, kıyılarda ise daha derinlerde, 150-180 m'de yer almaktadır (Şekil 4). Ancak H<sub>2</sub>S'li suların başladığı derinliklerdeki suyun yoğunluğu dikkate alındığında, bu tabakanın üst sınırının her zaman su yoğunluğunun  $\sigma_t=16.2$ 'ye ulaştığı derinliklerde başladığı belirlenmiştir. Bu sınırın altındaki su kolonunda H<sub>2</sub>S derişimi sigma-teta ile uyumlu bir şekilde artmaktadır.



Şekil 4. Karadeniz'de hidrojen sülfür kuşağı

### 1.5.3. Karadeniz'in Genel Deniz Suyu Sıcaklığı ve Tuzluluğu

Soğuk ve az tuzlu suların daha sıcak ve tuzlu suların üzerinde yer aldığı Karadeniz özgün bir tabakalaşma yapısı gösterir. Yüzeydeki az tuzlu sular tatlı su girdisinin fazla olaması ile oluşmuştur, derinlerdeki tuzlu sular ise Akdeniz etkisini yansıtır. Haloklinin altındaki sularda sıcaklık ve tuzluluk değişimi çok daha azdır. Gerçekte, mevsimsel ve yıllık değişkenlik, haloklinin altında, ~500 m'lik bir derinliğe kadar uzanmakta ve bu derinliklerde İstanbul Boğazı'ndan giren Akdeniz suları iç dolaşım ve karışım için sürücü bir güç oluşturmaktadır (Özsoy vd., 1993). Tuzluluğu düşük (~18) ince bir karışım tabakası (~30 m) yüzeyde çok güçlü bir mevsimsel ısınma ve soğumaya uğrar. Minimum çekirdek sıcaklığı ~6°C olan soğuk ara sular, sabit haloklin ile mevsimsel termoklin arasında yer alır. Karadeniz'in yüzey tabakalarında oluşan dikey karışım, kıyılarda 20 m ve girdap merkezlerinde ise 70-80 m'ye kadar etki gösterebilmektedirler. Kıyıya yakın su kolonunda dalga etkisi ile oluşan dikey su hareketleri yüzeyde kıyıya doğru alt tabakada ise ters yönde oluşur. Su kolonunda tabakalaşmanın artarak derinleştiği dönemlerde yüzey ile daha derin sular arasındaki dikey karışımın etkinliği artar. Yılın soğuk aylarında rüzgar etkisi ile oluşan dikey ve yatay karışım, kıyısız alanlardaki iyi karışmış tabakanın derinliği ortalama 100 m'ye kadar ulaşmasını sağlar (Sorokin,1983). Karadeniz'in 500 m altındaki derin suları temelde durağandır (Özsoy vd., 1991). Yerel kararsızlıkların ince yapılar oluşturabildiği sınırlara yakın bölgeler dışında, özelliklerde çok büyük değişimler gözlenmez (Özsoy ve Beşiktepe, 1995). Derindeki suların sıcaklık-tuzluluk diyagramları çok az değişiklik sergilemekte ve 1700 m derinliğin altındaki sular için bu durum sıcaklık-tuzluluk uzayında tek bir noktaya indirgenmektedir (8.90°C'lik tekdüze bir potansiyel sıcaklık ile 22.32 ppt'lik tekdüze bir tuzluluk söz konusudur) (Murray vd., 1991).

Deniz yüzey su sıcaklığı mevsimsel değişkenlik gösterir. Aylık ortalama yüzey su sıcaklığı en düşük 7.5°C ile Şubat-Mart aylarında görülürken, en yüksek 24°C ile Temmuz-Ağustos aylarında görülür (Erüz, 1999).

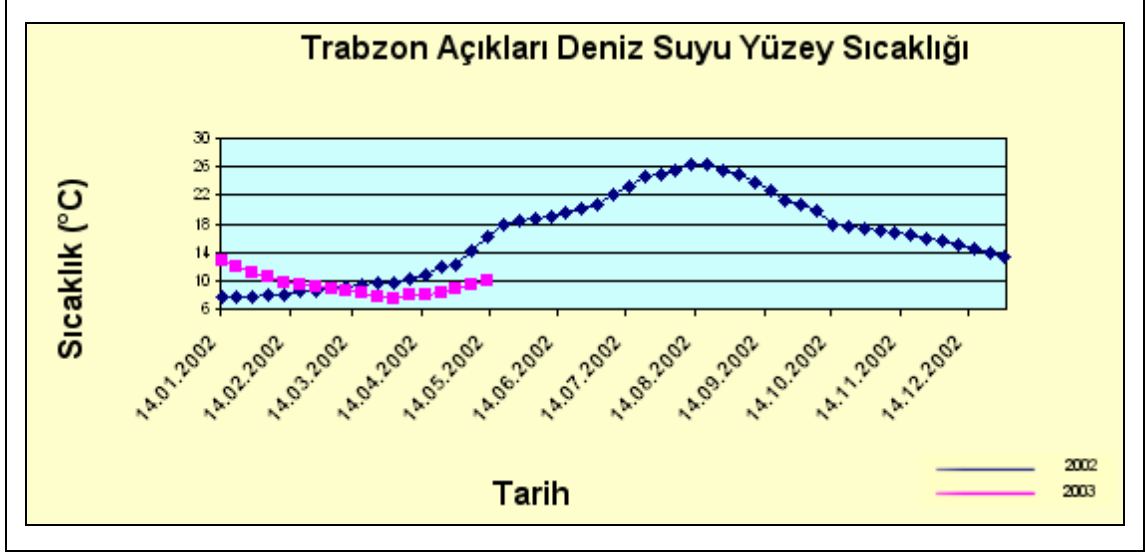
Kışın yüzey suyu sıcaklığı 5-8°C arasında değişmekle birlikte Güneydoğu Karadeniz'de 8°C'ın üzerindedir (Baykut vd., 1982). Doğu Karadeniz'de mevsimsel termoklin tabakasındaki sıcaklık, yazın ortalama 23°C civarında olup 25 m derinliğe kadar uzanmaktadır. Bu tabakanın altında sıcaklık hızla azalmakta ve 50-60 m civarında en düşük değerine, 7°C'a ulaşmaktadır. Karadeniz'de yüzeyde keskin bir sıcaklık tabakalaşması özellikle yaz mevsiminde gözlenir. Bununla birlikte, denizin biyolojik,

kimyasal, hidrolojik karakteristiklerini belirlemede etkili, 25-100 m arasında 6.5°C ile 7.5°C sıcaklığa sahip ve yüzey su sıcaklığının 8-9°C'dan yüksek olduğu zaman Karadeniz'in bütününde görülebilen soğuk ara tabakası da vardır. Doğu Karadeniz bölümünde ilkbahar sonları ile yazın, mevsimsel termoklin 25-100 m arasında bulunur. Kış aylarında 70-80 m derinlikteki suların sıcaklığı 7.5°C'dır. bu derinlikteki su tabakasının altında, 7-7.5°C sıcaklık dağılımıyla oluşturulan homojen bir tabaka vardır. Yüzey tabakada yaz aylarında yüksek olan su sıcaklığı, sonbahardan itibaren hava sıcaklığına bağlı olarak düşmeye başlar (Şekil 5). Sıcaklığın azalmaya başlaması ile birlikte yüzeyden termoklin tabakasına kadar etkili olan derinlikteki su kolonunda homojen bir yapı ortaya çıkar. Kalınlığı yaklaşık olarak 15 m civarında olan soğuk ara tabakadan sonra, derinlere inildikçe sıcaklık çok yavaş artmakta ve 200 m civarında 8.7°C'a ulaşmaktadır. Sıcaklık 1000 m derinlikte ise 9°C'a ulaşmaktadır. Deniz tabanına yakın kısımlarda ise sıcaklık 9.1°C'a çıkmaktadır (Oğuz vd., 1993).

Karadeniz'de ortalama tuzluluk % 22'dir. 200m'nin üzerindeki sularda % 4-5'lik bir değişim görülebilir. Karadeniz'de mevsimsel değişimler yüzeyle 50-75m'ler arasında gerçekleşmektedir. Kış aylarında oluşan soğuk sular da ancak bu derinlik sınırına kadar inebilmektedirler (Erüz, 1999).

Yaz aylarında Karadeniz'de yüzey suyu tuzluluğu % 17.2-18.5 arasında değişmektedir. Yüzey tuzluluğu kıyısız bölgelerde ve özellikle tatlı su boşalımının olduğu bölgelerde ortalama daha düşüktür. Karadeniz'in düşük tuzluluktaki sularının oluşumu, buharlaşmadan ve Akdeniz'e yüzey akışı olarak taşınan sulardan daha fazla suyun yağışlarla ve akarsu boşalımı ile kazanılmasının bir sonucudur. Yüzey sularının düşük tuzluluğa, dip sularının ise yüksek tuzluluğa sahip olması havzanın tamamının bir özelliğidir. Genel yapı içerisinde 70-100 m'lerde bulunan sabit haloklin tabakası yüzey ve derin su kütleleri arasındaki sınırı oluşturur. Bu sınır mevsimsel değişimlerden pek etkilenmez (Murray vd., 1991).

~25 m kalınlığındaki yüzey tabakası sıcak ve daha az tuzlu (~18 ppt) ile karakterize edilmektedir. Bu tabakanın aşağısında daha önce ifade edildiği gibi ~8°C sıcaklık ile karakterize edilen ara su tabakası bulunmaktadır. 200m derinlikte ortalama sıcaklık ve tuzluluk değerleri sırası ile 8.7°C ve 21.4 ppt olmaktadır. Daha aşağıdaki tabakalarda TS (tuzluluk, sıcaklık) karakteristikleri çok daha üniform olmaktadır. 500m'deki 8.9°C ve 22 ppt değerleri 1500 m'de sadece 9°C ve 22.3 ppt değerlerine artmaktadır. 1500 m aşağısındaki karışım dip tabakasında da bu değerler sabit kalmaktadırlar (Oğuz vd., 1995).



Şekil 5. Karadeniz (Trabzon) deniz suyu yüzeY sıcaklığının zamana bağılı değişimi

## 1.6. Atıksu Deniz Deşarjı Sistemleri

Deşarj sistemi, atıksuları bir toplama haznesinden boru ile deniz içine taşıyan ve yayıcı denilen bir boru sistemiyle deniz ortamına veren bir yapıdır. Toplama hazneleri hidrolik yük sağlamalarının yanında , tesisin tipine göre bir atıksu arıtma sistemi olarak da projelendirilebilirler. Sistemin çeşidinin seçiminden önce ekonomiklik ve uygulanabilirlik açısından atıksu arıtma tesisleriyle karşılaştırılması ve buna göre o bölge için uygun alternatifin seçilmesi gerekir. Bu durumda arıtma faktörünün uygulanması tartışılmalıdır.

### 1.6.1. Deşarj Yöntemleri

Deşarj sistemlerini dört grupta toplamak mümkündür. Bunlar:

- Evsel ve organik madde içelikli atıksu deşarj sistemleri,
- Yağmur suyu deşarj sistemleri,
- Endüstriyel atıksu deşarj sistemleri,
- Isıl deşarj sistemleridir.

Deşarj edilecek atıksuyun özellikleri ve deşarj ortamları dikkate alınarak atıksular piknoklinin üst veya alt kısmından denize verilir. Piknoklin denizlerin en dinamik katmanını oluştururlar. Atıksuların piknoklin tabakasının içine verilmemesi gerekmektedir. Çünkü bu dinamik tabakanın içinde atıksuların kontrol edilerek denize verilmesi mümkün

değildir. Piknoklinin altında kalan zonlara , yoğunluğu deniz suyundan daha ağır olan endüstriyel sular (maden işleme tesislerinin atıksuları gibi) tercihen verilmekte ve alt katmanlarda çökeltmeleri sağlanmaktadır. Buna yoğun atıksu deşarjı veya ağır deşarj da denilmektedir. Bu deşarj sistemleri , derin deniz atık depolama yerleri (submarine tailings placement, STP veya deep sea submarine tailings placement , DSTP) ismi ile bilinirler. Özellikle bakır madeni gibi ağır metal işletme tesislerinin atıksuları önce bir hazneye alınarak deniz suyu ile sulandırıldıktan sonra oksijeni azaltılarak deşarj borusuna verilmektedir. Bu yapılmadığı takdirde sülfür oksitlenerek sülfirik asit oluşumuna sebep olmaktadır. Bunun da sisteme ve deniz ortamına zarar vermesi söz konusudur. Bu tip deşarjlarda denizlerde fotosentez olayının aktif olduğu zondan daha alt seviyelere deşarj yapılmakta ve deşarjın bu zonu etkilememesi esası uygulanmaktadır. Denizin biyolojik bakımdan en aktif zonu olan fotosentez zonunun tabanı, yaklaşık olarak yüzeyden itibaren ışık girişiminin sadece % 1 olabildiği derinliğe kadar iner. Bunun yaklaşık 100 m'den daha fazla derinliklere karşılık geleceği verilebilir. Dünyadaki önemli STP'lerden birisi Türkiye'de Karadeniz'e Çayeli Bakır İşletmelerinin atıksularının STP sistemidir.

### **1.6.2. Su Kalitesi Standartları**

Su kalite standartları, sahil sularının kullanım maksadına göre değişir. Burada sadece yüzme ve su sporları için kullanılan sahil sularının kalite standartları üzerinde durulacaktır.

Evsel atıksuların denize deşarjında, deşarj hattı boyunun belirlenmesinde, koliform mikroorganizma konsantrasyonu sınırlayıcıdır. Bu yüzden deşarj sisteminin ekonomik olarak projelendirilmesinde koliform standartları önemli rol oynar. Koliform standartları deniz suyunun halk sağlığı ve estetik bakımdan yeterli özellikte olması göz önüne alınarak tespit edilir. Bununla birlikte koliform konsantrasyonunun halk sağlığı bakımından hastalık riskini ne ölçüde yansıtabildiği, salgın hastalıklarla ilgili yeterli çalışmalarla gösterilmiş değildir. Türkiye için proje çalışmalarında koruma bölgesi sınırında zamanın % 90'ındaki koliform konsantrasyonu değerinin 1000/100 ml alınması öngörülmektedir. Koruma bölgesi genişliği olarak da çoğu ülkelerde olduğu gibi asgari 200-300 m'lik bir sahil bandı alınabilir. Çeşitli ülkelere ait koliform standartları Tablo 3'te topluca görülmektedir. Yönetmelikte ayrıca nüfusa bağlı olarak minimum deşarj boyları için de belli değerler öngörülmektedir. Tablo 3'te verilen değer, en az zamanın belirtilen yüzdesi kadar bir

kesiminde aşılmaması gerekir. Koliform mikroorganizma, fiziksel ve kimyasal parametreler dışında ilk seyrelme için de sınırlama getirilebilir.

Tablo 3. Çeşitli ülkelerin koliform standartları

Ülke	Organizma Türü	Koliform (En Muhtemel Sayı (EMS))/100 ml			
		%50	%80	%90	%95
AT Üyeleri	Toplam Koliform		500		10000
	Fekal Koliform		100		2000
	Fekal Streptococci			1000	
ABD (California)	Koliform	230	1000		
Danimarka	E. Koliform		100		1000
Japonya	E. Koliform		1000		
Hollanda	E. Koliform	100-1000			
Rusya	E. Koliform	1000			
İsveç	E. Koliform	100			
Türkiye	Toplam koliform			1000	
	Fekal Koliform			200	

Su kirliliği yönetmeliğinde deniz deşarjına izin verilebilecek atıksularda aranan özellikler Tablo 4'te ve uygulanacak kriterler Tablo 5'da, minimum deşarj boyları ise Tablo 6'de topluca verilmiştir.

Tablo 4. Deniz deşarjına izin verilebilecek atıksuların özellikleri (Resmi Gazete, 2004)

Parametre	Sınır	Düşünceler
pH	6-9	
Sıcaklık	35°C	
Askıda katı madde (mg/l)	350	
Yağ ve gres (mg/l)	10	
Yüzer maddeler	Bulunmayacaktır	
BOİ (mg/l)	250	
KOİ (mg/l)	400	
Toplam azot (mg/l)	40	
Toplam fosfor (mg/l)	10	
Yüzen aktif maddeler (mg/l)	10	Biyolojik olarak parçalanması Türk Standartları Enstitüsü standartlarına uygun olmayan maddelerin boşaltımı yasaktır.
Diğer parametreler		Tehlikeli ve Zararlı Maddeler Yönergesi'nde bu parametreler için verilen sınır değerlere uyulmalıdır.

Tablo 5. Derin deniz deşarjları için uygulanacak kriterler (Resmi Gazete, 2004)

Parametre	Limit
Sıcaklık	Deniz ortamının seyrelme kapasitesi ne olursa denize deşarj edilecek suların sıcaklığı 35°C'ı aşamaz.sıcak su deşarjları difüzörün fiziksel olarak sağladığı birinci seyrelme (S <sub>1</sub> ) sonucunda karıştığı deniz suyunun sıcaklığını Haziran-Eylül aylarını kapsayan yaz döneminde 1°C'dan,diğer aylarda ise 2°C'dan fazla arttıramaz.
EMS toplam ve fekal koliformlar	Derin deniz deşarjı ile sağlanacak olan toplam seyrelme sonunda sayı (EMS) insan teması olan koruma bölgesinde, zamanın %90'ında, EMS olarak toplam koliform seviyesi 1000 FC/100ml ve fekal koliform seviyesi 200 FC/100ml'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	Yönetmelikte Tablo 3'te verilen sınırlara uyulacaktır.

Tablo 6. Evsel atıksu debilerine göre minimum deşarj boru boyu (Resmi gazete, 2004)

Nüfus	Debi	Minimum Deşarj Boru Boyu
<1000	200m <sup>3</sup> /gün	500m
1000-10 000	200-2000m <sup>3</sup> /gün	1300m

### 1.6.3. Deniz Araştırmaları

Deşarj yeri ve alıcı ortam özellikleri ile ilgili verileri elde etmek üzere kapsamlı araştırmalara ihtiyaç vardır. Bu araştırmalarda,

- Deniz ortamının mevcut durumunun tespiti
- Deniz deşarjının muhtemel çevre etkilerinin tahmini

c) Deniz deşarj sistemi tasarım ve inşasına esas verilerin elde edilmesi gibi hedefler gözetilir. Söz konusu hedeflere ulaşmak üzere ölçülmesi gerekli fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler ile numune alma programının çerçevesi ve süresi iyi tayin edilmelidir.

Şehir kanalizasyon şebekesi ana kollektörü veya kollektörlerin nihai noktaları ile varsa atık su arıtma tesisi çıkış noktası dikkate alınarak öncelikle muhtemel deniz deşarjı noktaları belirlenir. Daha sonra deşarj hattı güzergah alternatifleri mevcut Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi haritaları üzerinden tahkik edilerek bilhassa deniz tabanı topografyası, kıyı ve liman yapıları, balıklar yönünden uygun olanı seçilir. Bu ön etütte



Liman Başkanlıkları ile yerel balıkçılardan sağlanacak bilgiler büyük önem taşımaktadır. Deniz araştırmaları seçilen güzergah veya güzergahlarda hattın her iki yanında sahildeki çıkış noktasındaki genişlik tercihen 200 m'den az olmamak üzere aıĝa doĝru deşarj hattı doĝrultusu ile 30°'lik açı yapar tarzda genişlemek üzere genelde 40-50 m derinliĝe kadar olan sahada planlanır.

Deniz araştırmalarının yrtleceĝi sahada daha önceden yapılmış çalışmalar derlenir. Genellikle 1/10.000 veya 1/25.000 ölçekli batimetrik haritalar Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesinden temin edilebilir. Ayrıca Liman İdarelerinde veya Belediyelerde de bu tür bilgiler bulunabilir. Batimetrik haritalara ilaveten, alıcı ortamın oşinografik özellikleri, akıntı veya dalga durumu ile bazen su kalitesi durumu da çeşitli kuruluşlarca daha önceden belirlenmiş olabilir. Dolayısıyla dikkatli bir inceleme ile deniz araştırmalarının kapsamı ve maliyeti büyük lde azaltılabilir. Böylece sadece belli parametrelerin kontrolü gayesi ile yapılacak az sayıda teyit ölümü ile gerekli veriler derlenebilir.

Alıcı ortamın mevcut kirlilik durumu ile ilgili olarak öncelikle kirletici kaynaklar ve kirlilik yükleri, avlanan deniz ürünlerinin miktarları, sahillerin kullanım maksatları gibi temel bilgiler elde edilmelidir. Bu ervede derlenmesi gereken veriler ařaĝıda sıralanmıştır.

- Mevcut topoĝrafik veriler ve batimetrik haritalar
- Hidrografik zellikler (akıntılar, med-cezir, dalga vb.)
- Yöredeki rüzgar hız, yn ve sayıları, rzgargl
- Alıcı ortamın mevsimlik sıcaklık, tuzluluk ve yoĝunluk profilleri
- Kirletici kaynaklar ve kirlilik yükleri, varsa arıtma tesisi özellikleri ve çıkış suyu kalitesi
- Sahil sularının ve plajların su kalitesi durumu ve kullanım maksatları
- T<sub>90</sub>
- Deniz tabanı flora ve faunası durumu

Yukarda belirtilen verilerin derlenebilmesi için iki tür araştırmaya ihtiyaç vardır.

- Fiziksel araştırmalar
- Kimyasal ve biyolojik araştırmalar

Elde edilen verilerin daha iyi yorumlanabilmesi için bu iki grup araştırmanın olabildiĝince eş zamanlı olarak yürütülmesi gerekir. Kimyasal ve biyolojik verilerin

önceden derlenmesi durumunda mevcut sonuçların mutlaka çalışma dönemindeki hidrografik özellikler göz önünde tutularak yürütülmesi gerekir.

İdeal durumda deşarj ortamındaki örnekleme (numune alma) istasyonları yatay düzlemde ve iki boyutlu eksen takımında bir ağ oluşturacak tarzda seçilir. Ancak deniz araştırmalarının maliyetinin yüksek oluşu dolayısıyla istasyon sayısı asgari tutulur. Çoğu kere deşarj hattı güzergahı üzerinde 10, 20 m derinlik ve difüzör hizasında olmak üzere asgari 3 istasyon seçilir. Bu istasyonlar dışında difüzörün her iki tarafında ilave iki istasyon daha seçilmesi deşarj sonrası izleme açısından uygun olacaktır.

Su kalitesi durumu, oşinografik parametreler, biyolojik parametreler (birincil üretim, klorofil vb.) ile flora ve fauna asgari üç mevsim (ilkbahar, sonbahar ve yaz) izlenmelidir.

Rüzgar verileri genellikle yöreye en yakın meteoroloji istasyonundan temin edilebilir. Ancak bazı yörelerde rüzgar durumu mahalli şartlara aşırı duyarlı olabilir ve yakınındaki istasyonlardan büyük ölçüde fark edebilir. Bu gibi durumlarda geçici bir meteoroloji istasyonu tesis etmek suretiyle deşarj yerine has rüzgar verilerinin elde edilmesi gerekebilir.

Deniz araştırmalarında dikkate alınan çeşitli parametreler, ölçme sıklığı, süresi ve yöntemleri ile birlikte Tablo 7’de topluca özetlenmiştir.

Çoğu kez ön araştırmalarda deniz deşarj hatlarının fizibilite analizine esas olmak üzere sınırlı sayıda parametre ile çalışmak gerekebilir. Bu maksatla genellikle sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk profilleri, akıntılar ve deşarj hattı güzergahı boy kesiti dikkate alınır. Kısa süreli, fizibilite çalışmaları için söz konusu verilerin, örneğin sadece kritik mevsim olan yaz dönemi sonuçları ile yetinilebilir. Ancak genelde bir yıldan daha kısa süreli deniz araştırmalarının tercih edilmemesi gerekir. Numune alma sıklığı alıcı ortamın özelliğine göre tayin edilir. Kapalı koy ve körfezlerdeki deniz araştırmaları daha uzun süreli ve kapsamlı olarak planlanmalıdır. Deniz deşarjı öncesi araştırmalar, daha sonra kullanılması düşünülen modellerin ayarlanması için gerekli parametrelerin ölçümünü de ihtiva etmelidir.

İnşaat safhası için deşarj hattı güzergahındaki deniz tabanı zemininin geoteknik özelliklerinin de belirlenmesi gerekir. Bu yüzden deniz dibi sondajları ile zemin sınıfı, kıvam limitleri, özgül ağırlık, organik madde muhtevası, granülometrik özellikler, hendek şev açısı ve taşıma gücü gibi temel geoteknik parametreler belirlenmelidir.

Deniz araştırmaları oldukça masraflıdır ve deniz deşarj sistemi yatırım maliyetinin % 1 ila 2’sine karşı gelir.

Deşarj hattı işletmeye açıldıktan sonra da düzenli izleme programı ile alıcı ortamının su kalitesi ve deşarj hattının durumu kontrol edilmelidir. Bu çerçevede genellikle çözünmüş oksijen seviyesi, BOİ, yağ-gres, koliform,  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$ , fenol vb. su kalitesi parametreleri izlenir. Ayrıca birincil üretim, kabuklu deniz hayvanlarında (midye, istiridye vb.) ağır metal ve bakteri birikimi, Secchi diski derinliği gibi ilave parametreler de belli aralıklarla ölçülmelidir. Sürekli izleme için büyük kuruluşlar kendi izleme personel, vasıta, ekipman ve laboratuvarlarını kurabilirler. Daha küçük idareler bu konuda sürekli personel, vasıta ve laboratuvar donanımı olan üniversite veya özel kuruluşlardan yararlanabilirler.

Tablo 7. Deniz araştırmalarında ölçülen parametreler (Resmi gazete, 2004)

Parametreler	Yer	Sıklığı veya Süresi	Ölçme Yöntemi	Açıklama
<b>Fiziksel</b>				
1. Med-Cezir	Deşarj yeri	Sürekli veya ayda 5-7 gün	Seviye eşeli, kaydedicili seviye ölçer	Kapalı körfez ve koylardaki seviye farkı açık denizlerdeki göre fark edebilir.
2. Rüzgarlar	Deşarj yeri	Akıntı ve dispersiyon katsayısı ölçümleri ile eş zamanlı olarak	Rüzgar ölçer kayıtlarına göre rüzgar gücü elde edilir.	Uzun süreli veriler en yakın DMİ istasyonundan alınabilir.
3. Akıntılar	Deşarj yerinde ve farklı derinliklerde	Anlık, aylık veya mevsimlik	- Seyyar akıntı ölçerlerle anlık akıntı yönü ve hızı ölçülür. - Kaydedicili sabit akıntı ölçerlerle akıntı gücü elde edilir. - Yüzgeçlerle, ilerleyen vektör diyagramları üzerinden akıntı yörünge ve hızları belirlenir.	- Peryodik kalibrasyon gereklidir. - Yüzgeçlerin yere oturma riski vardır.
4. Sıcaklık, Tuzluluk ve Yoğunluk	Deşarj hattı güzergahı	Mevsimlik (en az bahar ve yaz döneminde)	Salinometre aleti ile sıcaklık, tuzluluk ve iletkenlik ölçülür. Daha sonra analitik ifadelerden osinografik yoğunluklar hesaplanır.	-
5. Türbülanslı Dispersiyon Katsayısı	Deşarj yeri	Yaz dönemi	Akıntı kartları veya izleyici madde deneyi ile	-
6. Işık Geçirgenliği	Deşarj yeri	Mevsimlik	Secchi diskisi ile	-
7. Deniz Tabanı Topoğrafyası, Jeolojisi	Deşarj hattı güzergahı boyunca	-	Elektronik mesafe ölçer (total station), GPS (Geographical Position System) ve sonar, yandan taramalı sonar.	Dalgıç gözlemleri de ayrıca rapor edilmelidir.
<b>Kimyasal</b>				
8. Çözünmüş Oksijen	Deşarj yerinde ve farklı derinliklerde	Mevsimlik	Probla ve derin su numune alıcı ile alınan numunelerde Winkler yöntemi ile	Prob ölçümleri mutlaka Winklerle kalibre edilmeli
9. Organik Madde	Sahil şeridinde, suda, dip çamurunda	Mevsimlik Arada bir	TOK veya BOİ ölçerek Drec ile alınan numunelerde kuru madde (103°C) ve yanıcı organik madde (600°C) deneyi ile, BOİ Warburg respirometresi ile	Örnekler iyi korunmalı
10. Azot ve Fosfor	Yüzey sularında	Mevsimlik	Genellikle NO <sub>2</sub> + NO <sub>3</sub> ve çözünmüş fosfat ölçülür.	Analizler 3 saat içinde yapılmalı
11. Ağır Metal ve Klorlu Organikler	Dip çamurları ve su kolonu	Arada bir	Atomik absorpsiyon, spektrofotometre	-
<b>Biyolojik</b>				
12. Birincil Üretim	Sahil şeridi	Mevsimlik	Biyo kütle ve Klorofil-a ölçümlerinden hareketle	-
13. Fitoplankton ve Zooplankton	Deşarj sahası	Mevsimlik	Yatay ve düşey ağ çekme yöntemi ile	Örnekler %5'lik formalinde saklanmalı
14. Bentik Flora ve Fauna	Deşarj sahası	Ara sıra veya Mevsimlik	Drec veya trolle alansal dip numunesi olarak	-
15. Türlerin Dağılımı	Deşarj sahası	Ara sıra veya Mevsimlik	12, 13 ve 14. maddelerde elde edilen bilgiler değerlendirilip türlerin dağılım indisi hesaplanacaktır.	-
16. Koliform Mikroorganizma	Sahil koruma bölgesindeki yüzey sularında	Plaj mevsiminde	Membran filtre veya çoklu tüp yöntemleri ile. Bu arada T <sub>90</sub> parametresi de belirlenir.	Numuneler uzağa nakledilecekse çok iyi koruma yapılmalıdır.

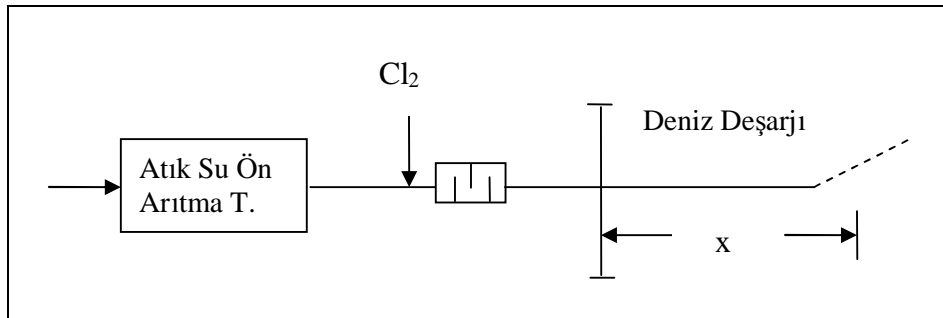
#### 1.6.4. Deşarj Öncesi Atıksu Arıtımı

Atıksuların deşarj öncesi arıtımı alıcı ortamın su kalitesi standartlarını en ekonomik şekilde sağlamak bakımından farklılık gösterir. Uygulamada genellikle iki tip durumla karşılaşılmaktadır.

- Ön arıtmanın derecesine bağlı olarak deşarj derinliği veya deşarj hattı boyunu değiştirmek suretiyle öngörülen su kalitesi standartlarının sağlanması hali;

Bu durumda ön arıtma ve deniz deşarjı hattının toplam maliyetini minimum kılan ön arıtma alternatifi uygun çözümlü verecektir. Bununla birlikte arıtma tesisi için ihtiyaç duyulacak arazi, ekipman ve enerjinin kolaylıkla temin edilip edilmeyişi ve işletme emniyeti genellikle deşarj hattının mümkün mertebe daha uzun tutulmasını gerektirebilir. Ayrıca arıtma tesisinden çıkan suyun kalitesinin öncelikle yeterli bakım ve işletmeye bağlı olması ve atıksuların deniz ortamında tabi proseslerle istenilen seviyede arıtılabilmesi de göz önünde tutulmalıdır.

Derin deniz deşarjı hatlarında, çoğu kere elde edilen yüksek mertebede seyrelme dolayısıyla, BOİ genellikle önemli bir parametre olmaktan çıkar. Buna kıyasla kıyından yapılan sığ deşarjlarda önemli bir seyrelme söz konusu olmadığından, kıyı kesiminde halk sağlığı ve çözülmüş oksijen konsantrasyonu bakımından belli bir risk söz konusu olabilir. Organik maddelerin seyrelme yoluyla konsantrasyonlarının azaltılması yanında deşarj hatlarının atıksu içindeki bakteri ve virüslerin yüzme standartlarını sağlayacak ve gerekli taşınma süresine imkan verecek tarzda planlanması gerekmektedir. Deşarj hattı uzunluğu yetersiz olduğu takdirde deşarj öncesi dezenfeksiyon uygulanarak sahil suyu kalite standartlarının sağlanması yoluna gidilir. Bu durumda dezenfeksiyon işleminin yıllık işletme maliyeti ile deşarj hattının yatırım maliyeti başlıca karar parametreleridir (Şekil 6).



Şekil 6. Ön arıtma ve/veya dezenfeksiyondan sonra deniz deşarjı

- Deşarj Öncesi Arıtma ve Derin Deniz Deşarjı Hali;

Böyle bir uygulama genellikle açık denizlerle su alışverişi nispeten sınırlı olan iç deniz ve kapalı körfezlere atıksu deşarjı halinde söz konusu olmaktadır. Bu gibi hallerde alıcı ortamda kirleticilerin önemli oranda birikmesi söz konusu olabilmektedir. Özellikle nütrientler kapalı su ortamlarında birikerek ötrifokasyona yol açabilir. Bu yüzden alıcı ortamda organik madde giderimi ve çözünmüş oksijen eksikliği yönünden çok önemli problemler olmasa bile, deşarj öncesi arıtma ile nütrient giderimi büyük önem taşır.

Nütrientler (besi maddeleri) yanında alıcı ortamın estetik durumunun değişmesine yol açan yüzücü maddeler, yağ-gres, koku ve renk parametrelerinin kontrolü için de deşarj öncesi arıtma gerekmektedir. Bu parametreler özellikle endüstriyel atıksu deşarjlarında önemlerini daha da arttırmaktadır. Zehirli maddelerin ve ağır metallerin besin zinciri içerisindeki birikimi yüksek oranda seyrelme sağlayan derin deniz deşarjı hatları ile önlenabilir. Aynı şekilde biyolojik olarak birikim özelliğine sahip maddelerin alg, midye, kabuklu deniz hayvanları ve balıklarda birikme riski de seyrelme oranına bağlı olarak azaltılabilir. Bu tür maddeler (DDT, PCB, PCP, vb.) için en etkin kontrol yöntemi kaynağında kontrol ve sıfır deşarjdır.

Atıksulardaki virüslerin giderimi için de ön arıtma gerekebilir. Zira virüsler için  $T_{90}$  (konsantrasyonun % 90 azalması için gerekli süre) değeri 48 saat mertebesindedir. Dolayısıyla deniz deşarj hatları bakterilerin yok olması için gerekli süreyi temin etmelerine karşılık virüsler için yetersiz kalabilmektedir. Evsel atıksulardaki virüs konsantrasyonları,  $10^2$ - $10^5$  PFU/100ml mertebesindedir. Teorik olarak 1 PFU (Probable Fecal Units)'nun bile hastalık yapabileceği göz önünde tutulursa ölme yok olma süresinin en az 1/1000'lik bir seyrelmeyi sağlayabilmesi gerekmektedir. Bu derece yüksek seyrelmenin sağlanamadığı hallerde, virüslerin tercihen fiziko-kimyasal yöntemlerle deşarjdan önce arıtımı gerekebilir. Virüslerin ayrıca kabuklu deniz hayvanlarında da biriktikleri bilinmektedir. Evsel atıksular için derin deniz deşarjı öncesi uygulanabilecek arıtma yöntemleri mekanik, biyolojik ve fiziko-kimyasal arıtma sistemlerinin biri veya birkaçını kapsayabilmektedir. Ön arıtma alternatifi olarak aşağıdaki sistemler verilebilir.

Çok küçük yerleşim birimlerinde bile tavsiye edilen asgari arıtma, atıksuların ızgaradan geçirilerek mekanik arıtımıdır. Izgara arkasında bir kum tutucunun da bulunması deşarj terfi merkezindeki pompaların ve deşarj hattının ömrünü uzatacak ve bakım masraflarını azaltacaktır. Izgara ve kum tutucuda tutulan malzeme genellikle evsel çöplerle birlikte çöp depolama yerlerinde düzenli depolanabilir. Nispeten büyük yerleşim

birimlerinde kaba ızgara ile birlikte döner eleklerin de kullanılması ayrıca yaygın bir uygulamadır.

Orta ve büyük şehirler için, havalı biyolojik arıtma yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle aktif çamur, biyodisk ve stabilizasyon havuzları bu alanda öncelikle kullanılan arıtma sistemleridir. Bu sistemlerle karbonlu maddelerin %85-95 oranında giderimi mümkün olabilmektedir. Ancak nütrient giderim verimleri aktif çamur sistemlerinde %30-45, stabilizasyon havuzlarında ise en fazla %40-50 aralığında değişmektedir (Tablo 8). Dolayısı ile karbonlu maddelerden ziyade nütrient gideriminin önem taşıdığı kapalı sulara deşarj halinde biyolojik arıtma yerine veya onunla birlikte fiziko-kimyasal arıtma da gerekebilir. Ayrıca günümüzde nütrientlerin biyolojik olarak oldukça yüksek verimlerde giderimi de mümkün olmaktadır.

Deşarj öncesi arıtmada fiziko-kimyasal arıtma sistemlerinin uygulanması küçük ve orta büyüklükteki yerleşim birimleri ile endüstriyel atık sular için bilhassa büyük potansiyele sahiptir. Bu sistemlerin arazi ve enerji ihtiyacı biyolojik arıtma sistemlerine göre çok daha azdır, sıcaklık değişimlerinden etkilenmezler ve istenildiğinde kesikli (mevsimlik) olarak çalıştırılabilirler. Pıhtılaştırıcı kimyasal madde olarak genellikle 100-300 mg/l konsantrasyonunda alum ve/veya kireç kullanılır. Fiziko-kimyasal arıtma sonucu % 90'ın üzerinde PO<sub>4</sub>, % 30-40 N, % 70-80 BOI ve % 50-90 ağır metal giderimi sağlanabilmektedir. Kimyasal arıtmada giderilmeyen fosforun büyük kısmı, inşa edilecek bir hızlı kum filtresinde askıda maddeler tutulmak suretiyle giderilebilir. Fiziko-kimyasal arıtmanın kullanım şansı, büyük ölçüde, oluşan çamurun arıtma ve uzaklaştırma yöntemine de bağlıdır. Kimyasal arıtma sonucu evsel atık sularda, mevcut birincil çamur miktarı 1.5~2 misli artabilir.

Kullanılmış suların deşarj öncesi arıtımı, deşarj yapılacak ortamın su kalite standartlarını en ekonomik şekilde sağlamak bakımından farklılık gösterir. Deşarj öncesi arıtma alternatifi olarak aşağıdaki sistemler verilebilir.

Şekillerde kullanılmış olan kısaltmaların listesi aşağıdaki gibidir.

I	: Izgara	İÇH	: İlk çöktürme havuzu
TM	: Terfi merkezi	S	: Santrifüj
KT	: Kum tutucu	SÇH	: Son çöktürme havuzu
HKT	: Havalandırılmalı kum tutucu	DB	: Dezenfeksiyon birimi
ÇY	: Çamur yoğunlaştırıcı	HH	: Havalandırma havuzu

Tablo 8. Arıtma sistemlerinin verimleri ve işletme özellikleri

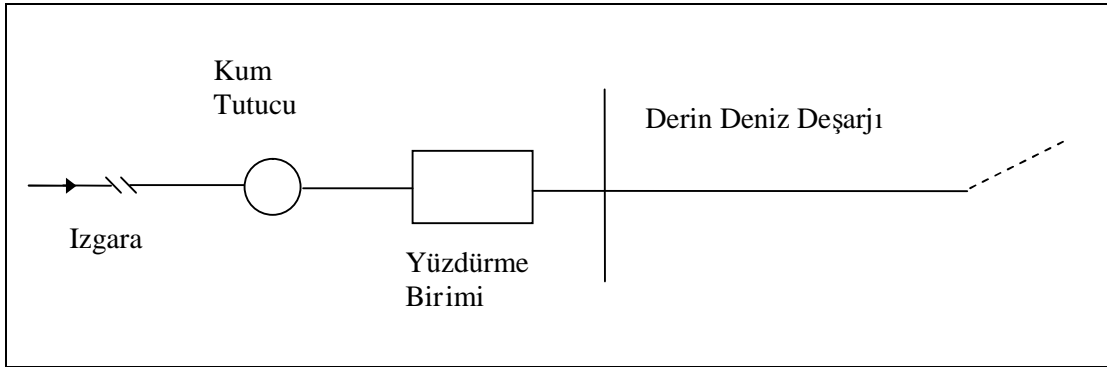
Parametre	Klasik Aktif Çamur Sistemi	Uzun Havalandırmalı Aktif Çamur Sistemi	Damlatmalı Filtre	Fakültatif Havalandırmalı Havuz	Stabilizasyon Havuzu	Biyodisk
BOİ giderme verimi, %	85-93	95-98	65-95	70-90	70-90	85-94
Azot giderme verimi, %	30-40	15-30	-	-	40-50	-
Fosfor giderme verimi, %	35-45	10-20	-	-	20-60	-
Koliform giderme verimi, %	60-90	60-90	-	60-90	50-99.9	-
Arazi ihtiyacı, m <sup>3</sup> /N						
Sıcak iklim	0.16-0.20	0.25-0.35	-	0.15-0.45	1.0-2.8	<0.1
Ilıman iklim	0.20-0.40	0.35-0.65	-	0.45-1.00	3-12	<0.1
Enerji ihtiyacı, kw-st/Nt.yıl	8-17	13-20	-	12-15	yok	6-12
Çamur tasfiye şekli	Çamur çürütme yatakları, mekanik teçhizat	Kurutma yatakları	Çürütme, kurutma yatakları	5-10 yılda bir defa çamur uzaklaştırma	5-10 yılda bir defa çamur uzaklaştırma	-
Lüzumlu alet ve teçhizat ihtiyacı	Havalandırıcı, geri devir pompası, sıyırıcı, çamur çürütücü, gaz toplama tertibatı	Havalandırıcı, geri devir pompası	Geri devir pompası, sıyırıcı, yoğunlaştırıcı, çürütücü ve gaz toplama tertibatı	Havalandırıcı	-	Geri devir pompası, sıyırıcı, yoğunlaştırıcı ve çürütücü
İşletme	Yetişmiş eleman	Daha az yetişmiş eleman	Yetişmiş eleman	Basit	Basit	Basit



#### 1.6.4.1. Mekanik Ön Arıtmadan Sonra Deşarj

Pestisit ve ağır metaller ile klorlu organiklerin suya karışması, bu kirleticilerin kaynağında yapılacak olan ciddi tedbirlerle önlenerek atıksular, ızgara, kum tutucu ve yüzdürme birimlerinden ibaret bir ön tasfiye sisteminden geçirilir ve yeterli uzunluktaki derin deşarj hattı ile denize verilebilir (Şekil 7).

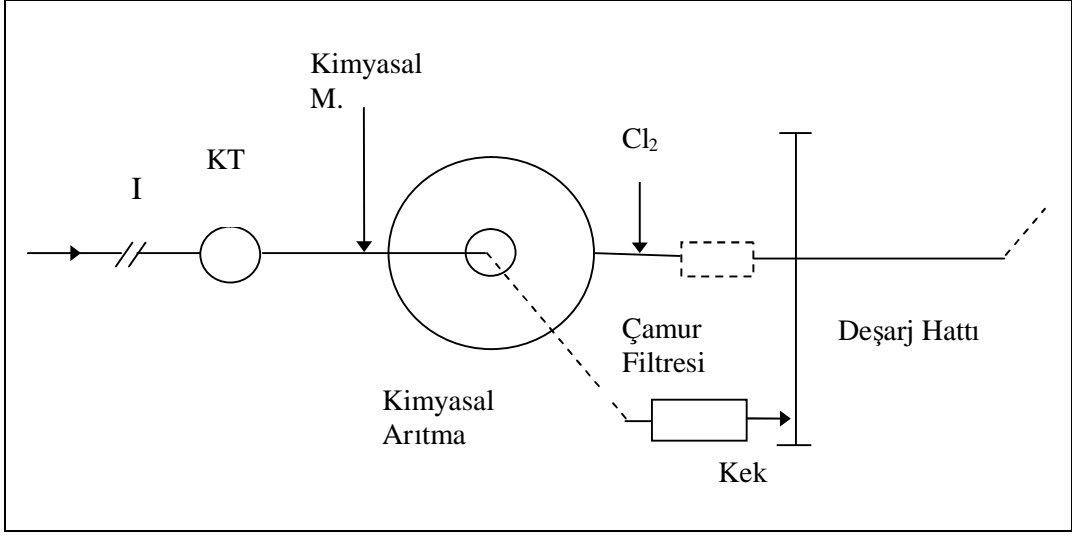
Pestisitler, zararlı böcek, bakteri, kemirgen ve mantar gibi zararlı unsurların kontrol altına alınması amacıyla kullanılan çok çeşitli kimyasal bileşime sahip organik ve inorganik bileşiklerdir. Kimyasal yapılarına göre inorganik pestisitler, sentetik ve organik pestisitler ile doğal organik pestisitler olmak üzere üç gruba ayrılır. Bunlardan inorganik yapıda olanlar suda ağır metal sınıflandırılmasına girer. Bunların başlıcaları, arsenik, cıva, florür, bakır ve elementel kükürttür. Sentetik organik pestisitler arasında klorlu hidrokarbonlar fosforlu pestisitler, tiyokarbamatlı ve karbamatlı pestisitler yer alır. Doğal organik pestisitler ise nikotin, allethrin ve pyeretrumdur.



Şekil 7. Mekanik ön arıtmadan sonra deşarj

#### 1.6.4.2. Kimyasal Ön Arıtmadan Sonra Deşarj

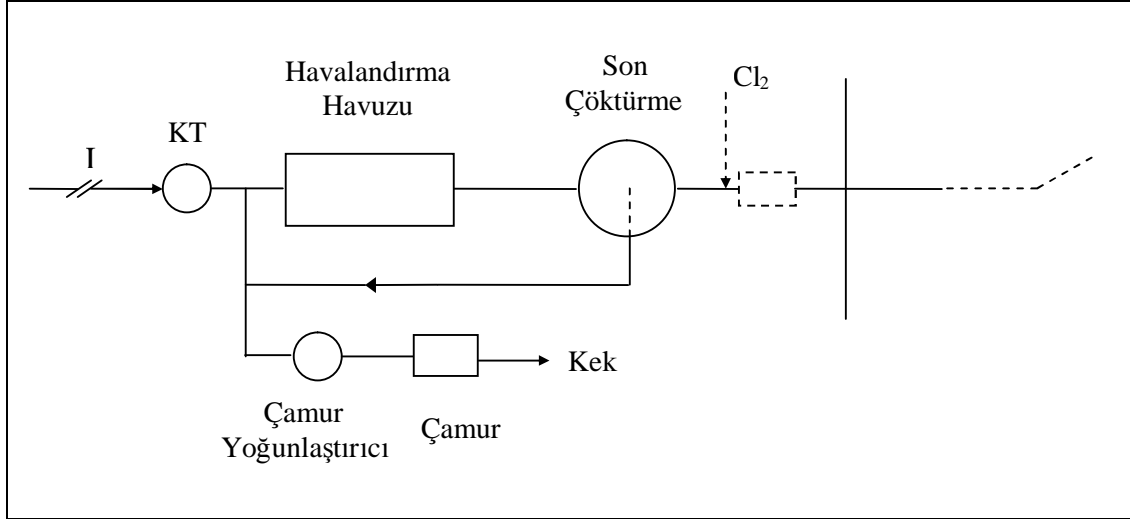
Kimyasal çöktürmeli bir ön arıtmayı müteakip atıksular gerekirse ayrıca dezenfeksiyon ünitesinde klorla dezenfekte edilerek daha kısa bir deşarj hattı ile denize verilebilir (Şekil 8).



Şekil 8. Kimyasal ön arıtmadan sonra deşarj

#### 1.6.4.3. İkinci Kademe Biyolojik Arıtma ve/veya Dezenfeksiyondan Sonra Deşarj

Atıksular ikinci kademe biyolojik arıtmadan geçirildikten sonra ayrıca klorla dezenfekte edilerek veya doğrudan denize boşaltılabilir (Şekil 9).



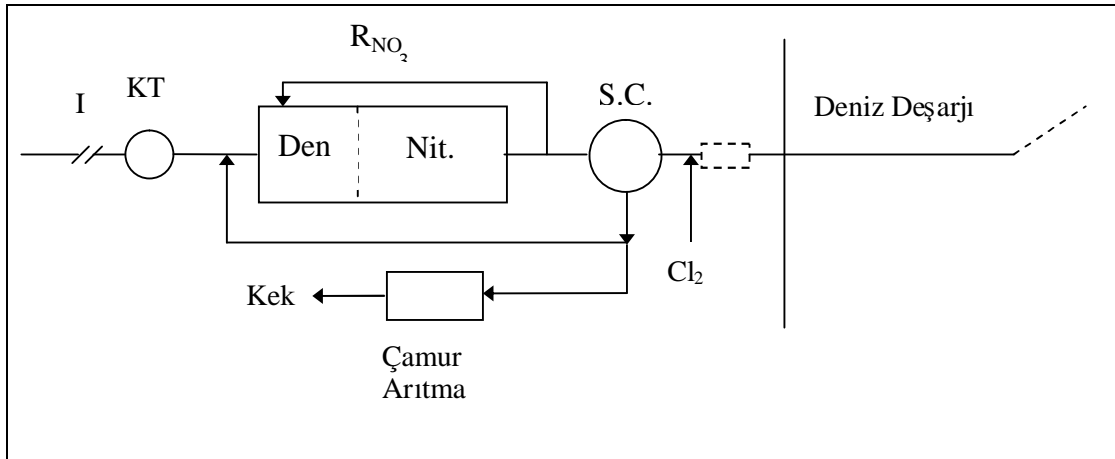
Şekil 9. İkinci kademe biyolojik arıtmayı takip eden deniz deşarjı

#### 1.6.4.4. Arıtma Çamurunun da Ayrı Bir Hatla Denize Verildiği Çift Hatlı Deşarj

İkinci kademe arıtma tesisinde teşekkül eden birincil ve biyolojik çamurlar ayrıca inşa edilecek daha uzun ikinci bir deşarj hattı ile denize verilebilir. Bazı ülkelerde rastlanan bu uygulamaya ülkemizde izin verilmemektedir.

#### 1.6.4.5. Üçüncü Kademe Biyolojik Arıtmadan Sonra Deşarj

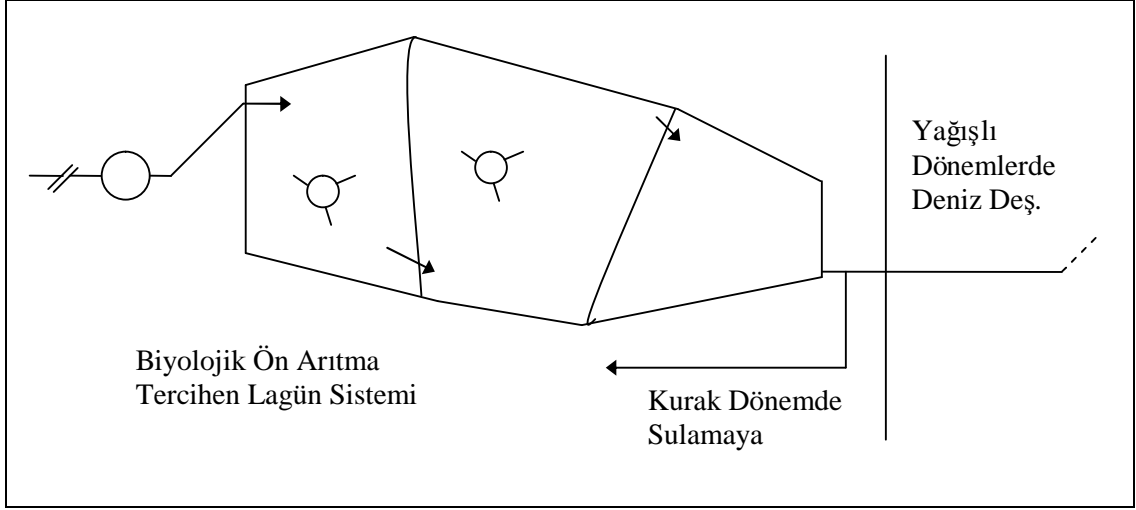
Üçüncü kademe arıtma ile N,P gibi besin maddeleri gerekli seviyede giderilir ve çıkış suyu denize deşarj edilir. Bu ancak kapalı deniz ve körfezler için düşünülebilen oldukça pahalı bir çözümdür (Şekil 10).



Şekil 10. Üçüncü kademe biyolojik arıtmayı takiben deşarj

#### 1.6.4.6. Ön Arıtmadan Sonra Mevsimlik Deşarj

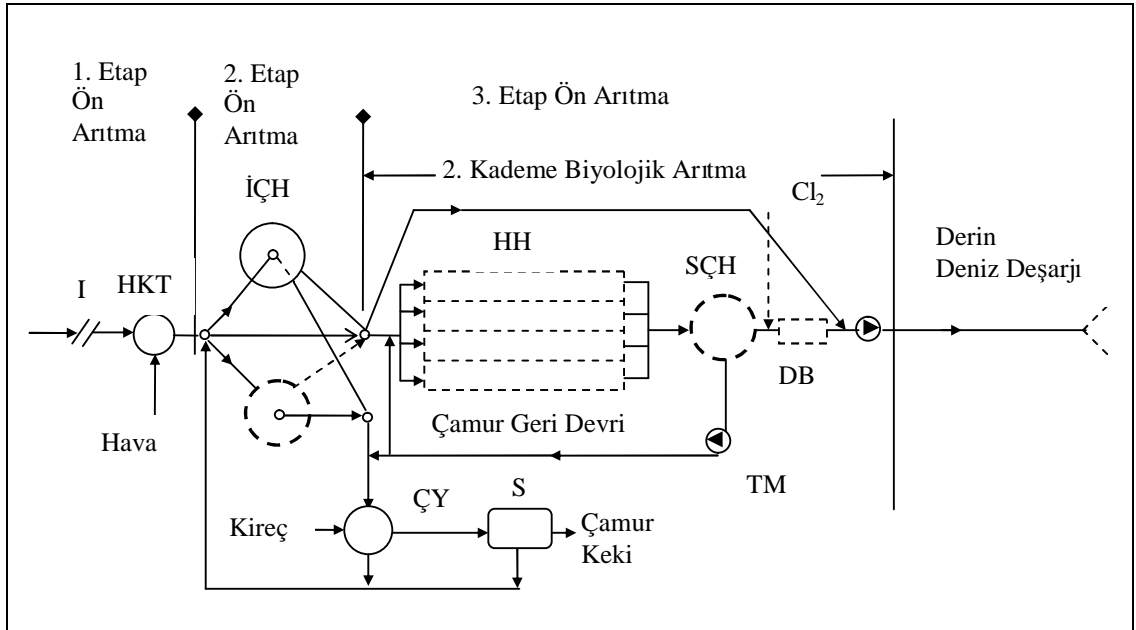
Bu halde, ön arıtmadan geçirilen atıksular, sulama mevsiminde (aynı zamanda plaj mevsimi) zirai alanların sulanmasında kullanılır, sulamaya ihtiyaç duyulmayan zamanlarda ise denize deşarj edilir (Şekil 11).



Şekil 11. Ön arıtmadan sonra mevsimlik deşarj

### 1.6.4.7. Boyuna Kademelendirme ile Değişken Ön Arıtma

Bu halde başlangıçtaki sadece kısmi mekanik ön arıtma birimlerini ihtiva eden arıtma sistemi nüfus artışı ve maddi imkanlara paralel olarak tedricen geliştirilerek belli bir süre sonunda 2. ve hatta 3. kademe biyolojik arıtmaya dönüştürülür. Ülkemiz şartlarına da çok uygun düşen bu tür boyuna kademelendirme Şekil 12’de görülmektedir.



Şekil 12. Boyuna kademelendirme ile değişken ön arıtma

### 1.6.5. Deşarj Parametreleri

Atıksuların denize deşarjında öncelikle göz önünde tutulması gereken hususlar aşağıda verilmiştir.

- Denizin estetik görünüşünü bozan yüzücü katı maddeler ve yağ-gres deşarjdan önce atıksudan ayrılmalıdır.
- DDT, PCB, PCP, ağır metaller vb. zehirli maddelerin atıksuya karışması önlenmelidir.
- İyi projelendirilmiş ve yeterince uzun deşarj hatlarında BOİ, askıda madde, çözülmüş oksijen, tuzluluk ve besi maddeleri gibi deşarj suyu parametreleri fazla önem taşımamaktadır.

Yukarıdaki hususlar göz önünde tutularak projelendirilmiş bir deşarj sisteminde atıksu ve içindeki kirlilik unsurları deşarj ortamında seyreltilerek halk sağlığı ve estetik bakımından gerekli şartlar emniyetle ve ekonomik bir şekilde sağlanabilir.

### 1.6.6. Atıksuların Deniz Ortamında Seyrelmesi

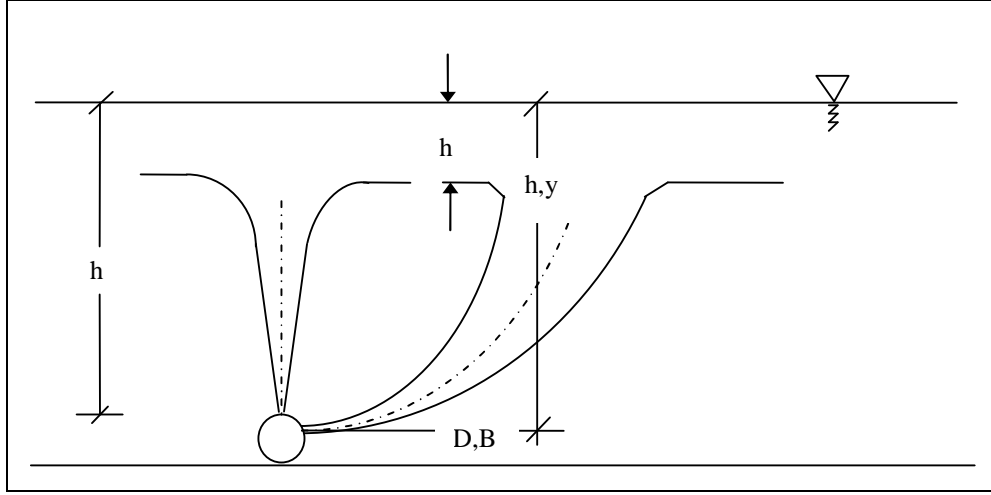
Deniz altındaki boru üzerindeki bir delikten su ortamına deşarj edilen atıksu, delikten çıkışta sahip olduğu hızdan ileri gelen çıkış momentumunun ve iki sıvı arasındaki yoğunluk farkının sebep olduğu kaldırma kuvvetinin etkisi ile hareket eder. Bu iki su kütlesi arasındaki rölatif hareketten ileri gelen kayma kuvvetleri ile türbülans dolaylı önce iki sıvının ara kesiti civarında, daha sonra da kolon halindeki atık suyun her tarafında karışım meydana gelir. Bu karışım sonucu, yoğunluk farkları ve atık suyu yüzeye doğru iten kuvvet yavaş yavaş azalır. Karışım yüzeye ulaştığında veya belirli bir derinlikte batmış vaziyette kaldığında atık su tarlası türbülans ve boyuna dağılım sebebiyle yayılıp açılmaya başlar. Üniform yoğunluklu ortamlarda atık su tarlasının yüzeydeki kalınlığı, derinliğin  $1/4 \sim 1/8$  ( $1/5$ )'i arasında değişmektedir (Şekil 13).

Uzun bir deşarj hattı ile denize verilen atık suların içindeki kirlilik üç değişik yolla seyreltilir (Şekil 14).

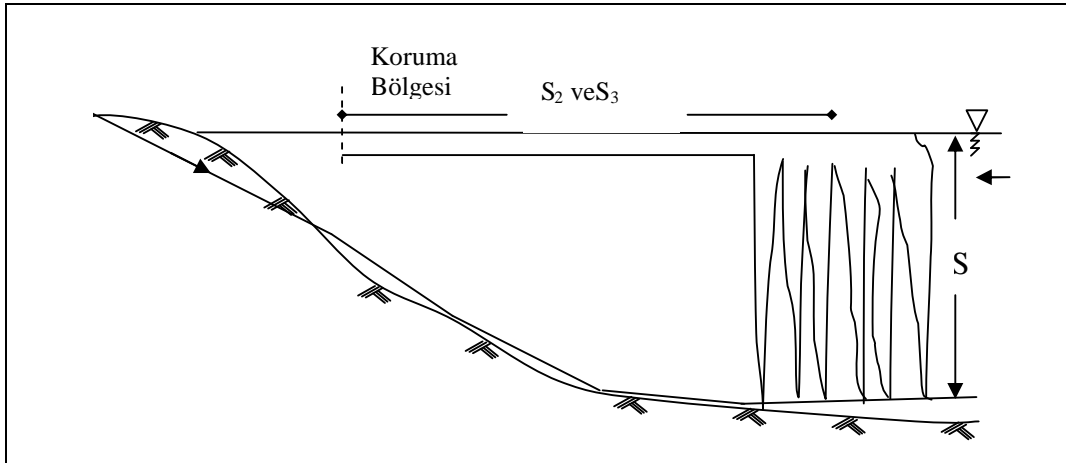
- Atık suyun deşarj borusu ucundan çıkarak su yüzeyine erişmesi veya belli bir seviyede batmış vaziyette kalması sırasında seyrelmesi. Buna ilk seyrelme denir. İlk seyrelme  $S_1$  ile gösterilir.

- Su yüzeyine ulaşan veya belli bir derinlikte batmış vaziyette duran atık su tarlasının boyuna dağılım etkisi ile yatay istikamette yayılıp açılarak seyrelmesi. Buna ikinci seyrelme denir. İkinci seyrelme  $S_2$  ile gösterilir.
- Atık su içerisindeki korunamayan türden unsurların 1. ve 2. deki fiziksel seyrelmelere ilaveten zamanla biyolojik olarak ayrışmaları, güneşin radyasyon tesiri ve çökelen maddelerle sürüklenme yoluyla uğradıkları ilave seyrelme. Bu şekilde seyrelmeye de üçüncü seyrelme denir. Üçüncü seyrelme  $S_3$  ile gösterilir.

Zamanla ayrışıp azalmayan türdeki maddeler (korunan madde) sadece 1. ve 2. seyrelme tesiri ile seyreltilir. Bu tür maddeler sonuçta  $S_1.S_2$  defa seyreltilmiş olur. Korunamayan maddeler ise  $S_1.S_2.S_3$  kere seyreltilirler.



Şekil 13. Denize deşarj edilen atıksu jetinin davranışı



Şekil 14. Atıksuların alıcı ortamda seyrelmesi

### 1.6.7. Jet ve Bulutlar

Jet, akışkanın bir delik veya yarıktan kendisi ile aynı veya benzer diğer büyük bir akışkan kütlesi içine verilmesidir. Bulut ise jete benzeyen, fakat yoğunluk farkı sebebiyle çevresindeki akışkana göre pozitif (yüzen) veya negatif (batan) potansiyel enerjiye sahip bir akımdır.

Örneğin, suya batırılmış bir hortumdan çıkan su bir jet akımıdır. Buna kıyasla bir yangın esnasında atmosfere yükselen duman ve sıcak gazlar ise bulut akımlarıdır. Jetlerde itici güç deşarj edilen akışkanın momentumu, bulutlarda ise çevre ile olan yoğunluk farkıdır. Çevreye yapılan deşarjların çoğu momentum ve yüzdürmenin ortak tesiri sonucu oluşurlar ve “yükselen jet” olarak adlandırılırlar. Başlangıçta akım delikten çıkan akışkanın momentumunca kontrol edilir. Fakat daha sonra çıkan akışkanla çevresi arasındaki yoğunluk farkı dolayısıyla jette yüzdürme tesirleri hakim olur.

Delikten belirli bir mesafe sonra bütün jetler gerçekte bulut gibi davranırlar. Deniz deşarjı ile ilgili seyrelme hesapları da bütünü ile bulutlar için geliştirilen formüllere göre yapılır. Fakat uygulamada, jet ile bulutun ayırt edilmesinde yarar vardır. Zira pek çok halde başlangıçtaki momentum akışı önem kazanmaktadır.

Türbülanslı jetlerde olaya etki eden faktörler başlıca üç ana grupta toplanır.

- 1) Jet parametreleri
- 2) Çevresel parametreler
- 3) Geometrik parametreler

Birinci grup parametreler, başlangıçtaki jet hızı dağılımı ve türbülans derecesi ile jetin kütle akısı, momentum akısı ve jetteki herhangi bir iz maddenin (ısı, tuzluluk veya kirletici gibi) akısını kapsamaktadır. Eğer iz madde konsantrasyonu jet yoğunluğunu alıcı ortam yoğunluğundan fark ettirmeyecek derecede düşük ise, çevre şartları bakımından en önemli parametre olmasına rağmen, iz madde konsantrasyonunun jet dinamiği üzerindeki etkisi ihmal edilir.

İkinci grup parametreler türbülans derecesi, akıntılar ve yoğunluk tabakalaşması gibi ortamla ilgili faktörlerdir. Bu faktörler genellikle jeti, çıkış noktasından belirli bir mesafe sonra etkilemeye başlarlar.

Geometrik faktörler de, jet şekli ve civarındaki serbest yüzeylerle ilişkilerinden ibarettir.

Jet ve bulutlar, borulardaki akımlar gibi laminer veya türbülanslı akım karakterinde olabilirler. Ancak pratikte karşılaşılan problemlerin büyük çoğunluğu türbülanslı yapıdadır. Laminer ve türbülanslı akım sınırı kesin olarak ayırt edilememekle birlikte pratik olarak  $Re > 2000$  halinde jet akımının türbülanslı olduğu kabul edilmektedir.

Jet akımının dinamiğinde etkili olan başlıca parametreler aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

a) Jetin kütle akısı ( $\rho \mu$ ):

Jet enkesitinden birim zamanda geçen akışkan kütlesi,

$$\rho \mu = \int_A \rho \bar{w} \cdot dA_j \quad (2)$$

$\rho$  : Akışkanın yoğunluğu

$\mu$  : Özgül kütle akısı

$A_j$  : Jetin enkesit alanı

$\bar{w}$  : Jet eksenine doğrultusundaki zamansal ortalama akım hızı

göstermektedir.

b) Jetin momentum akısı ( $\rho M$ ):

Birim kesitten birim zamanda geçen momentum,

$$\rho M = \int_A \rho \bar{w}^2 \cdot dA_j \quad (3)$$

ifadesi ile verilir.

c) Yoğunluk farkı akısı ( $\rho B$ ):

Bir enkesitten birim zamanda yukarı veya aşağı istikamette geçen akışkan ağırlığı,

$$\rho B = \int_A g (\Delta \rho) \bar{w} \cdot dA_j \quad (4)$$

ifadesi ile verilir. Burada,

$\Delta \rho$  : Jet içerisindeki ve haricindeki akışkanlar arasındaki yoğunluk farkı

$B$  : Özgül yüzme veya batma akısıdır.

Özgül yüzme akısı (yukarı doğru akı), yoğunluk farkını meydana getiren iz maddenin akısına bağlı olup genellikle etkili yer çekimi ivmesi ( $g'$ ),



$$g' = (\Delta\rho / \rho_o). g \quad (5)$$

tanımından hareketle açıklanabilmektedir. Burada,

$\rho_a$  : Alıcı ortam yoğunluğu

$\rho_o$  : Atık su yoğunluğu

$\Delta\rho$  :  $\rho_a - \rho_o$

$g$  : Yer çekimi ivmesidir.

Hacim akısı, özgül momentum akısı ve özgül yoğunluk farkı akısının (yüzme veya batma akısı) başlangıç değerleri sırayla Q, M ve B olarak gösterilmiştir. Dairesel çıkışlı bir jet için Q ve M aşağıdaki bağıntılarla bulunur.

$$Q = (\pi. D_j^2/4). w \quad (6)$$

$$M = (\pi.D_j^2/4 ). w^2 \quad (7)$$

$D_j$  : Jetin çıkıştaki çapını

$w$  : Jetin başlangıç hızını göstermektedir.

Yoğunluk farkının alıcı ortamla bulut arasındaki sıcaklık farkından kaynaklanması halinde başlangıç akısı,

$$\rho B = \alpha.g. (P_1/C_p) \quad (8)$$

şeklinde tanımlanır. Burada,

$\alpha$  : Hacimsel genleşme katsayısını

$P_1$  : Isı kaynağınca verilen sıcaklık akısını

$C_p$  : Bulutu teşkil eden sıvının sabit basınç altındaki özgül ısısını göstermektedir.

Atıksu deniz deşarjlarında dairesel jet halinde başlangıçtaki özgül yoğunluk farkı

$$B = g (\Delta\rho / \rho_o).Q = g'.Q \quad (9)$$

tarzında ifade edilebilir.

Türbülanslı dairesel yoğunluk jetlerinde seyrelmeyi etkileyen temel değişkenler  $Q$ ,  $M$  ve  $B$  olup, jet kesiti, geometrisi ve çıkıştan önceki türbülans seviyesi tali derecede önem taşımaktadır.

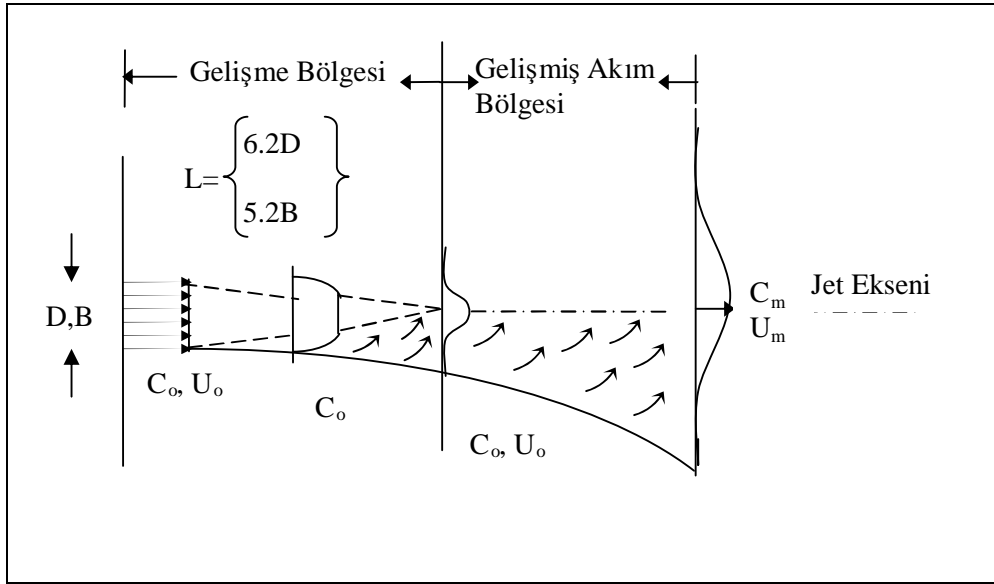
Model tesislerde yapılan deney ve gözlemler, alıcı ortama açılan jetin, civarında türbülansa yol açtığını, jet çapının giderek büyüdüğünü ve akım alanının iki farklı bölgede ele alınabileceğini göstermektedir (Şekil 15).

#### 1) Gelişme bölgesi:

Bu bölgede eksen civarındaki hız, başlangıçtaki  $u_0$  değerine eşit olduğundan, eksen civarındaki bu potansiyel çekirdeğin üst ve alt tarafı karışım bölgesini oluşturur. Potansiyel çekirdek boyu dairesel jetler halinde  $(6 \sim 6.2)D$ , çizgisel jetler halinde ise  $(5 \sim 5.2)B$  kadardır.

#### 2) Gelişmiş akım bölgesi:

Eksendeki hızın giderek küçüldüğü bölgedir.



Şekil 15. Deşarjdan sonraki akımın gelişimi

Deneyleler jet eksenine dik eksen boyunca jet içindeki konsantrasyon ve hız dağılımlarının normal (Gauss dağılımlı) olduğunu göstermektedir. Gelişme bölgesi dışında (Abraham, 1963), jetteki hız ve konsantrasyon dağılımları,

$$\frac{U}{U_m} = \exp\left(-k \frac{r^2}{S^2}\right) \quad (10)$$

$$\frac{C}{C_m} = \exp\left(-\mu k \frac{r^2}{S^2}\right) \quad (11)$$

denklemleri ile ifade edilmektedir (Şekil 16). Buradaki  $\mu$  ve  $k$  katsayılarının sırası ile 1 ve 80 alınabileceği deneysel olarak belirlenmiştir.

Jet eksenindeki hız ve konsantrasyonun başlangıç anındaki değerlere oranı genelde

$$\frac{U_m}{U_o} = f_1\left(\frac{x}{D}, \frac{y}{D}, \frac{\Delta\rho}{\rho_o}, F, Re\right) \quad (12)$$

$$\frac{C_m}{C_o} = f_1\left(\frac{x}{D}, \frac{y}{D}, \frac{\Delta\rho}{\rho_o}, F, Re\right) \quad (13)$$

şeklinde ifade edilebilmektedir. Burada,

$$\Delta\rho = \rho_a - \rho_o \quad (14)$$

$$Re = \frac{U_o \cdot D}{\mu} \quad (15)$$

$$F = \frac{U_o}{\sqrt{g' \cdot D}} \quad (16)$$

dır. Jet akışı türbülanslı olduğu sürece,  $Re$  sayısının  $C/C_o$  oranı üzerindeki tesiri ihmal edilebilmektedir.



$$\rho_a S = \rho_a (S-1) + \rho_o \cdot 1 \rightarrow S = \frac{\rho_a - \rho_o}{\rho_a - \rho} \quad (17)$$

$$C \cdot S = C_o - 1 + 0 \cdot (S-1) \rightarrow C = \frac{C_o}{S} \quad (18)$$

$\rho_a$  : Alıcı ortam yoğunluğunu

$\rho$  : S misli deniz suyu ile karışmış atıksu-deniz suyu karışımının yoğunluğunu

S : Seyrelme sayısını

$C_o$  : Başlangıçtaki kirletici konsantrasyonunu

C : Atıksuyun seyrelmeden sonraki konsantrasyonunu göstermektedir.

Deniz ortamına, tabandaki bir boru üzerindeki bir delik (nokta kaynak) veya yarıktan (çizgi kaynak) deşarj edilen atıksuların seyrelmesi ile ilgili çok sayıda araştırma bulunmaktadır (Abraham, 1963; Fan ve Brooks, 1969; Kor, 1968; Caderwall, 1968). Değişik alıcı ortam şartları için geliştirilen ve pratikte tasarımlar için kullanılan ifadeler ve uygulama sınırları aşağıda özetle verilmiştir.

### 1.6.8.1. İlk Seyrelmenin Hesabı

İlk seyrelme ile ilgili birçok çalışma yapılmış ve hesabı oldukça iyi formüle edilmiştir. Hesaplarda geçen çeşitli notasyonlar aşağıda açıklanmış ve temel büyüklükler Şekil 3'te gösterilmiştir.

S: Atıksuyun seyrelmesi, (boyutsuz)

c: Atıksudaki kirletici konsantrasyonu, ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

y: Difüzör deliğinden itibaren ölçülen düşey mesafe, (m)

x: Difüzör deliğinden itibaren ölçülen düşey mesafe, (m)

s: Jet eksenini boyunca difüzör deliğinden olan mesafe (m)

r: Jet eksenine dik eksen boyunca uzunluk, (m)

$\theta$ : Jet ekseninin yatayla yaptığı açı, (derece)

u: Jet elemanın hızı, ( $\text{m}/\text{sn}$ )

g: Yerçekimi ivmesi, ( $\text{m}/\text{sn}^2$ )

$\rho$ : Yoğunluk, ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

D: Difüzör delik çapı, (m)

F: Densimetrik Froude Sayısı, (boyutsuz)

$$F = U_o (g'.D)^{-0.5} \quad (19)$$

dır. İndislerin anlamları aşağıda verilmiştir;

- (m) indisi, jet eksenindeki,
- (o) indisi, jet başlangıcındaki,
- (a) indisi, deniz suyuna ait büyüklükleri ifade etmektedir.

#### 1.6.8.1.1. Durgun ve Üniform Yoğunluklu Ortama Yatay Dairesel Jet Deşarjında İlk Seyrelme Hesabı

- Atıksu jetleri arasında girişim olmaması (nokta kaynak) hali;

Difüzör deliklerinden çıkan atıksu jetleri arasında girişim olmaması için delikler arasındaki mesafe (L), atıksu tarlasının yüzeyde teşekkül etmesi halinde,

$$L > (1/3)h \quad (20)$$

batmış tarla halinde ise,

$$L > (1/3)y_{\max} \quad (21)$$

olmalıdır. Bu ifadelerde h, delik üzerindeki su derinliğini,  $y_{\max}$  ise batmış atık su tarlasının difüzör deliğinden olan uzaklığını göstermektedir. Difüzör delikleri şaşirtmalı ise, bu değerlerin yarısı alınabilir. Roberts (1977),  $y/L > 5$  halinde girişimin ihmal edilebileceğini belirtmektedir. Hansen ve Jensen (1977), delikler arasındaki mesafenin, atıksu tarlasının yüzeyde teşekkülü halinde,

$$(2S_m - 1) U_o (\pi D^2/4) < L.h.u \quad (22)$$

batmış tarla halinde ise,

$$(2S_m - 1) U_o (\pi D^2/4) < L.y_{\max}.u \quad (23)$$

ifadelerinden hesaplanabileceğini belirtmektedir. Burada  $u$ , difüzör eksenine dik akıntı hızını göstermektedir.

Durgun (akıntısız) ve üniform yoğunluklu ortamlarda dairesel jetteki aksenal seyrelmenin hesabı,

$$S_m = f(y/D, F, \theta) \quad (24)$$

ifadesi analitik olarak çözülmek suretiyle yapılmıştır. Difüzörün delik kesatine göre rölatif aksenal seyrelmeyi bulmak için Froude sayısı ( $F$ ) %7 arttırılarak,

$$F' = 1.07.F \quad (25)$$

değeri için hesap yapılır. Jet eksenine dik eksen boyunca konsantrasyon ve hız dağılımı normal olduğundan ortalama ilk seyrelme,

$$S_o = 2S_m \quad (26)$$

Yatay dairesel jet ( $\theta = 0$ ) halinde  $y/(D.F) > 30$  için difüzör deliğinden  $6D$  mesafedeki noktaya göre rölatif aksenal seyrelme,

$$S_m = 0.095 (y/D)^{5/3} F^{-2/3} \quad (27)$$

difüzör deliğine göre rölatif aksenal seyrelme ([27] ifadesinin 1.15 katı alınarak),

$$\begin{aligned} S_m &= 0.109 (y/D)^{5/3} F^{-2/3} \\ &= 0.089 g^{1/3} \cdot y^{5/3} \cdot Q^{-2/3} \end{aligned} \quad (28)$$

ifadelerinden hesaplanır.

Üniform ve durgun ortamlarda yatay dairesel jetlerdeki aksenal seyrelmeler için (Caderwall, 1968) aşağıdaki yaklaşık ifadeleri vermiştir. Bu ifadeler yaklaşık olmalarına rağmen, pratikte tasarım için yaygın şekilde kullanılmaktadır.

$$y/D < 0.89 F \text{ için } S_m = 0.54 F \cdot y^{0.44} \cdot (D.F)^{-0.44} \quad (29)$$

$$y/D > 0.89 \text{ F için } S_m = 0.54 \text{ F}(0.38 y.D^{-1}.F^{-1} + 0.68)^{1.67} \quad (30)$$

- Jetler arasında girişim olması (çizgisel kaynak) halinde ilk seyrelme hesabı;

Difüzör delikleri birbirine çok yakın olursa jetler arasında girişim meydana gelir. Bu halde atık sular adeta B kalınlıklı bir çizgisel kaynaktan deşarj ediliyor gibi düşünülür. Bu şeritvari yarığın alanı D çaplı deliğin alanına eşit alınır. Bu durumda,

$(y/B). F^{4/3} > 20$  için yatay dairesel jetlerdeki aksenal seyrelme,

$$S_m = 0.38. (y_{\max} / B). F^{-2/3} \quad (31)$$

veya

$$S_m = 0.38. g^{1/3} . q^{-2/3} . y_{\max} \quad (32)$$

ifadelerinden hesaplanabilir. Burada B,

$$B = (\pi. D^2) / (4.L) \quad (33)$$

bağıntısı ile tanımlanmakta olup, çizgi kaynak formundaki girişimli jetlerin genişliğini göstermektedir. q ise birim difüzör boyu başına düşen debidir.

Ortalama seyrelme de,

$$S_o = \sqrt{2} S_m \quad (34)$$

ifadesi ile hesaplanır.

Yoğunluk tabakalaşması bulunmayan (üniform) ortama yatay dairesel jet deşarjında, her halükarda atıksu bulutu su yüzeyine çıkar. Belli bir derinlikte tutulma söz konusu değildir.

- Akıntı yolu ile seyrelme;

$3.7 < (b/h) < 30$  ve  $F < 0.1$  için akıntı yolu ile olan ilk seyrelme aşağıdaki denklemlerle hesaplanmaktadır (Roberts, 1977).



$$S_m = 0.27 \frac{U \cdot h}{q} \cdot F^{1/3} \quad (35)$$

$$\frac{S_m}{S_o} = 0.27 \cdot F^{1/3} \quad (36)$$

$$F = \frac{U^3}{g' \cdot q} \quad (37)$$

Burada;

$S_o$  : Ortalama ilk seyrelmeyi

$U$  : Akıntı hızını

$B$  : Akıntıya dik difüzör boyunu

$H$  : Su derinliğini

$q$  : Birim difüzör boyu başına debiyi

$F$  : Akıntı Froude Sayısı'nı göstermektedir.

Akıntı yolu ile olan ilk seyrelme daha basit olarak, süreklilik denklemi yardımı ile

$$Q_o \cdot S_o = U \cdot B \cdot h^* \quad (38)$$

ifadesinden de hesaplanabilir. Burada,

$Q_o$  : Difüzörden deşarj edilen toplam atık su debisini

$h^*$  : Atıksu tarlası kalınlığını göstermekte olup, diğer büyüklükler önceden tanımlandığı gibidir. Atıksu tarlası kalınlığı, yüzeyde tarla halinde  $h^* \approx h / 5$ , batmış tarla söz konusu olduğunda ise  $h^* \approx y_{\max} / 2$  alınabilir. Akıntının difüzör eksenine paralel olarak gelmesi özel durumunda, etkili difüzör boyu  $b \approx h/3$  alınabilir.



$$S_m = 0.071 g'^{1/3} y_{\max}^{5/3} Q_1^{-2/3} \quad (40)$$

atıksu tarlası üst seviyesindeki ortalama ilk seyrelmenin,

$$S_o = 1.71 S_m \quad (41)$$

ifadelerinden hesaplanabileceği model tesis çalışmalarıyla gösterilmiştir.

- Atıksu jetleri arasında girişim olması durumunda ilk seyrelme hesabı;  
Bu halde difüzör deliği ile atıksu tarlasının üst kısmı arasındaki uzaklık,  $y_{\max}$ ,

$$y_{\max} = 2.5 (q \cdot g')^{1/3} \left( -\frac{g}{\rho_1} \cdot \frac{d\rho_a}{dy} \right)^{-1/2} \quad (42)$$

ifadesiyle hesaplanabilir. Burada,

q: Birim difüzör boyuna düşen debiyi ( $m^3/sn.m$ ) göstermektedir.

Atıksu tarlasının en üst kısmındaki aksenel seyrelme,

$$S_m = 0.36 g'^{1/3} \cdot y_{\max} q^{-2/3} \quad (43)$$

atıksu tarlası üst hizasındaki ortalama seyrelme ise,

$$S_o = \sqrt{2} \cdot S_m \quad (44)$$

ifadelerinden bulunabilir.

Yatay dairesel deliklerden çıkan jet deşarjları için geliştirilen yukarıdaki ifadeler düşey jetler için de kullanılabilir. Ancak bu halde (42) ve (43) denklemlerindeki 2.5 ve 0.36 katsayıları yerine sırası ile 2.84 ve 0.31 değerleri kullanılmalıdır.

- Akıntı tesirinin dikkate alınması;

Deşarj ortamında akıntı hızının düşük olduğu durumlarda, yukarıda verilen ifadelerden hesaplanan seyrelmeler gerçek değerden daha büyük çıkabilir. Bu halde atıksu tarlasının su yüzeyine doğru yükselmesi, net seyrelmede bir artış meydana getirmez. Bu yüzden, yoğunluk tabakalaşması olan veya olmayan ortamlar için seyrelme hesabı, aşağıdaki yaklaşık hesap metoduna göre tahkik edilmelidir.

Atıksu bulutunda seyrelmenin derinlikle lineer değiştiği kabul edilerek,

$$\frac{S_y}{S_m} = \frac{y}{y_{\max}} \quad (45)$$

bağıntısı yazılabilir. Burada,

$S_y$  : Atıksu tarlasının alt kısmındaki aksnel seyrelmeyi

$y$  : Atıksu tarlasının alt kısmının difüzör deliği aksninden yüksekliğini

$y_{\max}$ : Atıksu tarlasının üst kısmının difüzörden yüksekliğini göstermektedir (şekil

18).

Ortalama seyrelme  $S_o = \sqrt{2} \cdot S_y$  dir. Süreklilik denklemi yazılacak olursa,

$$S_o \cdot Q = u \cdot b \cdot h^* = u \cdot b (y_{\max} - y) \quad (46)$$

ve

$$S_y = u \cdot B (y_{\max} - y) / (\sqrt{2} \cdot Q) \quad (47)$$

elde edilir. Denklem (47) 'nin her iki yanını  $S_m$  ile bölünerek,

$$\frac{S_y}{S_m} = \frac{u \cdot b \cdot y_{\max}}{\sqrt{2} \cdot Q \cdot S_m} \left( 1 - \frac{y}{y_{\max}} \right) \quad (48)$$

bulunur. Burada,

$$P = \frac{\sqrt{2} \cdot Q \cdot S_m}{u \cdot b \cdot y_{\max}} \quad (49)$$

$$\frac{S_y}{S_m} = \frac{1}{p} \left( 1 - \frac{S_y}{S_m} \right) \quad (50)$$

veya

$$S_y = S_m (1/(1+p)) \quad (51)$$



$$\bar{\sigma}_i = 0.5 (\sigma_{i-1} + \sigma_i) \quad (53)$$

ifadesinden hesaplanabilir.

Her dilimde üniform yoğunluk hali için verilen denklemlerin kullanılabilmesi için ifadelerde bazı değişiklikler yapılması gerekir. Yoğunluk tabakalaşması Froude Sayısı ve seyrelme miktarını etkileyeceği için i. dilimde Froude Sayısı,

$$F_i = U_o (y_j \cdot \rho_o)^{0.5} \left\{ gD \sum_{j=1}^i \Delta y_j (\bar{\rho}_{a,j} - \rho_o) \right\}^{-0.5} \quad (54)$$

denkleminde hesaplanmalıdır. Bu denklemde,

$\bar{\rho}_{a,j}$ : Difüzör deliği hizasından itibaren j. dilimdeki ortalama deniz suyu yoğunluğunu ( $1 < j < i$ )

$\Delta y_j$ : j. dilimin kalınlığını, (m)

$y_j$ : Difüzör deliğinden j dilim üst kenarına olan düşey mesafeyi, (m)

göstermektedir. diğer terimler daha önce açıklanmıştır. Dilim kalınlıklarının eşit olması halinde (54) ifadesi,

$$F_i = U_o (i \cdot \rho_o)^{0.5} \left\{ gD \sum_{j=1}^i (\bar{\rho}_{a,j} - \rho_o) \right\}^{-0.5} \quad (55)$$

şeklini alır.

Birinci (en alt) dilimde Froude sayısı (16) denkleminde hesaplanır, bulunan değer (29), (30) ifadelerinde yerine konarak 1. dilim üst sınırındaki aksel seyrelme ( $S_{m,1}$ ) hesaplanır. Diğer dilimler için  $F_i$ 'ler (54) veya (55)'den hesaplanır. (29) veya (30)'da yerine konarak  $S_{m,i}$  seyrelmeleri hesaplanır.

Deniz suyu ile seyreltilmiş atıksuyun yoğunluğu, deniz suyu yoğunluğuna eşit olduğunda, difüzör deliğinden çıkan atıksu jetinin yükselmesi durur. Atıksu jeti içerisinde konsantrasyon ve yoğunluk değişimi söz konusudur. Konsantrasyonun maksimum olduğu jet ekseninde yoğunluk minimum olup, jet merkezindeki atıksular batmış tarlanın en üst seviyelerini teşkil ederler. Bu seviye üst (*maksi*) ile gösterilir. Üst seviye, jet merkezindeki yoğunluğun ( $\sigma_{m,i}$ ), (i. dilimin üst yüzeyindeki) deniz suyu yoğunluğuna eşit veya daha

büyük olduğu ilk dilimin üst yüzeyi olarak belirlenir . Jetin ortalama yoğunluğunun  $\sigma_i$ , deniz suyu yoğunluğuna ( $\sigma_{a,i}$ ) eşit olduğu ilk dilimin üst yüzeyi ise orta (*midi*) seviye olarak tanımlanır.

Üst seviye, jetin aksenal yoğunluğunun ( $\sigma_{m,i}$ ) adım adım hesaplanıp deniz suyu yoğunluğu ( $\sigma_{a,i}$ ) ile karşılaştırılması ile bulunur.  $\sigma_{m,i}$  aksenal yoğunluğu,

$$\sigma_{m,i} = \frac{\sigma_{m,i-1} + (S_{m,i} \cdot S_{m,i}^{-1} - 1) \sigma_{a,i}}{S_{m,i} \cdot S_{m,i-1}} \quad (56)$$

bağıntısından hesaplanır. Denklem (56)'da,  $\sigma_{m,i-1}$  yerine  $\sigma_{i-1}$  konursa  $\sigma_i$  ortalama yoğunlukları elde edilir.

- Difüzör eksenini ile maksimum bulut yükselme derinliği ( $y_{\max}$ ) arasında yoğunluğun lineer değiştiği kabul edilerek hesap (Şekil 19);

Daha önce lineer yoğunluk tabakalaşması gözlenen ortamlardaki maksimum bulut yükselme mesafesinin hesabı için (Brooks, 1973) tarafından verilen ifadede yoğunluk gradyanı yerine,

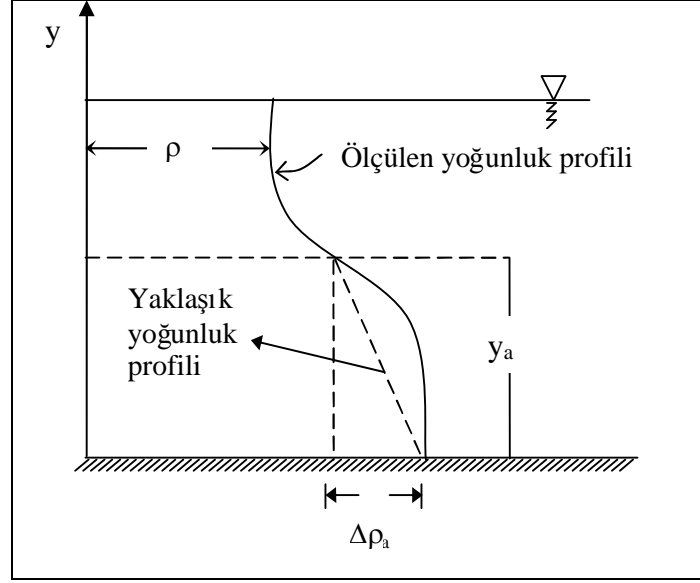
$$-\frac{d\rho_a}{dy} = \frac{\Delta\rho_a}{y_a} \quad (57)$$

konmakla, bulut yükselme mesafesi için çizgisel kaynak (jetler arasında girişim olması) halinde,

$$y_{\max} = 6.25 (g' q)^{2/3} \left( \frac{\rho_l}{g \Delta\rho_a} \right) \quad (58)$$

bağıntısı elde edilir.

Burada  $g'$  ve  $q$  bilindiği için,  $y$ 'nin fonksiyonu olan  $\Delta\rho_a$  ya çeşitli değerler verilerek  $y-\Delta\rho_a$  grafiği çizilir. Bu şekilde yukarıdaki ifade ile verilen hiperbolün, yoğunluk-derinlik eğrisini kestiği nokta yardımı ile  $y_{\max}$  bulunur. Daha sonra,  $y_{\max}$  belli olduğu için yatay dairesel jetlerde girişim olması (çizgi kaynak) durumunda aksenal seyrelme,



Şekil 19. Lineer olmayan yoğunluk tabakalaşması hali

$$S_m = 0.36 \frac{g^{1/3} y_{\max}}{q^{2/3}} \quad (59)$$

veya

$$S_m = 2.20 \frac{\Delta\rho_d}{\Delta\rho_a} \quad (60)$$

ve

$$\Delta\rho_d = \rho_a - \rho_o = \rho_1 - \rho_o \quad (61)$$

olarak tanımlanmaktadır.

Jetler arasında girişim olmaması (nokta kaynak) halinde, yatay dairesel delikler için yukarıdaki ifadeler yerine,

$$y_{\max} = 9.1 (Qg')^{2/5} \cdot \left(\frac{\rho_1}{g\Delta\rho_a}\right)^{3/5} \quad (62)$$



$$S_m = 2.8 \left( \frac{\Delta\rho_d}{\Delta\rho_a} \right) \quad (63)$$

ifadeleri kullanılır.

### 1.6.8.3. İkinci Seyrelmenin Hesabı

Denize deşarj edilen atıksular su yüzeyine veya kapanlanma seviyesine ulaştıktan sonra akıntılara uyarak sürüklenir. Deşarj ortamındaki türbülans difüzyonu etkisiyle deşarj noktasından koruma bölgesine kadar taşınma sırasında atıksu tarlasında ilave seyrelmeler oluşur. Bu seyrelmeye ikinci seyrelme veya türbülans difüzyonu yoluyla seyrelme denir.

$$S_2 = erf \left[ \frac{3/2}{\left(1 + \frac{2}{3} \cdot \beta \cdot \frac{x}{b}\right)^3 - 1} \right]^{1/2} \quad (64)$$

Burada; x: yayıcının orta noktasının koruma bölgesine uzaklığı (m) ,

b: yayıcının akıntı yönüne dik uzaklığıdır (m) .

$$\beta = 12 \mathcal{E}_0 / u \cdot b \quad (65)$$

$$\mathcal{E}_0 = K \cdot L^{4/3} \quad (66)$$

u: akıntı hızı (m/sn),

K: Eddy difüzyon katsayısıdır.

### 1.6.8.3. Üçüncü Seyrelmenin Hesabı

Korunamayan türden maddeler (çok çabuk değişebilen organik maddeler, bakteriler vb), deşarj noktasından koruma bölgesine doğru taşınırken güneş enerjisi, tuzluluk,

sıcaklık gibi tesirlerle yok olmakta ve seyrelmektedirler. Mikroorganizmaların su ortamında yok olmaları,

$$dC/dt = -kC \quad (67)$$

şeklindeki 1. derece reaksiyon denklemi ile ifade edilir. Bu denklemin çözümüyle,

$$C_t = C_0 e^{-kt} = C_0 10^{-kt} \quad (68)$$

bulunur. Burada,

k : bakteri azalma katsayısı,

$C_0$  : başlangıçtaki toplam koliform bakteri konsantrasyonu,

$C_t$  : taşınma süresi (t) sonundaki toplam koliform bakteri konsantrasyonudur.

Taşınma süresi,

$$t = \frac{x}{u} \quad (69)$$

olup burada,

x: taşınma mesafesi,

u: akıntı hızıdır.

Bakteri azalma katsayısı  $T_{90}$  parametresinin fonksiyonudur.  $T_{90}$ , bakterilerin deniz ortamında % 90'ının yok olması için geçen süredir. Bu süre sonunda  $C_t = 0.1 C_0$  olacağı için,

$$k = \frac{1}{T_{90}} \quad (70)$$

eşitliği yazılabilir. Buna göre,

$$C_t = C_0 10^{\frac{-t}{T_{90}}} \quad (71)$$

olduğundan, üçüncü seyrelme,  $S_3$ ,

$$S_3 = \frac{C_0}{C_t} = 10^{\frac{t}{T_{90}}} \quad (72)$$

olarak hesaplanır.

#### 1.6.8.4. Toplam Seyrelmenin Hesabı

Yukarıdaki üç seyrelme olayı sonucunda oluşan toplam seyrelme,

$$S_T = S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \quad (73)$$

olarak hesaplanır. Deşarj edilen atıksuyun başlangıçtaki koliform konsantrasyonu  $C_0$  ise, koruma bölgesi sınırındaki koliform konsantrasyonu  $C = C_0 / S_T$  olur. Bu değer koruma bölgesi sınırında koliform standardını sağlamalıdır. Koliform standart değerinin aşılması durumunda, deşarj borusunun uzunluğu artırılarak standart koşulu sağlanana kadar hesaplar tekrarlanır.

## **2. YAPILAN ÇALIŞMALAR**

### **2.1. Çalışmanın Amacı**

Bu çalışmada, deniz deşarjı sistemlerinin projelendirme hesaplarında kullanılan  $T_{90}$  parametresinin değişiminin toplam seyrelmeye etkisi ve seyrelme kriterlerinin sağlanabilmesi için bu değişimin boyutlandırılmasında neden olacağı farklılıklar teorik olarak incelenmiştir.

Bu amaçla öncelikle, su kalitesi indikatörleri ve bunların mikrobiyolojik özellikleri, bakteri çürüme oranına etki eden faktörler,  $T_{90}$ 'ın tayini ve  $T_{90}$ 'ın farklı koşullar altındaki değişim aralıkları literatürlerde araştırılmış ve bu konuda yapılan çalışmalar incelenmiştir.

Elde edilen bu bilgi ve veriler değerlendirilerek, Sürmene ve Vakfıkebir derin deniz deşarjı projeleri olmak üzere iki tane esas sistem seçilmiş ve  $T_{90}$ 'ın belli bir değişim aralığında bu iki projenin boyutunda sebep olabileceği farklılıklar tespit edilmiştir.

### **2.2. Yapılan Araştırmalar**

#### **2.2.1. Su kalitesi İndikatörleri ve Mikrobiyolojik Özellikleri**

Kıyı bölgelerindeki deniz suyunda patojenik mikroorganizmaların bulunması, deniz suyuna boşaltılan katı ve sıvı atıklardan kaynaklanmaktadır ve bu farklı kategoriler arasında bir ayırım yapabilmek, mikrobiyal indikatörler aracılığı ile mümkündür. Evrensel olarak halk sağlığı kalite kontrollerinde göz önüne alınan indikatör organizmalar, genellikle koliform bakterilerdir. Bu bakteriler, suda kolayca saptanabildiği ve sayılabildiği için suyun kalitesinin belirlenmesinde uygun bir mikrobiyal indikatör olarak kabul görmektedir.

Su kalitesinin indikatörleri olarak bakterilerin kullanımı iki yönde değerlendirilebilir. Öncelikle böyle indikatör bakterilerin varlığı, suyun fekal kirliliğinin bir göstergesi olarak ve böyle bir kirliliğin kaynağının ve ne derece ciddi olduğunun saptanmasında bir işaret olarak ele alınabilir. İkinci olarak, bunların mevcudiyeti, sağlık risklerinin potansiyel tehlikesinin bir göstergesi olarak yorumlanabilir. İndikatör bakterilerin büyük miktarda

bulunması, fekal bulaşmanın daha yüksek ve hastalığa yakalanma riskinin daha büyük olduğunu gösterir.

Koliform grup bakteriler olarak tanımlanan mikroorganizmalar; gram negatif, fakültatif, anaerob, spor oluşturmeyen, 35-37°C'de laktozdan gaz oluşturan çubuk şeklinde bakterilerdir. Bu tarife göre hangi bakterilerin koliform grup olarak tanımlanmaları gerektiği hala tam olarak açıklığa kavuşmuş değildir. Bunun nedeni bakterilerin en dinamik gruplarından biri olan *Enterobacteriaceae* familyasındaki yoğun taksonomik değişikliklerdir.

Koliform grup bakterilerin doğal habitatları sıcakkanlı hayvanların bağırsakları olabildiği gibi bunlar bitki veya toprak kökenli de olabilirler. Koliform grup bakteriler içinde sadece *E.coli* bağırsak kökenlidir ve dolayısı ile *E.coli* bulunan bir örnek doğrudan veya dolaylı olarak (lağım suyu aracılığıyla) dışkı ile bulaşmış kabul edilir.

Yükseltilmiş sıcaklık testleri dünyanın pek çok yerinde farklı modifikasyonlar ile kullanılmakla beraber bu metotların hiçbirisi fekal olan ve fekal olmayan bakterileri kesin olarak ayıramaz. Bu nedenle *E.coli* dışındakilerin fekal kontaminasyonu göstermeleri kuşkuludur. Koliform grup içinde fekal özellik düşük olduğu için halk sağlığı uzmanları dikkatlerini fekal koliformlara çevirmişlerdir. Fekal koliformlar, yüksek düzeyde *E.coli* varlığı nedeni ile fekal kontaminasyonun belirlenmesinde iyi birer göstergedirler.

Su ve kanalizasyon atıklarında yapılan bir araştırmada toplam koliform, fekal koliform ve enterokokların virüs varlığı ile ilişkisi araştırılmış, etkin bir klorlama ile toplam koliformların, fekal koliformların ve enterokokların sayısında 5 logaritma birimi (%99.999) indirgeme sağlanmış olmakla beraber virüslerde ancak % 85-90 düzeyinde indirgeme olduğu saptanmıştır. Bu araştırmadan çıkan sonuca göre lağım sularında fekal koliformların bulunmamasının virüs yokluğu anlamına gelmeyeceği belirtilmiştir.

Dışkı ile çevreye yayılan fekal koliformlar uygun olmayan koşullarda kısa sürede ölürler. Özellikle güneş, çevredeki diğer mikroorganizmalar ve protozoanın varlığı, toksik endüstriyel atıklar gibi olumsuzluklar fekal koliformların yaşamını olumsuz yönde etkiler. Suda birkaç saatten birkaç güne kadar canlı kalabilirler.

### **2.2.1.1. Koliform Tayin Yöntemleri**

#### **2.2.1.1.1. Total Koliform**

Deniz suyu örneği, her istasyonda mikrobiyolojik ilkelere uygun olarak yüzeyin 20-30 cm altından toplanır. Gerekliğinde su örneğinden, olması beklenen total koliform sayılarına göre bir seyrelme serisi hazırlanır. Belirlenen miktarlarda deniz suyu örneği, 0.45 µm gözenek açıklığına sahip steril membran filtreden süzülür. Bu membran filtreler M\_endo MF ortamı içeren petri kaplarına yerleştirilir ve 36°C’ de 24 saat inkübe edilir. Eğer filtre üzerinde koliform kolonisi yoksa, bu durum 100 ml’de “<1 koliform” şeklinde ifade edilir (Resmi Gazete,2004).

#### **2.2.1.1.2. Fekal Koliform**

Total koliform tayininde belirtildiği gibi, toplanan su örneğinden, olması beklenen total koliform sayılarına göre gerektiğinde bir seyrelme serisi hazırlanır. Belirlenen miktarlarda deniz suyu örneği, 0.45 µm gözenek açıklığına sahip steril membran filtreden süzülür. Bu membran filtreler M\_FC ortamı içeren petri kaplarına yerleştirilir ve 44°C’de 24 saat inkübe edilir. Laktoz fermentasyonu karakteristik mavi renkli koliform kolonilerin gelişmesine sebep olur. Sonuçlar, örneğin 100 ml ’sindeki koloni sayısı olarak ifade edilir. Eğer filtre üzerinde koliform kolonisi yoksa, bu durum, 100 ml’de “<1 koliform” şeklinde ifade edilir (Resmi Gazete,2004).

Kıyasal rekreasyonel suların mikrobiyolojik kalitesinin izlenmesinde bakteriyel indikatör organizmalar olarak kabul edilen fekal koliform ve total koliform organizmaların analizleri, rekreasyon dönemi olarak kabul edilen mevsimde yapılmış ve çıkarılan “su kirliliği kontrol yönetmeliği”, rekreasyon amaçlı olarak belirlenen denizlerde beklenen alıcı ortam standartları total koliformların en muhtemel sayı (EMS) olarak 100ml’de 1000 koloniyi, fekal koliformların ise 100 ml ’de 200 koloniyi geçmemesi gerektiğini ifade eder (Resmi Gazete, 2004).

### 2.2.2. Bakteriyeel Yok Olma

Atıklarını kıyısız sulara boşaltan derin deniz deşarj sistemlerinin halk sağlığı ve estetik düşünelere dayanan su kalite kriterlerine uyacak şekilde tasarlanması gerekmektedir. Hem uluslar arası kuruluşların koydukları kurallar, hem de ülkemizin yönetmelikleri (Resmi Gazete, 2004) total ve fekal koliform grubu organizmaları, göz önüne alınacak temel mikrobiyolojik parametre olarak kabul eder. Ham atıksularda fekal koliform konsantrasyonu tipik olarak  $10^6$  ile  $10^8$  organizma/100ml arasında değişir (Bellair v.d.,1977). Genelde atıksulardaki bu yüksek sayılar, bu konuda verilen standartları sağlayabilmek için fekal koliform konsantrasyonlarında önemli bir azalmayı gerektirir. Deniz çevrelerinde mikrobiyal konsantrasyonların azalması iki genel süreç aracılığı ile oluşur:

- Fiziksel mekanizmalar (seyrelme, dağılma ve sedimentasyon),
- Biyolojik inaktivasyon (güneş radyasyonu, bulanıklık, tuzluluk gibi çevresel faktörlerin etkisi altında oluşur).

Deşarj sistemi ile istenen seyrelmeler sağlanamıyorsa karada ek önlemler alınarak (örneğin klorlama) deşarj öncesinde atıksuda bulunan fekal koliform konsantrasyonlarının aşağıya çekilmesi gerekir.

Bir derin deniz deşarjı civarında iki belirgin zon bulunur. Birincisi deşarjın deniz suyu ile yoğun olarak karıştığı enjeksiyon zonedur; deşarjın momentumu, onun deniz suyundan farklı olan sıcaklığı ve daha düşük olan yoğunluğu nedeniyle oluşan türbülans bu karışıma yol açar. İkincisi; enjeksiyon zonunun ötesinde devam eden yayılma bölgesidir. Bu zonda deşarjın momentumu deniz ortamına transfer edilerek büyük ölçüde azalmıştır, karışım akıntılar ve yüzeysel rüzgarların etkisiyle sürer. Bu aşamada başlangıçtaki deşarj oldukça seyrelmiştir. Bravo ve de Vicente (1992), ilk ve ikinci seyrelme safhalarını göz önünde tutarak bir derin deniz deşarjı civarında yaptıkları bir çalışmada, fiziksel seyrelmenin bakteriyel popülasyon seviyelerini etkilemesine karşın bu sürecin, gözlemledikleri mikrobiyal azalmayı doğrulayacak ölçüde etkili olmadığını ve biyolojik inaktivasyonun deniz suyundaki mikrobiyal ölüm sürecinde önemli bir rol oynadığını rapor etmişlerdir.

Bakteriyel popülasyon çeşitliliğinden dolayı kıyıya yakın bölgelerdeki mekanizmalar karmaşıktır. Plummer ve diğeri (1981), bu bölgelerde üç bakteri grubunun oluştuğunu açıkça göstermişlerdir:

- Serbest yaşayan bakteriler (bunların bolluğu bulanıklıktan bağımsızdır),
- Suda devamlı olarak askıda bulunan büyük organik partiküllere ilişik bakteriler,
- Çökebilen bakteriler ( bu grubun bolluğu bulanıklık ile artar).

Fekal bakterilerle yapılan çalışmalarda ilişik bakterilerin yüzdesi ile bulanıklık arasında bir ilişkinin mevcut olduğu gösterilmiştir; fekal ilişik bakterilerin bolluğu, deniz suyu bulanıklığı ile orantılı olarak artar ( Pommepuy v.d.,1992).

Goulder ve diğerleri (1984), heterotrofik ilişik bakterilerin aktivitesinin serbest yaşayan bakterilerin aktivitesinden daha büyük olduğunu bildirmişlerdir. İlişme, kendilerini zooplankton otlamasından korumak ve metabolizmalarını ilerletmek için bakterilerin bir stratejisi olarak görünür. Türbülanslı akış koşullarında dibe yakın kısımlarda hala viskoz bir su tabakası bulunur. Bu tabakada bakteriler dibe çöker.

Fekal koliformlar sedimentte sudakinden daha yüksek konsantrasyonlarda bulunur ve deşarj bölgesinden uzaklaştıkça sedimentte düzenli olarak ve yavaş yavaş, suda ise düzensiz değişimlerle azalır. Sedimentte fekal bakterilerin canlı kalış süreleri çok uzun olup birkaç günden birkaç haftaya kadar değişebilir (Pommepuy v.d.,1992).

Bakteriyel ölüm hızını etkileyen en önemli faktör güneş radyasyonudur. Aynı ortamdaki bakteriyel ölüm hızı güneş radyasyonuna bağlı olarak aynı gün içinde, geceleyin azalarak önemli bir değişim gösterir. Yine aynı nedenle bakteriyel ölüm hızı derinlikle azalır (Bellair v.d.,1997). Bunun yanı sıra kıyısız zonlarda bakterilerin canlı kalış süresinin artmasında rol oynayan ana faktörler, nütrientler veya osmoproktörler olarak organik madde ve ışığın letal etkisini azaltan bulanıklıktır (Crane ve Moore,1986). Ayrıca canlı kalma mekanizmaları önemli fizyolojik ve yapısal dönüşümleri gerektirir, örneğin küçük boyutlu hücreler gözlemlenebilir. *Escherichia coli* ile yapılan çalışmalarda bu organizmanın canlılığını sürdürmesine ilişkin basamaklar elde edilmiştir (Rosack ve Colwell, 1987): ilk olarak “viable” safhada bakteri aktif bir metabolizmaya sahiptir ve klasik usullerle kültüre edilebilir. Sonraki safhada metabolik olarak aktif olmalarına karşın hücreler artık klasik usullerle kültüre edilemez. Bunu, bakterilerin ” dormant” halde bulunduğu safha izler. Ölümden önceki safhada ise bozulmamış hücreler ancak *epifluorescence mikroskopi* aracılığıyla gözlemlendiğinde, toplam flora sayısı viable heterotrofik floradan 1000 ila 10000 kat daha büyüktür (Pommepuy v.d., 1992).



### 2.2.2.1. Çürüme Oranının Tahmini

Çürüme oranı, organizma tipi ve çevresel koşulların fonksiyonu olarak büyük miktarda farklılık gösterir. Örneğin; virüsler bakterilere göre daha yavaş oranda ölürlür.

Laboratuvar deneylerinin avantajı, her bir çevresel faktörün ayrı ölçülebilmesi gerçeğinde yatar ki; bu yerinde deneylerde mümkün değildir. Diğer taraftan, doğal çevrede uygulandığında, laboratuvar deneyleri her zaman geçerli olmayabilir.

Tablo 9. Bakteri ve virüsler için rapor edilmiş bazı çürüme oranları (Resmi Gazete, 2004)

	$K_d$ (gün <sup>-1</sup> )	Koşullar
Total koliform	0.7 - 84	Farklı sıcaklıklarda, hem deniz suyunda hem tatlı suda
Fekal koliform	37 - 110	Güneş ışığında deniz suyu
Total veya fekal koliform	0 - 6.1	Farklı tuzlulukta sular; karanlıktaki örnekler için daha düşük değerler, ışıklandırılmış örnekler için daha yüksek değerler
Fekal streptokok	18-55	Güneş ışığında deniz suyu
Patojenler ( <i>Salmonella thompson</i> )	0,5-3	18 C <sup>0</sup>
Virüsler(polio tip 1)	0.05 -0.26	Deniz sularında, 4 C <sup>0</sup> - 25 C <sup>0</sup>
Virüsler (enterik)	0.05- 0.26	Farklı çevre 0 C <sup>0</sup> - 25 C <sup>0</sup>

Bazı akademisyenler,  $K_d$ 'yi sıcaklık ve tuzluluk gibi farklı çevresel faktörlerin parametresi olarak düşünürler.

Elde edilen dataya cebirsel bir denklem uygulamak için,  $K_d$  şu şekilde ifade edilebilir:

$$K_d = K_1 + K_2 + K_3 - K_4 \quad (74)$$

$K_1$  → sıcaklık ve tuzluluk etkisi

$K_2$  → solar radyasyon etkisi

$K_3$  → resüpsansiyonu azaltan organizma sedimentasyonu

$K_4$  → gelişme katsayısı

### 2.2.2.2. Bakteriyel Yok Olma İçin Kullanılan Matematiksel İfadeler

Laboratuvar deneyleri, bakteri popülasyonlarının birkaç ölümlülük örnekleri sergilediklerini göstermiştir (Mancini, 1978), (Şekil 20). Bunlar:

- 1. derece yok olma
- 1. derece yok olma ile devam eden, popülasyonun başlangıç artışı
- Zaman ilerledikçe azalan ölüm oranı (1. ve 2. maddeleri takiben)

Genel olarak, bakteri ölüm oranınının 1. derece kinetik işleme karşılık geldiği kabul edilmiştir ve şu denklemlerle ifade edilir:

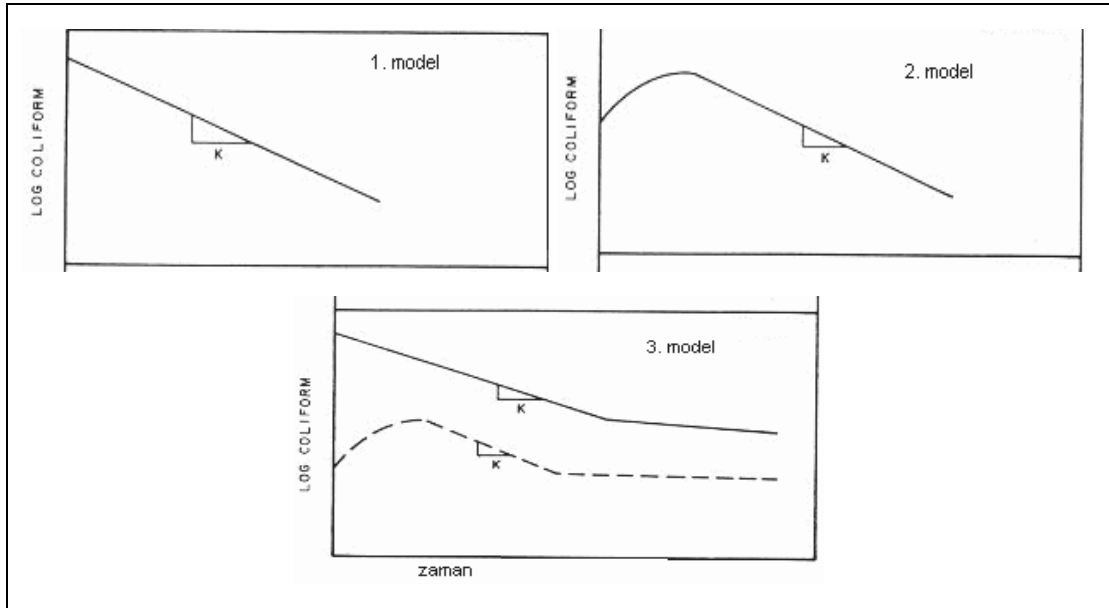
$$\frac{dN}{dt} = -K_d \cdot N \quad (75)$$

t zamanında bakteri yoğunluğu  $N_t$  ise ,

$$N_t = N_0 \cdot e^{-K_d \cdot t} \quad (76)$$

$K_d$  → ölüm oranı (çürüme oranı)

$N_0$  → başlangıç indikatör yoğunluğu



Şekil 20. Koliformların zamana bağlı azalışı (Mancini, 1978)

Çürüme oranını ifade eden denk bir parametre olarak, başlangıç bakteri sayısının % 90'ının ölümü için geçen süre olan  $T_{90}$  ifadesi kullanılır.  $K_d$  ve  $T_{90}$  arasındaki ilişki şu denklemde görülebilir:

$$K_d = \frac{2,3}{T_{90}} \quad (77)$$

İnaktivasyon örneğine alternatif bir denklemi Bravo (1985), hiperbolik bir çürüme modeli ile ifade etmiştir:

$$\text{Log } N_t = \frac{K_d'}{K_d' + t} \cdot \log N_0 \quad (78)$$

$K_d'$  → hiperbolik çürüme oranı

#### 2.2.2.2.1. Mancini(1978)'in İfadesi, Thomman ve Mueller (1987) Tarafından İlaveli

Mancini (1978), hem arazi hem laboratuvar deneyleri yapmış ve  $K_1$  ve  $K_2$  için ifadeler çıkarmıştır.

$$K_1 = 1.07^{(T-20)} [0.8 + 0.006\wedge] \quad (79)$$

$$K_2 = \frac{\alpha \dot{I}_0}{\gamma_{ex} H} [1 - e^{-\gamma_{ex} H}] \quad (80)$$

$K_1$  ve  $K_2$  → sıcaklığın fonksiyonları

$\wedge$  → deniz suyu yüzdesi

$\dot{I}_0$  → günlük ortalama yüzeysel solar radyasyon

$\gamma_{ex}$  → ışık yok olma katsayısı

$\alpha$  → oransal katsayı

$H$  → ortalama derinlik

Tuzluluk yerine deniz suyu yüzdesi kullanılmış, çünkü; tuz dışında diğer deniz suyu bileşenleri de koliform ölümünün bir parçasına sebep olabiliyor.

Thomman ve Mueller (1987), yukarıdaki  $K_1$  ve  $K_2$  denklemlerini  $K_3$  'e uyarlamıştır ve:

$$K_3 = \frac{U_s}{H} \quad (81)$$

ifadesini elde etmişlerdir.

$U_s$  → m/gün olarak bakteriyel oluşumun net kayıp oranı

Ancak bu katsayının tahmini oldukça karışıktır ve fazla kabul görmemektedir.

#### 2.2.2.2.2. Juanes (1995) Denklemleri

Juanes laboratuvar datasından:

$$K_1 = 1.04^{(T-20)} 1.012^S \quad (82)$$

$$K_2 = 1.113 \cdot I_0(t) e^{-\gamma \alpha z} \quad (83)$$

$S$  → tuzluluk

$z$  → derinlik

$\alpha = 2,553$  (karanlıkta çürüme oranı)

30 g/l' den fazla tuzluluktaki sulardaki fekal koliform çürüme oranını tahmin etmek için, deniz deşarj sistemlerinde ve İspanyol su kalitesi standartlarında şu denklem kullanılıyor:

$$T_{90} = \left[ \frac{\xi_*}{60} (1 - 0.65^{2\%}) \left( \frac{1 - SS}{800} \right) + 0.02 \cdot 10^{(T-20)/35} \right]^{-1} \quad (84)$$

$\xi_*$  → güneşin derece olarak yüksekliği

$I_0$  → günlük ortalama yüzeysel solar radyasyon

### 2.2.2.3. Bakteriyel Yok Olma Tespiti İçin Kullanılan Test Yöntemleri

Yok olma oranı ölçümünün klasik deneysel yöntemle yapılması kolaydır. Fekal bakteriler doğal su örneğine eklenir ve yok oluşları özel ortamda tabak sayımı vasıtasıyla fekal bakteri sayımı ile izlenir. Her ne kadar, akuatik çevreye bırakıldıktan sonra fekal bakteriler klasik tabak sayımı metotları tarafından kültürlenme kabiliyetlerini hızlı kaybederler de, hücresel bütünlüklerini ve bazı metabolik aktivitelerini günlerce muhafaza ederler. Metabolik aktivitelerini sürdüren ancak agar ortamında gelişemeyen hücreler, aktif fakat kültürlenemeyen (*viable*) olarak daha önce tanımlanmıştır.

Canlı bakterilerin sayısını belirlemenin geleneksel yolu, onların kültür ortamında gelişebilme kabiliyetlerine dayalıdır. Bu ölçümlerde, total ve *viable* toplamlar arasındaki büyük farklılık normal bir durumdur. Bu farklılık; çevresel gereksinimlerin değişkenliği ve deniz bakterilerinin fiziksel adaptasyonu veya kültür ortamı kurmadaki zorluktur. Uygun olmayan koşullar altında bile, canlı bakteriler birkaç hücre bölünmesi gerçekleştirebilirler fakat çıplak gözle fark edilebilir bakteriyel koloniler üretecek kadar yeterli sayıda değildirler.

Bu çelişkiyi gidermek için farklı metotlar tasarlanmıştır. Önceden membran filtrelerinde veya agarda gelişen mikrokolonileri belirleyerek; son zamanlarda ise, seyreltik kültür ortamları geliştirilerek deneyler yapılmıştır. Alternatif olarak; özel boyanmış, metabolik olarak aktif bakterilerin toplamı, uzatılmış lifli hücre üretimi ve *microautoradiography* uygun olarak kullanılmaktadır.

Bütün örneklerdeki ve bütün durumlardaki, bütün bakterilerin *viable* toplamları için optimum şartları hiçbir ortam sağlayamasa bile; bu teknikler standart prosedürlere göre daha yüksek "*viable counts*" temin ediyor. *Viable bacteria counts*; heterotrofik ve mikrobiyal aktiviteyi ölçmek için kullanılır. Bununla birlikte bu parametreler arasındaki ilişki açık değildir. Bunun için "*the direct viable count*" (DVC) metodu, çeşitli jeografik bölgelerden toplanan deniz suyu örneklerini analiz etmek için kullanılır. DVC her zaman "*total viable counts*" dan daha az çıkar.

"*Epifluorescent microscopic*" metodun da, deniz suyundaki bakteriyel biomas sayımı için güvenilir bir metot olduğu bugün genel olarak kabul edilmiştir. Metodun sınırlamaları; yaşayan ve ölü bakteri arasındaki ayırt edimde ve bakteri cinslerini tanımlamada etkilidir.

Mikroradyografi metodu, teoride oldukça ümit verici olmasına rağmen karışık prosedürler içerir.

Menon ve diğerleri, “*thymidine labeling*” yöntemi kullanmış. Bu metod; ölümlülüğü, DNA bütünlüğünün kaybı olarak ölçer. Bakteriyumun DNA’sının hidrolize olması ölüm olarak düşünüldüğünde, bu yöntem ölüm oranının minimum tahminidir. Radyoaktivitenin azalma oranı, predatör aktiviteli veya aktivitesiz olarak, seçici filtrasyon ve inhibitörler kombinasyonunun kullanımı ile ölçülebilir.

Bu yöntemi kullanarak yaptıkları çalışmalarda, Menon ve diğerleri, deniz ve tatlı sular arasında bakteri ölüm oranlarında çok büyük farklılıklar gözlemlememişler. Tuzluluk çoğu akademisyenler için bakteri ölüm oranının kontrolünde çok önemli bir faktör olarak düşünülüyor. Ancak, tuzluluğun ölüm oranına etkisinden ziyade, onların kültürlenebilmelerinde etkili olduğunu öne sürmüşlerdir

Yapılan bir çalışmada, fekal koliformların yok olma oranları, enterekokların ölüm oranına dört kat büyük olduğu rapor edilmiştir (Sinton vd., 1994). Bu kişiler, ölüm oranı tahminleri için tabak sayımı kullandıkları için, sonuçların arasındaki farklılığın bir kısmı, gerçek ölüm oranı yerine kültürlenebilme kaybındaki değişikliğe bağlıdır.

### 2.2.3. T<sub>90</sub>

Atıksu deşarjlarında mikrobiyal konsantrasyonların seyrelmesini doğrudan etkileyen bakteriyel ölüm hızı “ T<sub>90</sub>” ile ifade edilir. Bu değer, bakteri konsantrasyonlarının %90’ının azalması için gerekli olan süreyi gösterir.

Mühendislerin, bakteri davranışını tanımlamak için kullandıkları bu oran birçok akademik çalışmada, standart bir kültür ortamı kullanılarak elde edilmiş ve daha sonra kıyı alanlarındaki fekal bulaşmalara yaklaşmak için fiziksel modellere uygulanmıştır.

T<sub>90</sub> çalışmalarında en çok kullanılan bakteriyel gösterge fekal koliformlardır. Fekal koliform davranışı; günışığı radyasyonu, bulanıklık, tuzluluk, organik madde yoğunluğu, sıcaklık, pH gibi çeşitli parametrelerin bir fonksiyonu olduğu için, bu değer zamana bağlı olarak değişir. 0.73-3.67 saat (Occhipinti, 1991) ile 30 dakika- birkaç gün (Synconsult, 1991) gibi.

### **2.2.3.1. T<sub>90</sub> Tayin Yöntemi**

T<sub>90</sub> değeri, önceleri laboratuarda yapay veya doğal ışık altında yapılan çalışmalarla bulunurdu. Ancak arazi koşulları ile laboratuvar koşulları arasındaki uyumsuzluklar sebebiyle, arazi koşulları altındaki çalışmalar tercih edildi. Arazi koşulları altında yapılan çalışmaları kapalı ve açık deneyler olarak iki ana gruba ayırmak mümkündür.

#### **2.2.3.1.1. Kapalı deneylerle T<sub>90</sub> tayini**

T<sub>90</sub> tayini için daha önce laboratuarda yapılan işlemlerin benzerinin arazi koşulları altında yapılmasıdır. Bunun için belirli oranlarda karıştırılan (atıksu/deniz suyu= 1/10, 1/20, 1/50, 1/100 gibi) polietilen kaplara konularak deşarjin yapılması düşünülen yerde deniz suyu içine daldırılır. Deniz suyu içinde çevre koşulları altında yaklaşık 2.5 saat süre bekletilen bu kaplardan aralıklarla (10, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180 ve 240 dakika gibi) alınan numuneler, bazı tekniklerle (membran filtre) analiz edilerek koliform bakterilerin zamanla uok olma miktarları bulunur.

#### **2.2.3.1.2. Açık deneylerle T<sub>90</sub> tayini**

Bunun için atıksu bir boya (iz maddesi) ile karıştırılarak deşarjin yapılması düşünülen yerden denize devamlı olarak verilir veya bir tanktan tek ve ani boşaltma yapılır. Ani boşaltma ile yapılan deneyde oluşan yüzey tarlasının merkezinde ve yakın civarında başlangıçta ve zaman aralıkları ile yatay ve düşey doğrultuda numuneler alınarak bakteri ve iz maddesi konsantrasyonları tespit edilir. İz maddesi konsantrasyonları ortamdaki fiziksel seyrelmeyi gösterir. Fiziksel seyrelmenin bakteri yok olması üzerindeki etkisinin düzeltilmesinin gerekmesi deneyleri zorlaştırmaktadır. Çünkü her numune için bakteri konsantrasyonuna paralel olarak iz maddesi konsantrasyonunun da ölçülmesi gerekmektedir. Bakteri yok olma miktarı zamana göre yarı logaritmik bir eksen takımına işaretlenerek çizilen doğruların eğimlerinden k ve T<sub>90</sub> bulunur. Kapalı deneylerle T<sub>90</sub> tayini için uygulanabilecek bir yöntem aşağıda açıklanmıştır.

Bunun için her biri aşağıdaki oranlarda atıksu+deniz suyu karışımı ile 3'er litre doldurulan 3 adet polietilen torba sahilin uygun bir yerinde, sahil suyu sıcaklığını

algılayacak fakat içlerine deniz suyu girmeyecek şekilde ve ağızları açık olarak deniz suyuna daldırılır. Ağızlarının açık bırakılmasının sebebi güneş ışınlarının etkisini de almaları içindir.

1/20'lik seyrelme için beher litre başına 50 ml atıksu+950 ml deniz suyu

1/50'lik seyrelme için beher litre başına 20 ml atıksu+980 ml deniz suyu

1/100'lük seyrelme için beher litre başına 10 ml atıksu +990 ml deniz suyu

Bu şekilde bir su banyosuna daldırılma şeklinde deniz suyunun içine konulan polietilen torbalardan başlangıçtan itibaren belli aralıklarla numuneler alınarak membran filtre tekniği ile koliform ölçümleri yapılır. Numune alma aralıkları yüksek sıcaklıklarda daha düşük olmak üzere 10-40 dakika aralığında tutulabilir. Ölçülen koliform konsantrasyonları yarı logaritmik bir eksen takımına işaretlenerek çizilen doğruların eğiminden bakteri yok olma hızı ( $k=1/T_{90}$ ) ve buradan da  $T_{90}$  bulunur. Doğru yapılan deneyde farklı seyrelmeler için çizilen doğrular iyi bir yaklaşımla birbirine paralel olmalıdır. Bu durumda  $T_{90}$  değerleri de birbirine eşit olacaktır.

### 2.2.3.2. $T_{90}$ Değerini Etkileyen Faktörler

Bakterilerin ve diğer organizmaların su ortamında yaşamlarını devam ettirme veya ölüm oranları, su ortamının tipine ve diğer çevresel faktörlere bağlıdır. Bunlar:

- Solar radyasyon
- Sıcaklık
- Tuzluluk
- Besin miktarı
- pH
- Toksik maddeler
- Bulanıklık
- Predasyon
- Su ortamındaki organizmaların gelişmesi

Bütün bu çevresel faktörlere ek olarak, organizma konsantrasyonu ve deşarjın seyrelmesi çok önemli etkindir.



### 2.2.3.2.1. Çevresel Faktörler Etkisinde T<sub>90</sub> Değişimi

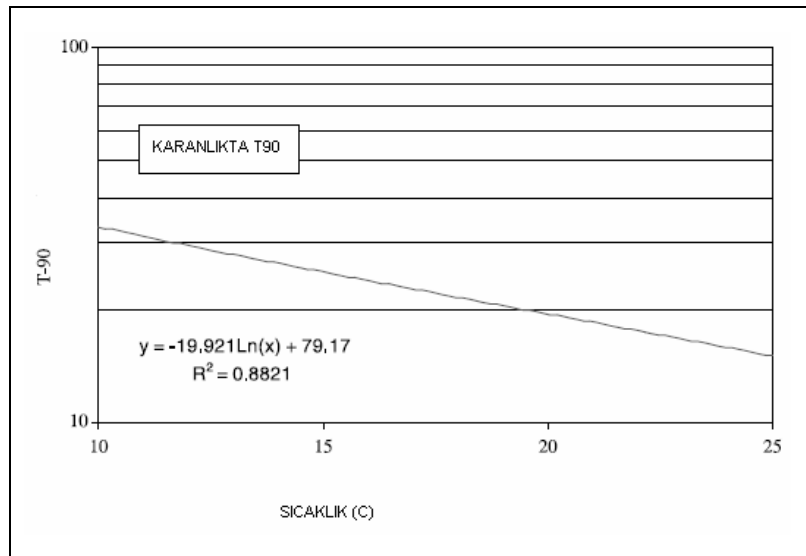
Yapılan çok sayıda çalışmada, bakteri çürüme oranında ve T<sub>90</sub> değerlerinin tayininde etkili olan ekolojik faktörlerin etkisi, hem yerinde hem laboratuvar deneylerinde test edilmiş ve inaktivasyon modelleri elde edilmiştir. Her bir faktörün ayrı ayrı ölçülebilmesi açısından avantajlı olan laboratuvar deneyleri, bu çevresel faktörlerin etki derecesi ve T<sub>90</sub> değerlerindeki değişim aralıkları hakkında oldukça geniş çapta bilgi edinilmesini sağlamıştır.

Çevresel parametre etkisi araştırmalarına en çok konu olan ve test edilmiş faktörler; solar radyasyon, sıcaklık, tuzluluk ve bulanıklıktır.

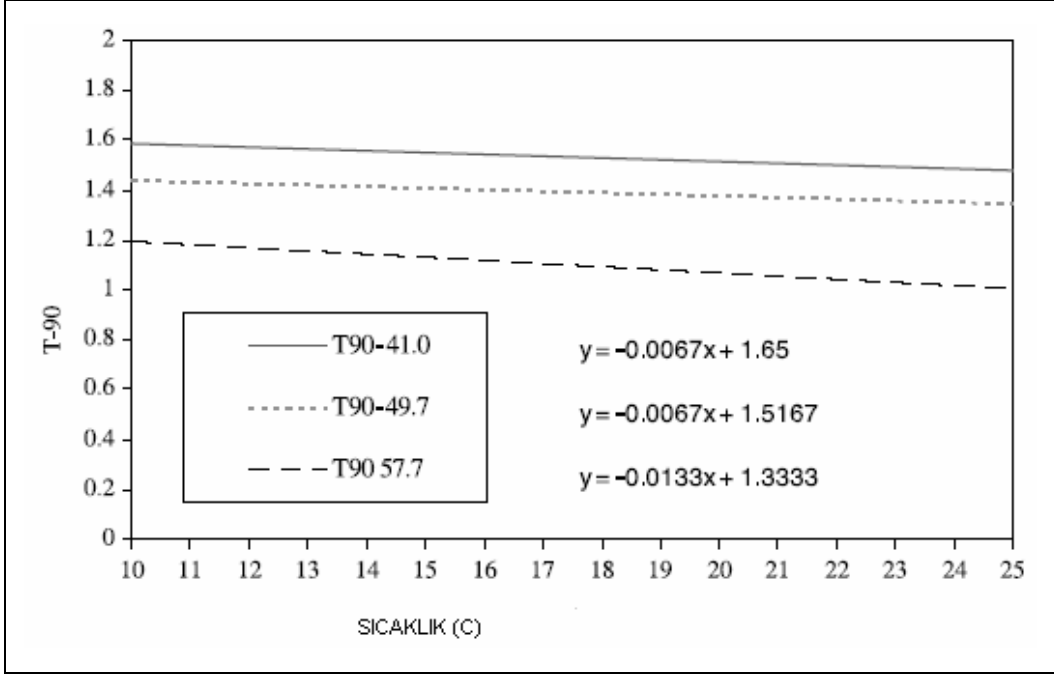
Yükselen ve diğerleri (2002), indikatör organizma olarak total koliformları kullanarak Karadeniz’de bakteri ölüm oranlarına solar radyasyonun ve sıcaklığın etkisini araştırmış ve T<sub>90</sub> değişim aralıklarını elde etmişlerdir. 9-26 C° arası sıcaklık, 20-60 cal / cm<sup>2</sup> h arası solar radyasyon değerlerini, Şile kıyılarından alınan deniz suyu örneklerine membran filtre tekniği ile uygulamışlardır.

Karanlıktaki deneyler, solar radyasyonun etkisini diğer faktörlerden (sıcaklık, koagülasyon, sedimentasyon, besin miktarı) izole etmek ve bakteriyel ölüme diğer parametrelerin etkililiğini tanımlamak için yürütülmüştür (Şekil 21).

Koliformlar, karanlıktakine göre ışıpta daha hızlı inaktive olmuşlardır. İnaktivasyon oranı yaklaşık 20 kat daha hızlıydı.



Şekil 21. T<sub>90</sub> ‘ın karanlıkta sıcaklıkla değişimi (Yukselen vd.,2002)



Şekil 22.  $T_{90}$  'ın ışıktaki sıcaklıkla değişimi (Yukselen vd.,2002)

Karadeniz kıyı sularında, bakteriyel ölüm oranına etki eden en önemli çevresel faktörün ışık olduğu bu çalışmada elde edilen laboratuvar dadasında doğrulanmıştır. Sıcaklığın  $9\text{ C}^{\circ}$ - $20\text{ C}^{\circ}$  arasındaki değişimlerinde, solar radyasyon varlığı bakteriyel inaktivasyonda önemli bir değişikliğe sebep olmamıştır. Sıcaklığın etkisi, karanlıkta daha önemli bulunmuş ve bu da bakteriyel inaktivasyonda ışık etkisinin sıcaklık etkisine göre çok daha fazla olduğunu göstermiştir (Şekil 22).

Benzer şekilde, ekolojik faktörlerin etkisini araştırmak ve  $T_{90}$  tahmininde teorik bir inaktivasyon modeli elde etmek için Conteras ve diğerleri (1995), Biscay Körfezi'den örnekler alarak laboratuvar deneylerinde bu ekolojik faktörleri test etmiş ve önerilen inaktivasyon modeli Cantabrian sahilinde  $T_{90}$  'ın yerinde tahminlerinden kontrol edilmiştir.

Bu çalışmadan da, bakteri yok oluşuna en önemli çevresel faktörün ışık olduğu doğrulanmıştır ve Conteras ve diğerleri (1995),  $T_{90}$  logaritması ile ışık yoğunluğu arasındaki ilişki, regresyon katsayısı 1.014 olan lineer ilişki ile göstermişlerdir. Bakteriyel yok olmada, tuzluluğun en büyük etkisi, tuzluluk değerleri % 35'in üzerinde olduğu zaman bulunmuştur. Işık etkisiyle beraber,  $T_{90}$  logaritması ve tuzluluk artışı arasında lineer ilişki çıkmıştır. Aynı zamanda sıcaklık artışı ile de lineer ilişki bulunmuştur (Tablo 10).

Protozoa, antibakteriyel ve antibiyotik maddelerin varlığı sebebiyle, çalışmaların sonuçları kesin olamaz; çünkü bu maddelerin varlığı mevsimsel ve düzlemsel farklılıklar gösterir.

Mevsimsel farklılık, ışık şiddeti etkisinde de kendini gösterir, öyle ki yaz süresindeki  $T_{90}$  değerleri, kışın elde edilen değerlere göre 3-4 kat düşük çıkmıştır (Tablo 11).

Tablo 10. Tuzluluk, ışık şiddeti ve sıcaklık için yapılan laboratuvar deneylerinde elde edilen korelasyon katsayıları, ölüm oranı sabiti ve  $T_{90}$  değerleri (Canteras vd.,1995)

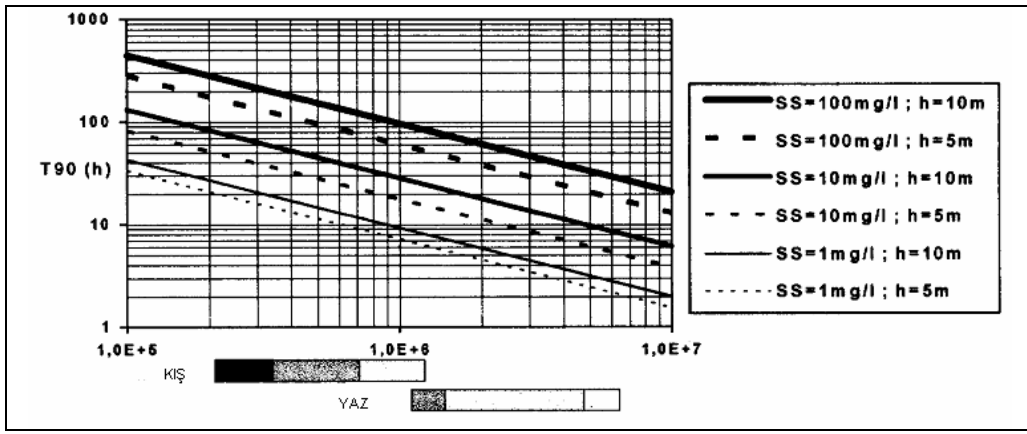
TUZLULUK (%)	IŞIK ( $MW^{-2}$ )	SICAKLIK ( $C^0$ )	KORELASYON KATSAYISI (R)	K	$T_{90}$ (saat)
8.5	0	18	0.93	0.04	23.65
15.0	0	18	0.99	0.106	21.71
25.0	0	18	0.96	0.115	19.04
35.0	0	18	0.99	0.122	18.78
45.0	0	18	0.99	0.171	13.47
8.5	40	18	0.99	0.320	3.14
8.5	120	18	0.99	0.890	1.12
8.5	960	18	0.99	0.910	0.91
8.5	0	10	0.99	0.030	36.05
8.5	0	26	0.99	0.060	17.16
8.5	0	34	0.97	0.080	12.06
8.5	0	42	0.96	0.120	8.38

Tablo 11. Örneklerin farklı kombinasyonlarından yerinde deneylerle elde edilen  $T_{90}$  ve korelasyon katsayıları değerleri. R:korelasyon katsayısı, c: azalma katsayısı, t:sıcaklık, I:solar radyasyon (Canteras vd.,1995)

Yaz ölçümleri			Kış ölçümleri		
I=729 $Wm^{-2}$ , t=19 $C^0$ , c=0.38 $m^{-1}$ , hava: güneşli			I=417.3 $Wm^{-2}$ , t= 12 $C^0$ , C=0.38 $m^{-1}$ , hava:güneşli		
Deneyler	$T_{90}$ (Dak.)	R	Deneyler	$T_{90}$ (Dak.)	R
A	37.4	0.98	H	122.4	0.98
B	66.4	0.99	I	113.5	0.98
C	32.2	0.90	J	116.3	0.97
D	37.6	0.98	K	100.1	0.97
E	37.8	0.96	L	126.9	0.97
F	38.3	0.95	M	120.6	0.95
G	88.4	0.98			

Guillaud ve diğeri (1997) de, Fransa kıyılarındaki alanda elde edilen sonuçları rapor etmek ve mühendisler için yerel şartlara ( gün ışığı, deşarj derinliği, bulanıklık) bağlı olarak yaklaşık  $T_{90}$  değerini bulmaya yarayan bir abaküs tasarlanmıştır.

Yaptıkları deneyler sonucunda, yaz günlerinde ve güneş ışığında “düşük bulanıklıkta”  $T_{90}$  değerleri 2 saat veya daha az olarak bulunmuş. Aynı koşullar altında ancak yüksek bulanıklıkta bu değerler 10 saatten daha yüksek olmuştur. Kışın kapalı hava ve yüksek bulanıklık çok daha büyük çapta artışa sebep olmuş, öyle ki  $T_{90}$  , 100 saatten daha yüksek değerlere ulaşmıştır (Şekil 23).



Şekil 23. Günlük ortalama solar radyasyon( $I_0$ ), askıdaki katı madde(SS) ve derinlikle (h)  $T_{90}$  arasındaki ilişki için elde edilen abaküs (Guillaud vd., 1997)

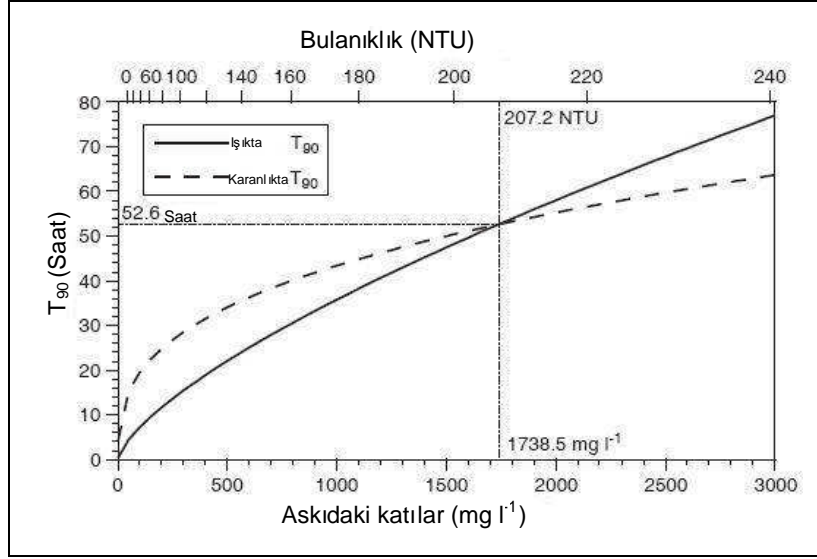
Kay ve diğeri (2004) , yüksek enerjili ve gel gitli haliç sularında bakteri ölüm oranları ve  $T_{90}$  'ın alacağı değerleri araştırmıştır. Bu araştırmalardan elde edilen dataya göre; düşük bulanıklıktaki deniz suyu ile yapılan karanlık deneylerdeki  $T_{90}$  değerleri, yüksek bulanıklıkta haliç suyu kullanılarak yapılan ışıklı deneylerdeki  $T_{90}$  değerlerinden daha kısa çıkmıştır. Bu gözlem, tuzluluk ve çalışılan su tipleri arasındaki ekolojik farklılıklardan dolayı olabilir.

Yüksek bulanıklıklı haliç suları 39,5 saat değerinde  $T_{90}$  gösterirken, düşük bulanıklıklı kıyı suları 6,6 saatlik  $T_{90}$  göstermiş. Işıklı deneylerde, 24,8 saatlik  $T_{90}$  değeri veren düşük bulanıklıklı kıyı suları ile karşılaştırıldığında yüksek bulanıklı haliç sularında 65,1 saatlik  $T_{90}$  elde edilmiştir (Şekil 24).

Işık altındaki  $T_{90}$  değerleri; tuzluluk, bulanıklık ve askıdaki katılar ile bağıntılıdır.

Küçük nehirlerdeki, yavaş akımlarda  $T_{90}$  değişimini ise, Beaudou ve diğeri (2001) araştırmıştır. Fransa, Normandy'de beş nehirden alınan su örnekleriyle yapılan deneylerde,

ortalama 10 saat ve minimum 1.3 saatlik  $T_{90}$  değerleri hesaplanmıştır. Bakteri ölüm oranındaki yavaş akışın pozitif etkisinin  $15\text{ C}^{\circ}$  'nin üzerindeki sıcaklıkla daha da arttığını göstermişlerdir. Nehir diplerindeki çok sayıda eğrilik ve engellerden dolayı, hızlı akışlar tipik olarak türbülanslıdır ve nehir boyunca iyi bir su karışımı sağlar. Yavaş akışlar SPM (suspended particulate matter) oturmasına sebep olur.



Şekil 24. Askıda katılar/bulanıklık için karanlıkta ve ışıkta  $T_{90}$  (Kay,2004)

#### 2.2.3.2.2. Kullanılan İndikatöre Göre Elde Edilen $T_{90}$ Değerleri

İdeal bir patojen indikatörünün özellikleri şunlar olmalıdır:

- Her tip suya uygulanabilir olmalı,
- Patojenlerin olduğu yerde her zaman olmalı,
- Patojenlerin olmadığı yerde hiçbir zaman olmamalı,
- Basit ve güvenilir rutin testlere uygulanabilir olmalı,
- Laboratuar personelinin güvenliği için kendisi patojen olmamalıdır.

Su kaynaklı patojenlerin çoğu, fekal bulaşma ile alındığından, yukarıdaki kriterlere uyduğu takdirde insan ve sıcakkanlı hayvanların sindirim sistemlerinde yerleşik olan organizmalar iyi indikatör olurlar. Su ortamındaki patojen kirliliğinin derecesinin tahmini için genel olarak kullanılan üç farklı fekal bakteri grubu vardır:

- Total koliform bakteri grubu (TC)
- Fekal koliform bakteri grubu (TC)
- Fekal streptokok bakteri grubu (FS)

*E. coli* 'nin de dahil olduğu total koliform bakteri grubu, geniş çapta kullanılmıştır; çünkü yaşam oranları ve bunların patojenik bağırsak bakterileri benzer çevre koşullarında aynı büyüklük oranındadır. Fakat, yüksek sayıda koliform kaynaklarına bağlı olarak, başka indikatörler üzerine dayalı testler yerini almıştır.

Fekal streptokokların çeşit ve sayılarında oldukça fazla varyasyonlar olduğu için, bunlar güvenilir indikatör değillerdir.

Deniz yolu hastalıklarına ilginin virüs kaynaklı olmasından ve bu organizmaların su arıtımına bakterilerden daha dirençli olması gerçeğinden dolayı, patojenik kirlenmeye karşı bunların indikatör olarak kullanılmaları önerilmiş. Ancak koliform bakteri indikatörleri; daha büyük kompleksiteleri, virüs sayma metodlarının azlığı ve yüzeysel sularda virüs yoğunluğu sebebiyle, virüs indikatörlere göre hala üstün kalmıştır.

Önerilen alternatif fekal indikatörler , diğer bakteri gruplarını (*pseudomonas aeruginosa*, *staphylococcus aureus* vb., fekal steroller (insan atığında bulunan *coprostanol* gibi) ve bakteriyoplajlar ve enterovirüsleri içerir.

Son tavsiyeler, tatlı sular için *E. Coli*, deniz suyu için enterokoklar için yapılmışsa da, TC ve FC birçok ülkede su kalite kontrolünde büyük çapta kullanılmaktadır.

Ancak şu söylenebilir ki; evrensel olarak geçerli veya  $T_{90}$  tayini için standart olarak kabul edilen bir indikatör yoktur.

Easton ve diğerleri (1999) , yaptıkları deneyler sayesinde çıkardıkları regresyon sonuçları ile farklı indikatörlerle şu  $T_{90}$  değerlerini bulmuşlardır:

Enterokok sonuçları diğerlerinden farklıdır. Başlangıç, hızlı ölüm oranı yoktur. Sadece kademeli olarak azalma olmuştur.

*Giardia* sonuçları da literatürde tanımlanana göre daha uzun direnç gösterebildi, ancak bu çalışmada davranışının diğer bakteri gruplarına benzediği gözlemlenmiştir.

Pommeuy ve diğerleri (2005) , farklı sıcaklıklar deneye tabi tutulduğunda, farklı patojenlerden elde edilen  $T_{90}$  değerlerini hem deniz hem de haliç sularından elde etmişlerdir (Tablo 13,14,15).

Tablo 12. Haliç ve deniz sularındaki T<sub>90</sub> değerleri örnekleri (Pommeuy vd., 2005)

	Deniz Suyu 18-22 C°	Deniz Suyu 4-5 C°	Haliç Suyu 18-22 C°	Haliç Suyu 4-5 C°
<i>Listeria innocua</i>	5-45	54-89	6-24	57-96
<i>Listeria monocytogenes</i>	22-39	-	80	-
<i>Escherichia coli</i>	5-35	67-81	96-500	120-235
<i>Salmonella. tyohi</i>	33-84	33-79	-	-
<i>Salmonella panama</i>	13-72	108-316	15-34	96-144
<i>Poliovirus-1</i>	10-72	158-170	-	-
<i>F + RNA</i>	60-76	-	-	-
<i>Hepatitis A virus</i>	72-672	-	-	-
<i>Astrovirus</i>	384-432	648-720	-	-

Farklı indikatörleri, değişik inokulalarda ve farklı çevresel faktörler altında, oldukça detaylı inceleyen Noble ve diğerleri (2004) , her bir farklı inokula arasında değişen oranları tanımlamak ve inaktivasyon için en önemli çevresel parametreleri tespit etmek için deneyler yapmışlardır.

Farklı indikatörlerin inaktivasyon oranları; sıcaklık, besin, toplam askıdaki madde, başlangıç bakteri miktarı ve solar radyasyon etkileri hem tatlı su hem deniz suyu ortamında çalışılmış. Deneyler, sıcaklık ve solar radyasyonun inaktivasyon miktarında çok önemli etkileri olduğunu göstermiştir. Ancak; kullanılan üç farklı inokula olan atıksu, arıtılmış atıksu ve arıtılmamış kırsal akış atıkları arasında, indikatör bakterinin inaktivasyon oranları için çok önemli bir fark bulunmamıştır.

Tablo 13. İnaktivasyon katsayıları ( k<sub>d</sub> ), ve deney 1 süresince T<sub>90</sub> (Noble vd., 2004)

İndikatör Bakteri	K <sub>D</sub> 20 C°	T <sub>90</sub> (saat) 20 C°	K <sub>D</sub> 14 C°	T <sub>90</sub> (saat) 14 C°
Total koliformlar	0.027	85.2	0.019	121.2
<i>E. coli</i>	0.029	79.4	0.021	109.7
<i>Enterococci</i>	0.020	115.1	0.013	177.1

Tablo 14. İnaktivasyon katsayıları (  $k_d$  ), ve deney 2 süresince  $T_{90}$  (Noble vd., 2004)

İndikatör Bakteri	$K_D$ 20 C <sup>o</sup>	$T_{90}$ (saat) 20 C <sup>o</sup>	$K_D$ 14 C <sup>o</sup>	$T_{90}$ (saat) 14 C <sup>o</sup>
Total koliformlar	0.037	62.2	0.025	92.1
<i>E. coli</i>	0.030	76.7	0.021	109.7
<i>Enterococci</i>	0.019	121.2	0.016	143.9

Tablo 15. İnaktivasyon katsayıları (  $k_d$  ), ve deney 3 süresince  $T_{90}$  (Noble vd., 2004)

İndikatör bakteri	$k_d$ (yüksek solar radyasyon)	$T_{90}$ (saat)	$k_d$ (düşük solar radyasyon)	$T_{90}$ (saat)
Deniz Suyu				
<i>E.coli</i>	0.1373	16.8	0.0480	47.9
<i>Enterococci</i>	0.2572	8.95	0.2434	9.46
<i>F+specific colliphage</i> )	0.0432	53.3	0.0256	89.9
Tatlı su				
<i>E.coli</i>	0.1346	17.1	0.0542	42.5
<i>Enterococci</i>	0.2724	8.45	0.2434	9.46
<i>F+specific colliphage</i> )	0.0412	55.8	0.0250	92.1

Birinci deney (Aralık-2000) —→ sıcaklık, besinler, başlangıç bakteri yoğunluğu ve total askıda katı (TSS) etkileri araştırıldı. (deniz suyu)

İkinci deney (Nisan-2000) —→ sıcaklık, inokula tipi ve başlangıç bakteri yoğunluğunu tespit edildi. (deniz suyu)

Üçüncü deney (Ağustos-2000) —→ solar radyasyon, TSS ve inokula tipi hem deniz suyunda hem tatlı suda tespit edildi.

#### 2.2.4. $VT_{90}$

Kültürlenebilen bakteriler, kültür ortamında çoğalıp koloniler oluşturur. Kültürlenemeyen, ancak hücresel bütünlüklerini ve bazı metabolik aktivitelerini günlerce muhafaza eden bakteriler, “aktif” fakat “kültürlenemeyen” (“viable”) olarak tanımlanır. Guillaud ve diğerleri (1997) , *viable* bakteri çürüme oranı olan  $VT_{90}$  ve  $T_{90}$  ‘ı karşılaştırmış ve bu *viable* bakterinin kıyı düzenleme ve yönetmeliklerdeki yerini tartışmışlardır (Tablo 16).



Tablo 16. Saat olarak ifade edilen  $T_{90}$  ve  $VT_{90}$  değerleri (Guillaud vd., 1997)

Deneyleyler	$T_{90}$	$VT_{90}$	Koşullar
1	$5.0 \pm 3.8$	$15.6 \pm 0.2 \pm$	mikrokozmu, oligotrofik su, günışığı
2	$15.1 \pm 2.4$	$84.0 \pm 10.1$	yerinde, oligotrofik su, gün ışığı
3	$28.1 \pm 0.8$	$137.0 \pm 36.0$	yerinde, oligotrofik su, karanlık
4	$104.5 \pm 18.2$	$480.7 \pm 22.1$	yerinde, bulanık su, günışığı

$VT_{90}$  değerleri, “ direct viable counts” (DVC) yöntemi ile elde edilmiş. Ve buradan görülüyor ki;  $VT_{90}$ ,  $T_{90}$  ‘dan 3-5 kat daha büyük çıkmıştır.

Mühendisler düşünmeli ki; fekal bakteriler kültürlenemese bile viable safhada kalabilirler. Uygun şartlar oluştuğunda, viable bakteriler aktif metabolizma geliştirebilirler.

Sağlık ve çevre bakış açısından  $VT_{90}$  oldukça önemli bir kavramdır. Organik maddelerin olduğu su ortamlarında  $VT_{90}$  değerlerinin oldukça uzun olacağı göz ardı edilmemeli ve sağlık riskleri düşünülmelidir.

### 2.2.5. $S_{90}$

Doğal sulardaki bakteriyel inaktivasyon, bir takım etkileşimli işlemler tarafından yürütülür. Ana etken, güneş ışığından gelen parlaklığın yoğunluğudur. Güneş ışığı; UV\_B (290-320 nm), UV\_a (320-400nm) arasında uzanan dalga boylarının karışımının bir kompleksidir.

Bütün dalga boyları inaktivasyona katkıda bulunmaz. Gameson ve Gould (1985) solar radyasyonun öldürücü etkisinin yarısının 370 nm’nin altındaki dalga boylarında, kalan çeyreğinin 370-400 nm’nin arasında geri kalanın da 400-500 nm arasında meydana geldiğini rapor etmiştir. Sinton ve diğerleri (1994), 550 nm’nin ötesindeki dalga boylarında enterekokun inaktivasyonun, karanlıktaki inaktivasyonla kıyaslanabilir olduğunu ileri sürmüştür.

Kızıl ötesi dalga boyları, hem gerçek hem yapay gün ışığında bakteriyel faaliyette önemli bir rol oynamaktadır.

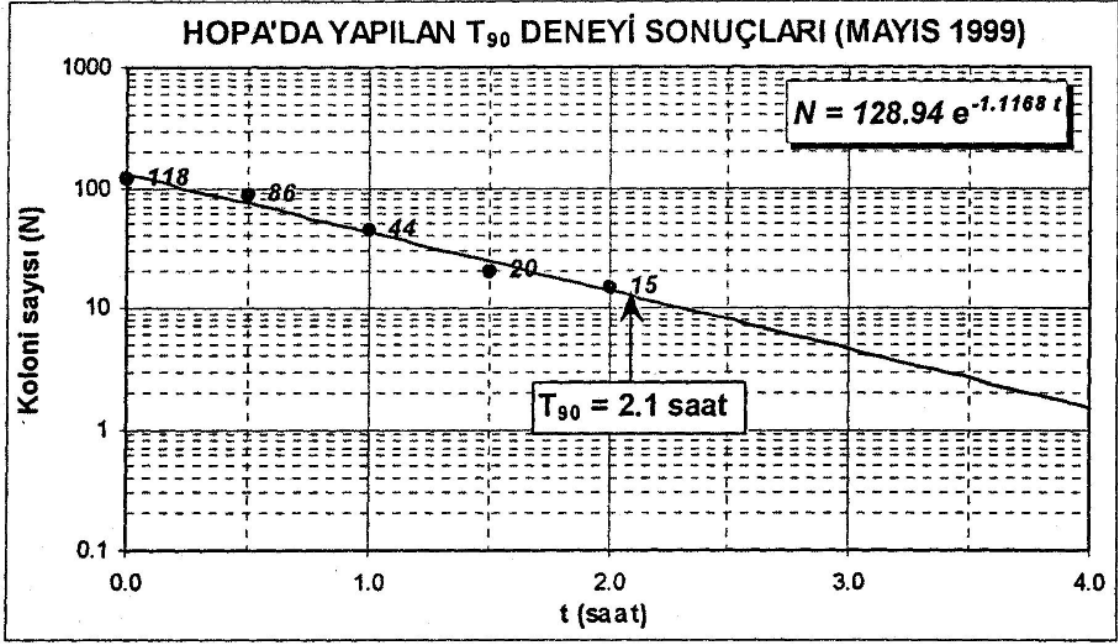
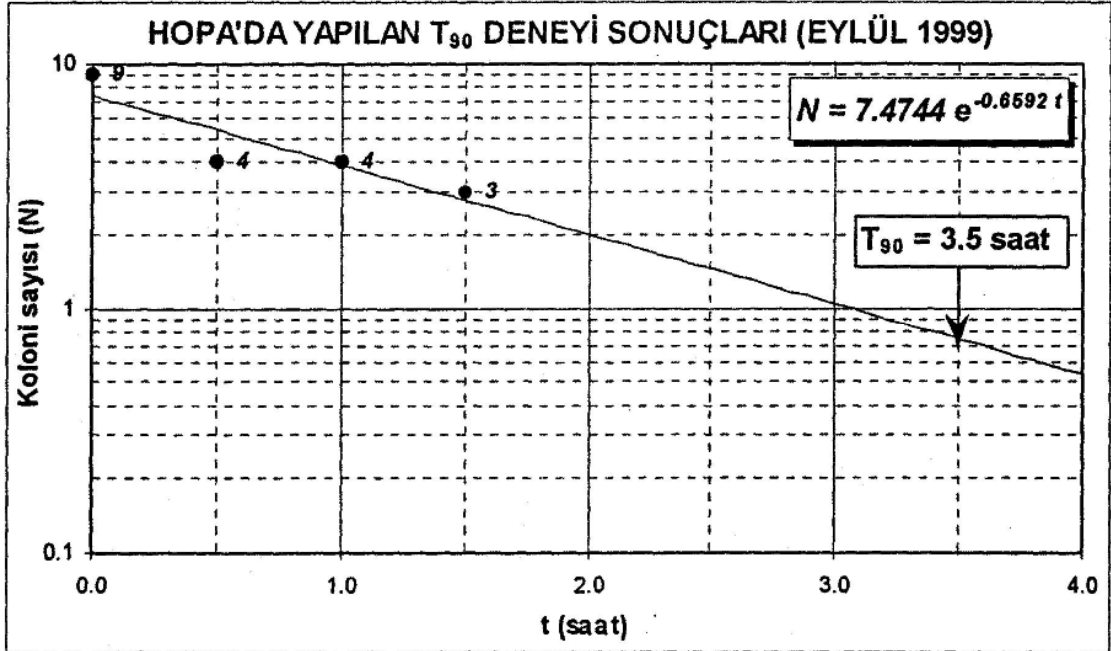
Bu dalga boylarının katkıları; enlem, solar evrimin günlük döngüsü ve bulut tabakalarının bir fonksiyonudur. Devamlı olarak değişen bu parlaklık tarafından sağlanan bakteri çürümesi geleneksel olarak, bakteriyel yoğunluğun % 90’ının azalması için geçen

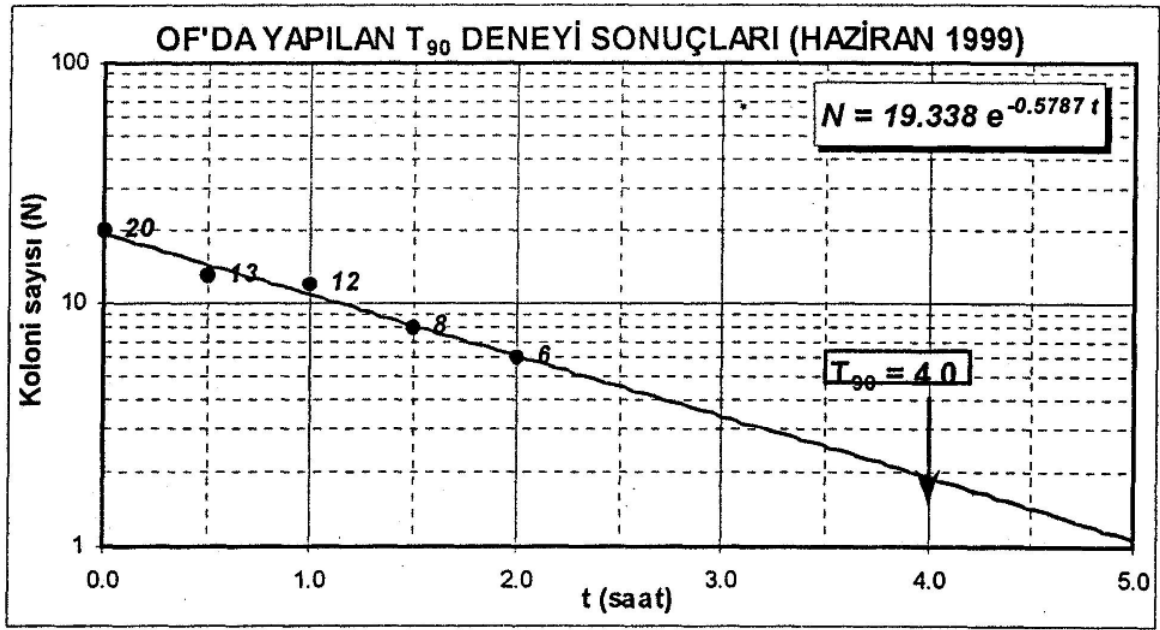
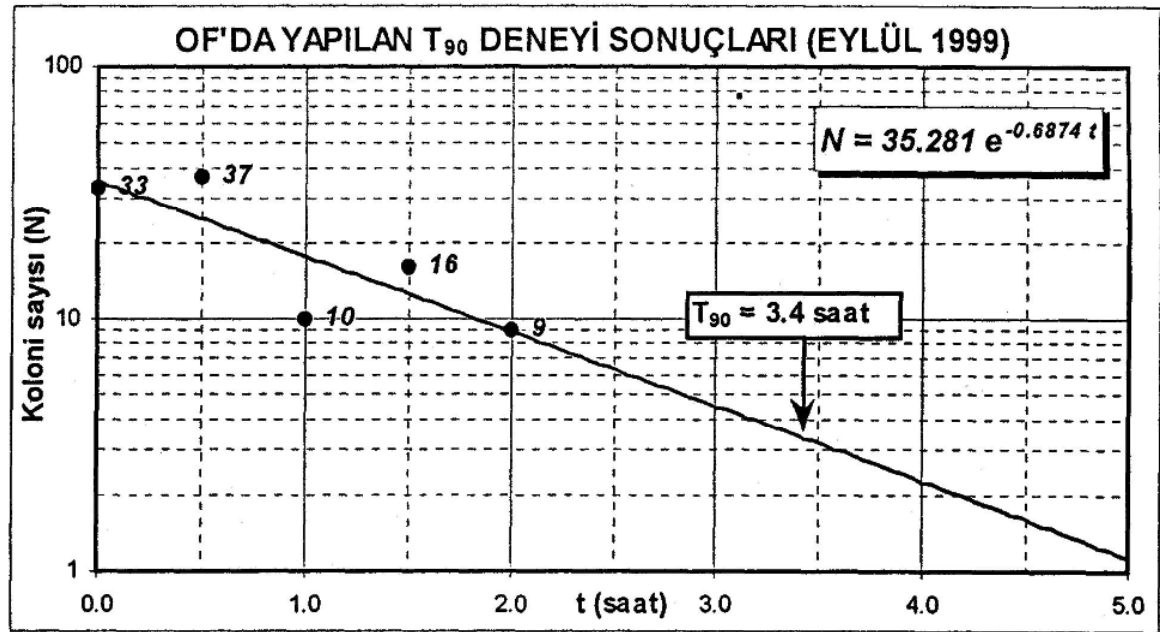
olarak tanımlanan  $T_{90}$  veya bakteriyel yoğunluğun %90'ının azalması için gereksinim duyulan gün ışığı parlaklık dozu olarak tanımlanan  $S_{90}$  ile ifade edilir.

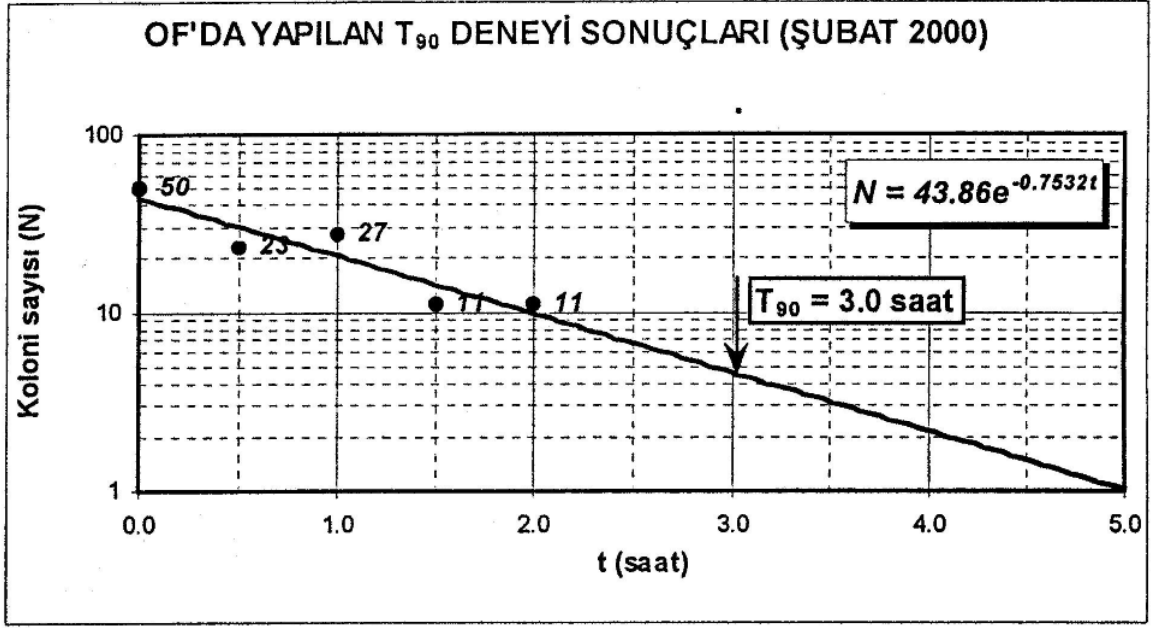
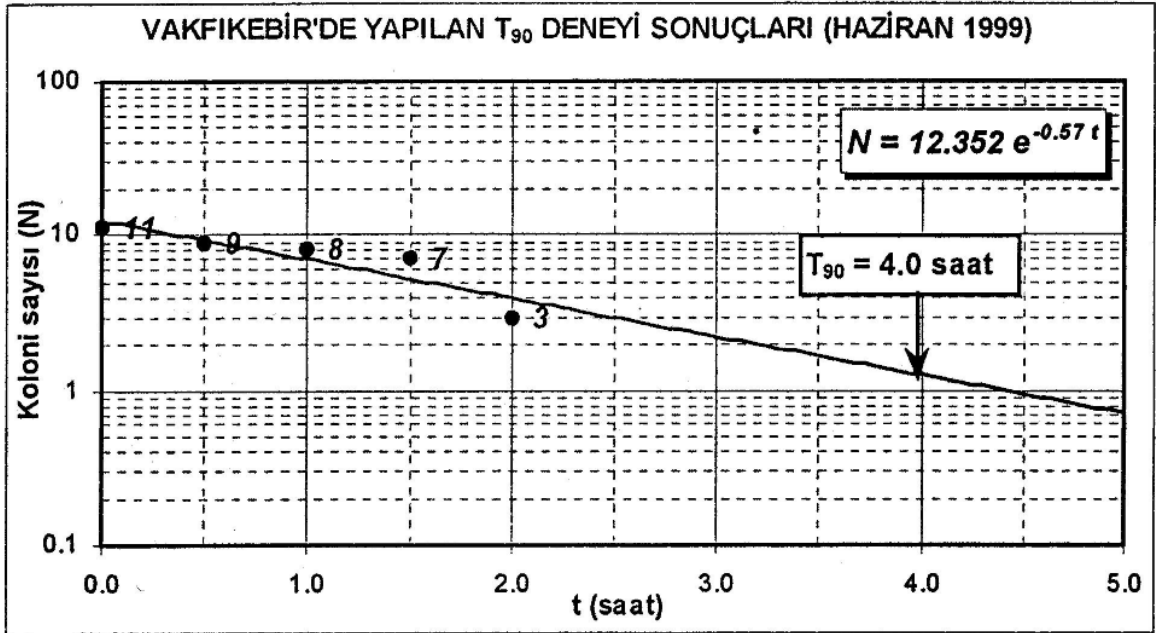
### 2.3. Türkiye Kıyılarında $T_{90}$

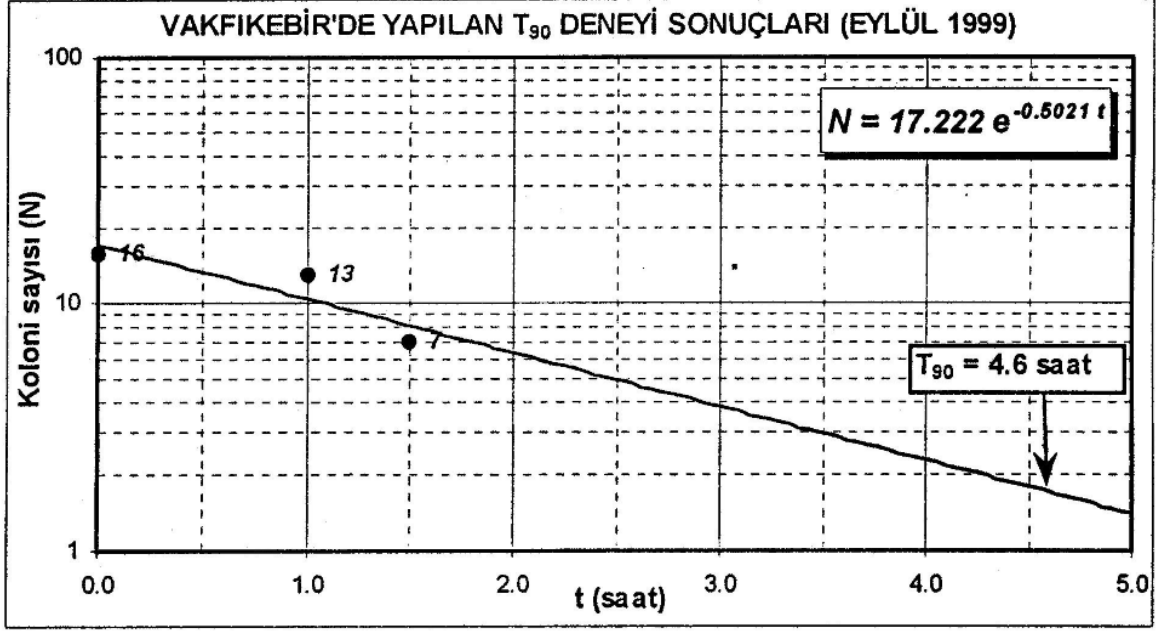
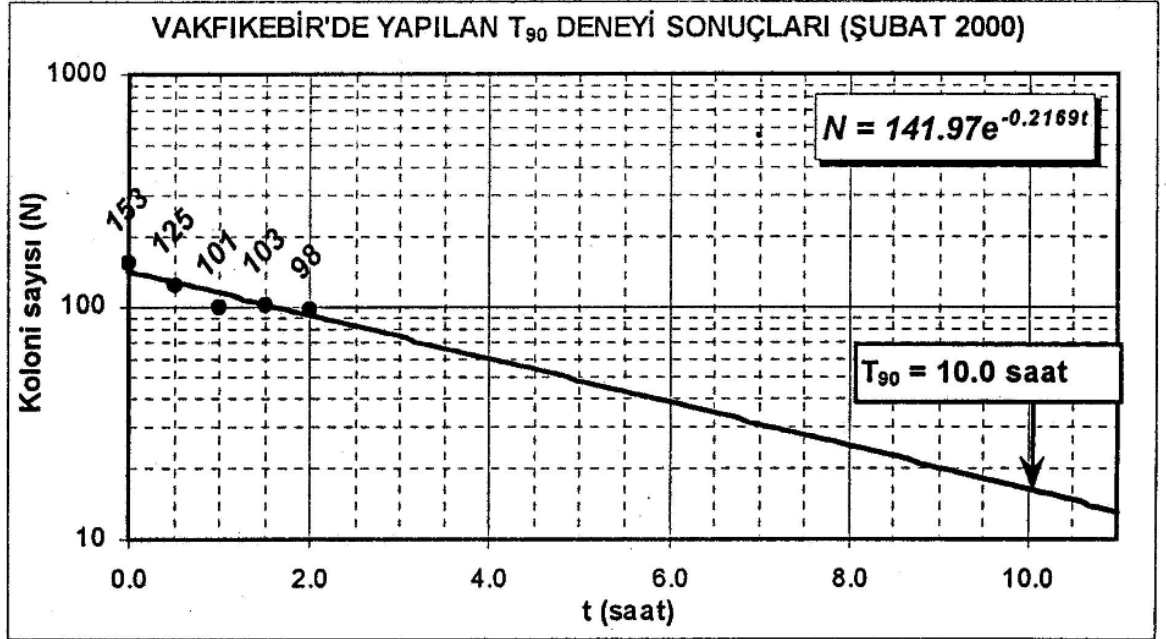
Deniz deşarjı projeleri kapsamında, yapılan çalışmalarda  $T_{90}$  değerleri; Batı Akdeniz kıyılarında 0.5–1.3 saat, Ege kıyılarında ise 2.3–2.4 saat arasında değiştiği bulunmuştur. Akdeniz ve Ege Denizi'ne oranla daha düşük güneş radyasyonu alan, tuzluluğu daha düşük ve nispeten daha yüksek organik madde ve bulanıklığa sahip olan Karadeniz için 4–6.7 saat arası sonuçlar elde edilmiştir. Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği,  $T_{90}$  değerinin yaz aylarında Ege ve Akdeniz'de en az 1.5 saat, Karadeniz'de ise 2 saat alınabileceğini, kış aylarında ise daha yüksek olacağını ve ortalama 3–5 saat civarında olabileceğini belirtmektedir. Karadeniz'de yapılan bütün deşarj sistemleri projelerinde  $T_{90}$  2 saat alınmıştır.

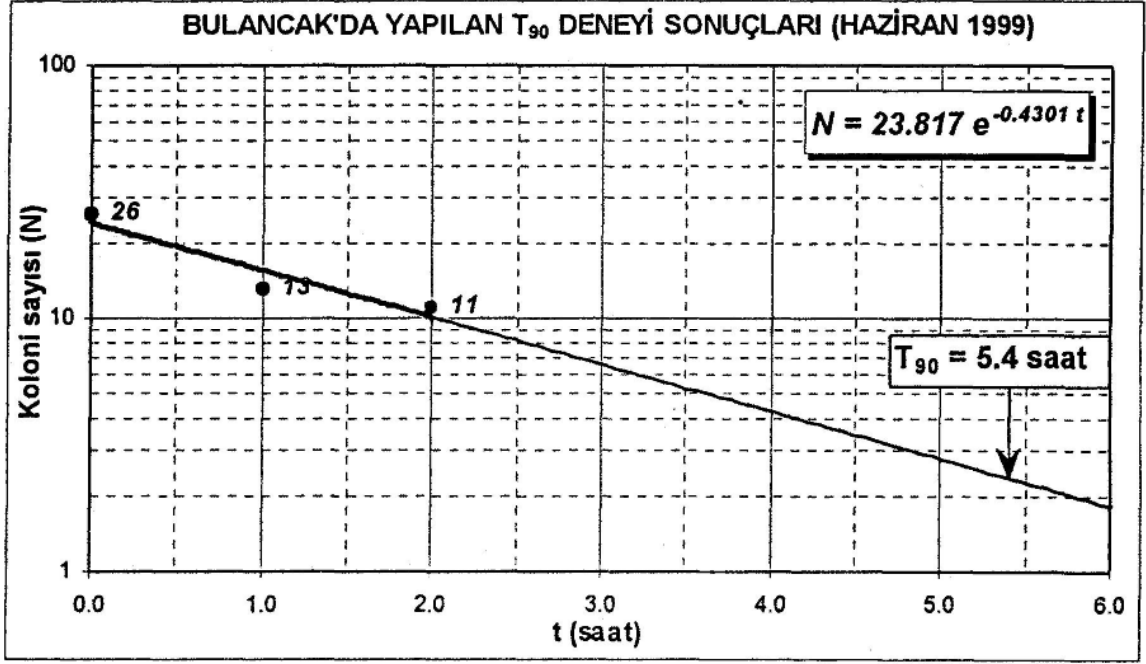
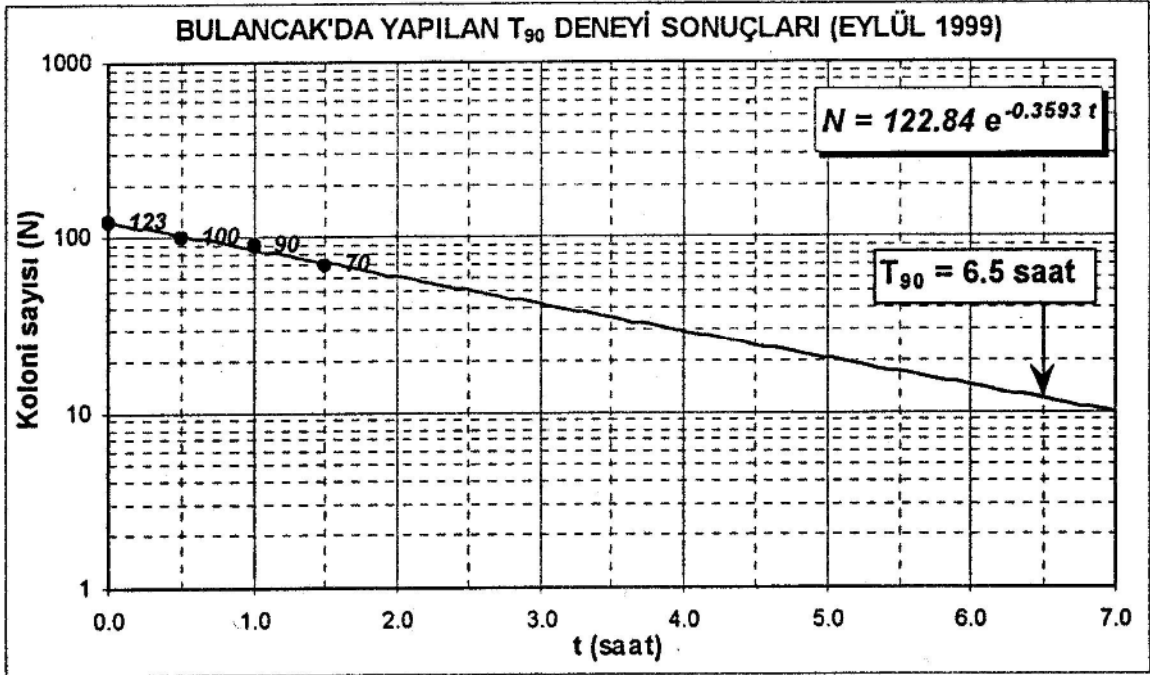
Karadeniz'de  $T_{90}$  tayini için 1999 ve 2000 yıllarında ölçümler yapılmış ve Hopa, Of, Vakfıkebir, Bulancak ve Görele'nin deney sonuçları grafiklerle elde edilmiştir (Şekil 25-35). Bu deney için, su yüzeyinde yüzdürülen saydam polietilen torbalar kullanılmıştır. Deneyin gerçekleştirildiği ortamdan alınan deniz suyu örneği, evsel atıksu ile 1/10 oranında aşılansmıştır. Çalışmalarda kullanılan atıksu cam yününden süzölmüş ve deneyde kullanılmaya kadar 4 C<sup>0</sup>'de saklanmıştır. Bu karışımdan, daima homojen bir şekilde karışmış olmalarına dikkat edilerek, 1 lt'lik miktarlar torbalara doldurulmuş ve hepsi bir şamandıraya bağlanarak deniz ortamında bekletilmiştir. Her yarım saatte bir torbadan örnek alınarak fekal koliform bakterileri membran filtrasyon kültür yöntemiyle saptanmıştır. (DEÜ Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, 1994).

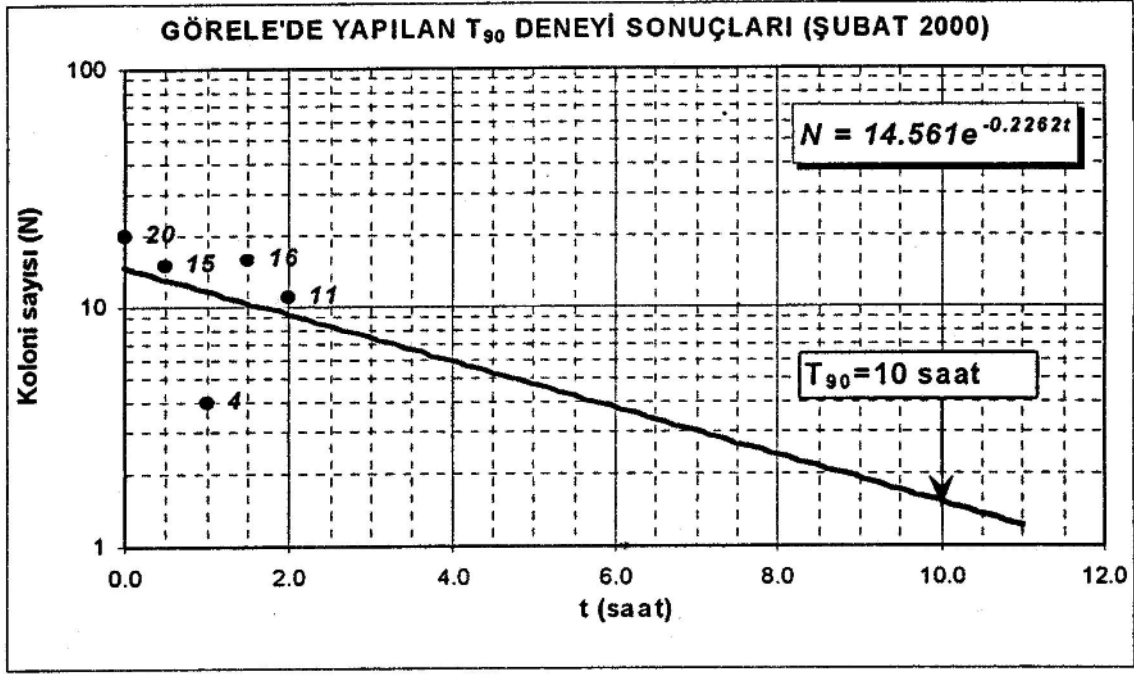
Şekil 25. Hopa Mayıs 1999  $T_{90}$  tayiniŞekil 26. Hopa Eylül 1999  $T_{90}$  tayini

Şekil 27. Of Haziran 1999  $T_{90}$  tayiniŞekil 28. Of Eylül 1999  $T_{90}$  tayini

Şekil 29. Of Şubat 2000  $T_{90}$  tayiniŞekil 30. Vakıfkebir Haziran 1999  $T_{90}$  tayini

Şekil 31. Vakfıkebir Eylül 1999  $T_{90}$  tayiniŞekil 32. Vakfıkebir Şubat 2000  $T_{90}$  tayini

Şekil 33. Bulancak Haziran 1999  $T_{90}$  tayiniŞekil 34. Bulancak Eylül 1999  $T_{90}$  tayini



Şekil 35. Görele Şubat 2000  $T_{90}$  tayini

## 2.4. Genel Sabitler

### 2.4.1. Sürmene Derin Deniz Deşarjı Kesin Projesi

Sürmene, Karadeniz Bölgesi'nin Doğu Karadeniz Bölümü'nde, Trabzon ilinin doğusunda yer alan ve Trabzon'a bağlı olan bir ilçedir. Trabzon'a 35 km, Rize'ye 68 km mesafede bulunmakta olup bu iller ile asfalt bir sahil yolu ile bağlantı sağlanmaktadır.

Sürmene ilçesi, genelde kıyı şeridinde paralel olarak uzanan yamaçlar üzerinde kurulmuş olup yeni imar planı doğuda Kastel Deresi ve batıda Sürmene Deresi ile sınırlandırılmıştır. İmar planının güneyi oldukça dik yamaçlardan oluşmakta olup sahil kesiminde yer yer düz alanlar bulunmaktadır. Ayrıca Kastel ve Sürmene Deresi ile imar planı içerisinde bulunan kuru derelere doğru arazi dik bir eğimle inmektedir. Böylece bu kesimlerde yer yer düz alanlar bulunmaktadır (Şekil 36).





Şekil 36. Vakfıkebir ve Sürmene deniz deşarjı

Trabzon ilinin 35 km doğusunda yer alan Sürmene beldesinin atıksularının sahil ve yeraltı suyu kirlenmesini önlemek ve beldenin sağlıklı bir deşarj tesisine kavuşması amacıyla yapılan Sürmene derin deniz deşarjı kesin projesi'nden alınan verilere göre seyrelme hesapları şöyledir:

Deşarj edilecek atıksudaki koliform miktarı hiçbir arıtma olmayacakmış kabulü ile  $10^7$  kabul edilmiş ve rekreasyonel amaçla kullanılan 200 m genişliğindeki kıyı koruma şeridi sınırlarında istenen koliform standardı 1000 koliform/ 100 ml'dir.

#### 2.4.1.1. Birinci Seyrelme

Atıksu jetleri arasında girişim olmaması durumunda (durgun, uniform yoğunluklu ortama yatay dairesel jet deşarjı:

$$q_0 = 0.009 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$a_0 = 0.005 \text{ m}^2 \text{ olmak üzere bir delikten geçecek jet hızı:}$$

$$U_0 = q_0/a_0 = 1.8 \text{ m/sn}$$

$$F_0 = U_0/(g'D)^{1/2} = 1.8/(0.145 \times 0.08)^{1/2} = 16.7 \rightarrow 15 < 16.7 < 30 \text{ uygun}$$

$$F_{\max} = U_{\max}/(g'D)^{1/2} = 3.6/(0.145 \times 0.08)^{1/2} = 33.4 \rightarrow 15 < 33.4 < 30 \text{ uygun}$$

$$S_m = 0.38 x g'^{1/3} x q^{-2/3} d = 0.38 \times 0.145^{1/3} \times 0.009^{-2/3} \times 30.2 = 139$$

$$S_1 = 2^{1/2} \times S_m = 197$$

Akıntı yönü ile seyrelme:

Piknoklin derinliği=13 m

Atıksu tarlasının tabandan yüksekliği,  $y_{\max} = y_0 - h_1 = 30.2 - 13 = 17.2$  m

h: Atıksu tarlası kalınlığı

Atıksu tarlası batmış durumda iken,

$h = y_{\max} / 2 = 17.2 / 2 = 8.6$  m

b: akıntıya dik difüzör boyu= $30 \times \cos 45 = 21$  m

$S_1 = u \cdot b \cdot h / Q_{\text{ort}}$

$S_1 = 0.09 \times (30 \times \cos 45) \times 8.6 / 0.061$

$S_1 = 269$

#### 2.4.1.2. İkinci Seyrelme

$Y = \sin 22.5 \times 30 = 11.5$  m

$y/2 = 5.7$  m

$x = (900 + 30/2 \times \sin 22.5) - 200 = 706$  m

$U = 0.03 \times V_r = 0.03 \times 3 = 0.09$  m/sn (akıntı hızı)

Kıyı koruma şeridi=200 m

x = kıyı koruma şeridinin difüzörün orta noktasına olan düşey mesafesi

$\varepsilon = 4.53 \times 10^{-4} \times L_d^{4/3} = 0.042$

$S_2 = \text{erf}(1.5 / (1 + 0.666 \beta \cdot x/b)^3 - 1)^{0.5}$

$B = 12\varepsilon / u \cdot b = 12 \times 0.042 / 0.09 \times 30 = 0.186$

$S_2 = \text{erf}((1.5 / (1 + 2/3 \times \beta \cdot (x/L_d)^3))^{1/2} - 1) = \text{erf}((1.5 / (1 + 2/3 \times 0.186(706/30)^3))^{1/2} - 1)$

$S_2 = 1 / \text{erf}(0.025)^{1/2} = 1 / \text{erf} 0.16 = 1/0.18$

$S_2 = 5.5$

#### 2.4.1.3. Üçüncü Seyrelme

$T_{90} = 2$

$U = 0.09$  m/sn = 324 m/saat

$x = 706$  m

$t = x/U = 706/324 = 2.18$  saat

$$S_3 = 10^{\frac{t}{T_{90}}}$$

$$S_3 = 12.3$$

#### 2.4.1.4. Toplam Seyrelme

$$S_T = S_1 \times S_2 \times S_3 = 197 \times 5.5 \times 12.3 = 13298$$

$$C = C_0 / S_T = 10^7 / 13298 = 752 / 100 \text{ ml} < 1000 \text{ koliform} / 100 \text{ ml}$$

deşarj uzunluğu yeterlidir.

#### 2.4.2. Vakıfkebir Derin Deniz Deşarjı Kesin Projesi

##### 2.4.2.1. Birinci Seyrelme

Seyrelme hesapları ortalama debi olan  $Q=250 \text{ lt/sn}$ 'ye göre yapılmıştır. Birinci seyrelme hesabı iki ayrı metodla yapılmış olup projede bunlardan düşük olanı seçilmiştir.

##### 1. Metot

Piknoklin üst hizasının deniz tabanından mesafesi  $y_{\max} = 31.2 - 15 = 16.2 \text{ m}$

Deniz tabanında kıyıya dik doğrultuda akıntı hızı  $U = 0.1 \text{ m/sn}$

Akıntının sahile dik olarak yöneldiği en elverişsiz şartlardaki ilk seyrelme:

$S_1 = U \cdot b^x \cdot h^x / Q$  süreklilik denklemi ile hesaplanır.

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

Atıksu tarlası batmış durumda iken,

$h^x = y_{\max} / 2$  alınabilir.  $Q$  ise ortalama debidir.

$\alpha = 52.5$ , difüzörün sahille dik doğrultuda yaptığı açıdır.

$$S_1 = \frac{0.1 \times 52 \sin 52.5 \times 16.2 / 2}{0.25}$$

$S_1 = 134$  bulunur.

## 2. Metot

$$S_1 = 0.54 F_0 (0.38 z / D_0 F_0 + 0.68)^{5/3}$$

$D_0$  = deşarj noktasında jet çapı

$U_0$  = jet hızı

$Z$  = deşarj derinliği

$F_0$  = Froude sayısı

$$S_1 = 0.54 \times 12.7 (0.38 \times 31.2 / 0.12 \times 12.7 + 0.68)^{5/3}$$

$$S_1 = 240$$

$S_1 = 134$  olarak kabul edilmiştir.

## 2.4.2.2. İkinci Seyrelme

1 . metot

$$L_{dik} = 1200 \sin 67.5 = 1108$$

$$1108 + 26 \cos 52.5 = 1124$$

$X = (1124 - 250) = 874$  m (difüzörün sahil koruma bandına düşey mesafesi)

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

$$L = 52 \text{ m}$$

İkinci seyrelme için kullanılan abaktan  $S_2 = 5$  bulunmuştur.

2 . metot

$$\varepsilon = 0.01 \times (L_{dif} \times 100) = 0.01 \times (52 \times 100)^{4/3} = 900.89$$

$$\beta = \frac{12x\varepsilon}{Ux(L_{dif} \times 100)} = \frac{12 \times 900 \times 89}{10 \times (52 \times 100)} = 0.208 \text{ cm}^2 / \text{sn}$$

$$S_2 = \text{erf}((1.5 / (1 + 2/3 * \beta(x / L_d)))^3)^{1/2} - 1 = \text{erf}((1.5 / (1 + 2/3 * 0.208(874 / 52)))^3)^{1/2} - 1$$

$$S_2 = 1 / \text{err } 0.20 = 1 / 0.22$$

$$S_2 = 4.5$$

### 2.4.2.3. Üçüncü Seyrelme

$$S_3 = 10^{\frac{t}{T_{90}}}$$

$$t = 874 / 0.1 \times 3600 = 2.43 \text{ saat}$$

$$T_{90} = 2 \text{ saat}$$

$$S_3 = 10^{2.43/2}$$

$$S_3 = 16.4$$

### 2.4.2.4. Toplam Seyrelme

$$S_T = S_1 \times S_2 \times S_3$$

$$S_T = 134 \times 5 \times 16.4 = 10988$$

Koruma bölgesinde koliform konsantrasyonu:

$$C = C_0 / S_T = 10^7 / 10988$$

$$C = 910 / 100 \text{ ml} < 1000 \text{ olarak bulunur.}$$

Deşarj uzunluğu yeterli görülmüştür.

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Yöntem

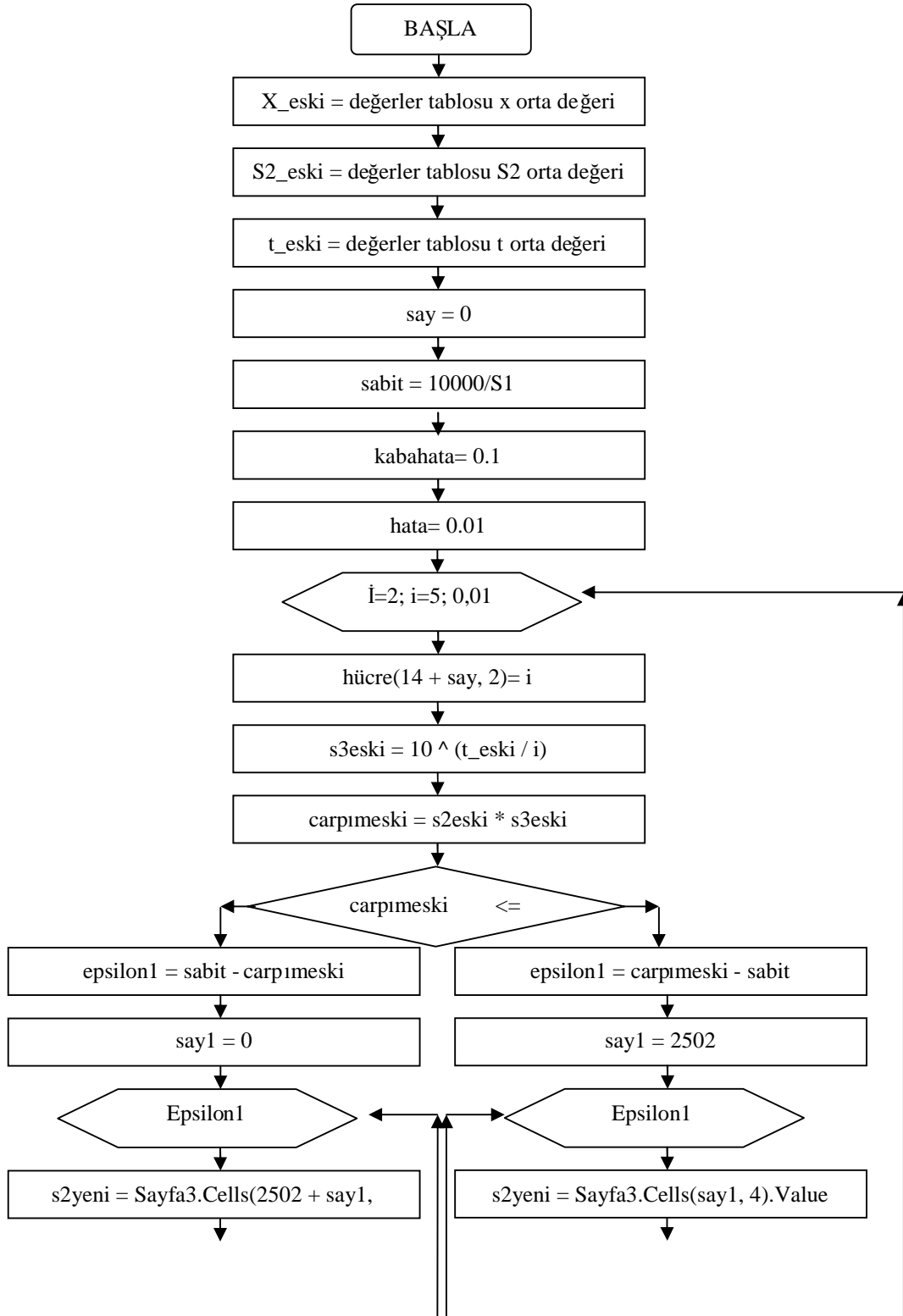
Farklı  $T_{90}$  değerlerinin seyrelme ve boyutlandırma üzerindeki etkilerini belirleyebilmek ve karşılaştırabilmek için, sistemlerin aynı hidrolik parametreler kullanılarak ve aynı projelendirme kurallarına uyularak boyutlandırılması gerekir. Bu sebeple, çalışmada üzerinde inceleme yapılacak deniz deşarjı sistemi olarak iki tane “esas sistem” seçildi ve hesaplar bu iki sistem üzerinde yapıldı. Bu sistemler; Sürmene ve Vakfıkebir derin deniz deşarjı kesin proje raporlarıdır (Şekil 36).

Bu iki projenin seyrelme hesapları üzerinde “visual basic” programlama dili kullanıldı (Şekil 37).

Öncelikle; her iki projede 2 saat olarak kabul edilen  $T_{90}$ 'ın diğer hidrolik parametreler sabit tutulmak koşuluyla, birer saniyelik aralıklarla 5 saate kadar arttığı kabul edildi. Bu durumda üçüncü seyrelmenin. 2-5 saat arası her bir  $T_{90}$  karşılığında alacağı yeni değerleri bulundu.  $T_{90}$ 'ın 2 saatten 5 saate yükselmesi durumunda  $S_3$ 'ün azalmasına bağlı olarak toplam seyrelme de azaldı ve her bir  $S_3$ 'e karşılık gelen toplam seyrelme değerleri bulundu. Böylece  $T_{90}$ 'ın üçüncü seyrelmeye, buna bağlı olarak da toplam seyrelmeye olan etkisi hesaplandı ve ilişki grafiklerle gösterildi (Tablo 17,19), (Şekil 38,39,41,42).

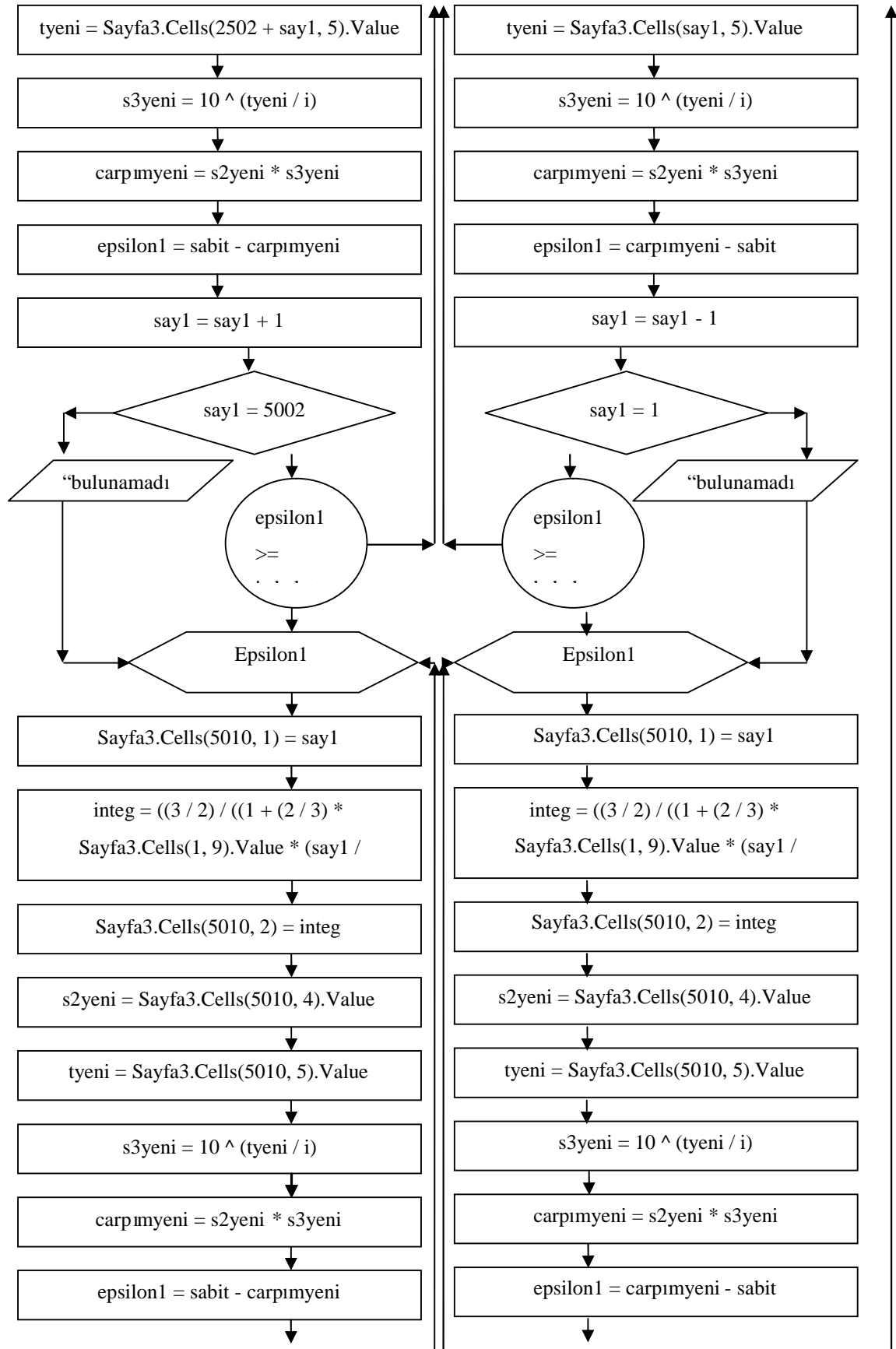
Daha sonra.  $T_{90}$ 'ın artması durumunda azalan üçüncü seyrelmeye rağmen toplam seyrelmenin seyrelme kriterlerini sağlaması için,  $S_2$  formülü içindeki x mesafesinin alması gereken değerleri bulundu ve bu ilişki grafiklerle gösterildi. x mesafesinin artışı boru boyunda artışı ifade etmektedir ki bu da  $T_{90}$ 'ın proje boyutlandırılmasındaki etkisini göstermektedir (Tablo 18,20), (Şekil 40,43).

### 3.2. Program Akış Diyagramı



Şekil 37. Akış diyagramı

Şekil 37'nin devamı







Tablo 17. Sürmene deniz deşarjı projesinde  $T_{90}$ 'ın 2'den 5'e çıkması durumunda üçüncü ve toplam seyrelme değerlerinin değişimleri

$S_1$ 269	$S_2$ 4.5987	X 588
$T_{90}$	$S_3$	TOPLAM SEYRELME
2.00	8.082798057	9998.845571
2.01	7.999198905	9895.429030
2.02	7.917279351	9794.090241
2.03	7.836993492	9694.772418
2.04	7.758296988	9597.420711
2.05	7.681146998	9501.982122
2.06	7.605502119	9408.405435
2.07	7.531322330	9316.641141
2.08	7.458568936	9226.641374
2.09	7.387204519	9138.359843
2.10	7.317192882	9051.751772
2.11	7.248499008	8966.773843
2.12	7.181089009	8883.384136
2.13	7.114930088	8801.542076
2.14	7.049990491	8721.208386
2.15	6.986239474	8642.345030
2.16	6.923647260	8564.915175
2.17	6.862185005	8488.883139
2.18	6.801824763	8414.214350
2.19	6.742539452	8340.875308
2.20	6.684302822	8268.833540
2.21	6.627089428	8198.057567
2.22	6.570874594	8128.516866
2.23	6.515634393	8060.181837
2.24	6.461345613	7993.023766
2.25	6.407985736	7927.014796
2.26	6.355532912	7862.127899
2.27	6.303965934	7798.336840
2.28	6.253264219	7735.616156
2.29	6.203407781	7673.941125
2.30	6.154377216	7613.287742
2.31	6.106153677	7553.632692
2.32	6.058718856	7494.953329
2.33	6.012054970	7437.227651
2.34	5.966144736	7380.434281
2.35	5.920971359	7324.552442
2.36	5.876518515	7269.561940

Tablo 17'nin devamı

2.37	5.832770333	7215.443142
2.38	5.789711382	7162.176959
2.39	5.747326656	7109.744828
2.40	5.705601561	7058.128695
2.41	5.664521899	7007.310995
2.42	5.624073855	6957.274642
2.43	5.584243990	6908.003008
2.44	5.545019223	6859.479911
2.45	5.506386820	6811.689601
2.46	5.468334388	6764.616744
2.47	5.430849856	6718.246410
2.48	5.393921475	6672.564064
2.49	5.357537798	6627.555545
2.50	5.321687676	6583.207062
2.51	5.286360250	6539.505181
2.52	5.251544937	6496.436810
2.53	5.217231425	6453.989195
2.54	5.183409665	6412.149902
2.55	5.150069861	6370.906814
2.56	5.117202464	6330.248118
2.57	5.084798163	6290.162296
2.58	5.052847879	6250.638118
2.59	5.021342759	6211.664630
2.60	4.990274166	6173.231150
2.61	4.959633677	6135.327256
2.62	4.929413073	6097.942782
2.63	4.899604335	6061.067808
2.64	4.870199636	6024.692652
2.65	4.841191341	5988.807868
2.66	4.812571994	5953.404232
2.67	4.784334317	5918.472743
2.68	4.756471205	5884.004611
2.69	4.728975721	5849.991254
2.70	4.701841089	5816.424290
2.71	4.675060693	5783.295534
2.72	4.648628070	5750.596991
2.73	4.622536905	5718.320850
2.74	4.596781029	5686.459480
2.75	4.571354416	5655.005425
2.76	4.546251176	5623.951398
2.77	4.521465551	5593.290278

Tablo 17'nin devamı

2.78	4.496991915	5563.015106
2.79	4.472824768	5533.119077
2.80	4.448958733	5503.595538
2.81	4.425388553	5474.437987
2.82	4.402109085	5445.640064
2.83	4.379115304	5417.195549
2.84	4.356402291	5389.098360
2.85	4.333965236	5361.342545
2.86	4.311799436	5333.922286
2.87	4.289900285	5306.831887
2.88	4.268263280	5280.065776
2.89	4.246884015	5253.618502
2.90	4.225758175	5227.484729
2.91	4.204881539	5201.659234
2.92	4.184249975	5176.136906
2.93	4.163859438	5150.912741
2.94	4.143705968	5125.981841
2.95	4.123785688	5101.339409
2.96	4.104094801	5076.980748
2.97	4.084629589	5052.901259
2.98	4.065386411	5029.096437
2.99	4.046361700	5005.561870
3.00	4.027551962	4982.293237
3.01	4.008953776	4959.286304
3.02	3.990563787	4936.536923
3.03	3.972378712	4914.041030
3.04	3.954395329	4891.794641
3.05	3.936610485	4869.793855
3.06	3.919021087	4848.034846
3.07	3.901624104	4826.513865
3.08	3.884416566	4805.227238
3.09	3.867395561	4784.171361
3.10	3.850558233	4763.342702
3.11	3.833901783	4742.737798
3.12	3.817423465	4722.353254
3.13	3.801120588	4702.185739
3.14	3.784990512	4682.231988
3.15	3.769030647	4662.488797
3.16	3.753238454	4642.953025
3.17	3.737611440	4623.621589
3.18	3.722147163	4604.491466

Tablo 17'nin devamı

3.19	3.706843223	4585.559689
3.20	3.691697269	4566.823348
3.21	3.676706990	4548.279587
3.22	3.661870123	4529.925602
3.23	3.647184442	4511.758644
3.24	3.632647765	4493.776012
3.25	3.618257951	4475.975057
3.26	3.604012897	4458.353176
3.27	3.589910538	4440.907818
3.28	3.575948848	4423.636474
3.29	3.562125836	4406.536683
3.30	3.548439550	4389.606029
3.31	3.534888070	4372.842136
3.32	3.521469512	4356.242676
3.33	3.508182026	4339.805358
3.34	3.495023794	4323.527934
3.35	3.481993031	4307.408196
3.36	3.469087983	4291.443973
3.37	3.456306927	4275.633136
3.38	3.443648171	4259.973590
3.39	3.431110051	4244.463278
3.40	3.418690934	4229.100178
3.41	3.406389213	4213.882304
3.42	3.394203312	4198.807704
3.43	3.382131678	4183.874459
3.44	3.370172788	4169.080685
3.45	3.358325144	4154.424527
3.46	3.346587273	4139.904164
3.47	3.334957728	4125.517806
3.48	3.323435084	4111.263691
3.49	3.312017944	4097.140089
3.50	3.300704931	4083.145297
3.51	3.289494692	4069.277644
3.52	3.278385898	4055.535482
3.53	3.267377240	4041.917195
3.54	3.256467432	4028.421189
3.55	3.245655209	4015.045902
3.56	3.234939326	4001.789792
3.57	3.224318559	3988.651345
3.58	3.213791704	3975.629073
3.59	3.203357576	3962.721509

Tablo 17'nin devamı

3.60	3.193015011	3949.927212
3.61	3.182762861	3937.244764
3.62	3.172599998	3924.672769
3.63	3.162525312	3912.209854
3.64	3.152537711	3899.854667
3.65	3.142636120	3887.605879
3.66	3.132819481	3875.462181
3.67	3.123086753	3863.422286
3.68	3.113436911	3851.484924
3.69	3.103868946	3839.648850
3.70	3.094381865	3827.912833
3.71	3.084974692	3816.275666
3.72	3.075646463	3804.736157
3.73	3.066396232	3793.293135
3.74	3.057223065	3781.945446
3.75	3.048126045	3770.691954
3.76	3.039104266	3759.531541
3.77	3.030156839	3748.463103
3.78	3.021282886	3737.485558
3.79	3.012481544	3726.597836
3.80	3.003751963	3715.798885
3.81	2.995093303	3705.087669
3.82	2.986504741	3694.463167
3.83	2.977985464	3683.924373
3.84	2.969534671	3673.470298
3.85	2.961151572	3663.099965
3.86	2.952835392	3652.812413
3.87	2.944585364	3642.606695
3.88	2.936400734	3632.481879
3.89	2.928280759	3622.437043
3.90	2.920224706	3612.471284
3.91	2.912231855	3602.583707
3.92	2.904301493	3592.773433
3.93	2.896432921	3583.039595
3.94	2.888625446	3573.381340
3.95	2.880878389	3563.797823
3.96	2.873191079	3554.288217
3.97	2.865562853	3544.851701
3.98	2.857993061	3535.487471
3.99	2.850481059	3526.194730
4.00	2.843026215	3516.972696

Tablo 17'nin devamı

4.01	2.835627902	3507.820595
4.02	2.828285506	3498.737666
4.03	2.820998420	3489.723157
4.04	2.813766044	3480.776329
4.05	2.806587789	3471.896450
4.06	2.799463072	3463.082801
4.07	2.792391320	3454.334672
4.08	2.785371966	3445.651363
4.09	2.778404452	3437.032183
4.10	2.771488228	3428.476450
4.11	2.764622750	3419.983494
4.12	2.757807484	3411.552652
4.13	2.751041900	3403.183270
4.14	2.744325478	3394.874703
4.15	2.737657703	3386.626315
4.16	2.731038069	3378.437480
4.17	2.724466075	3370.307579
4.18	2.717941228	3362.236000
4.19	2.711463040	3354.222142
4.20	2.705031032	3346.265409
4.21	2.698644728	3338.365217
4.22	2.692303662	3330.520985
4.23	2.686007371	3322.732143
4.24	2.679755401	3314.998127
4.25	2.673547301	3307.318382
4.26	2.667382629	3299.692358
4.27	2.661260945	3292.119514
4.28	2.655181819	3284.599316
4.29	2.649144823	3277.131235
4.30	2.643149537	3269.714751
4.31	2.637195545	3262.349350
4.32	2.631282436	3255.034525
4.33	2.625409807	3247.769774
4.34	2.619577257	3240.554603
4.35	2.613784391	3233.388525
4.36	2.608030821	3226.271056
4.37	2.602316161	3219.201721
4.38	2.596640031	3212.180051
4.39	2.591002057	3205.205581
4.40	2.585401869	3198.277854
4.41	2.579839100	3191.396417

Tablo 17'nin devamı

4.42	2.574313390	3184.560823
4.43	2.568824382	3177.770632
4.44	2.563371724	3171.025408
4.45	2.557955068	3164.324721
4.46	2.552574072	3157.668146
4.47	2.547228395	3151.055263
4.48	2.541917704	3144.485659
4.49	2.536641666	3137.958923
4.50	2.531399956	3131.474652
4.51	2.526192250	3125.032447
4.52	2.521018229	3118.631911
4.53	2.515877579	3112.272657
4.54	2.510769988	3105.954299
4.55	2.505695149	3099.676457
4.56	2.500652759	3093.438755
4.57	2.495642516	3087.240822
4.58	2.490664125	3081.082290
4.59	2.485717292	3074.962799
4.60	2.480801728	3068.881989
4.61	2.475917148	3062.839506
4.62	2.471063268	3056.835002
4.63	2.466239810	3050.868131
4.64	2.461446497	3044.938551
4.65	2.456683056	3039.045925
4.66	2.451949219	3033.189919
4.67	2.447244718	3027.370204
4.68	2.442569290	3021.586455
4.69	2.437922675	3015.838349
4.70	2.433304617	3010.125568
4.71	2.428714860	3004.447798
4.72	2.424153154	2998.804728
4.73	2.419619250	2993.196051
4.74	2.415112903	2987.621462
4.75	2.410633869	2982.080663
4.76	2.406181910	2976.573355
4.77	2.401756787	2971.099246
4.78	2.397358266	2965.658045
4.79	2.392986116	2960.249465
4.80	2.388640107	2954.873224
4.81	2.384320013	2949.529041
4.82	2.380025609	2944.216637



Tablo 17'nin devamı

4.83	2.375756674	2938.935741
4.84	2.371512989	2933.686079
4.85	2.367294337	2928.467385
4.86	2.363100504	2923.279394
4.87	2.358931278	2918.121842
4.88	2.354786450	2912.994472
4.89	2.350665812	2907.897027
4.90	2.346569160	2902.829253
4.91	2.342496290	2897.790900
4.92	2.338447003	2892.781720
4.93	2.334421101	2887.801467
4.94	2.330418387	2882.849899
4.95	2.326438667	2877.926776
4.96	2.322481749	2873.031862
4.97	2.318547444	2868.164920
4.98	2.314635565	2863.325720
4.99	2.310745925	2858.514031
5.00	2.306878340	2853.729626

Tablo 18. Sürmene deniz deşarjı projesinde  $T_{90}$ 'ın 2'den 5'e çıkması durumunda seyrelme kriterlerinin sağlanması için x mesafesinin olması gereken değerleri

Sabit	$T_{90}$			Sabit
$S_1$ 269.00	Başlangıç Değeri	Bitiş Değeri	Adım	$10000/S_1$ 37.175
	2.00	5.00	0.0100	
$T_{90}$	t	$S_3$	$S_2$	X(m)
2.00	1.815123457	8.082798057	4.598708191	588.0
2.01	1.821296296	8.055964808	4.615333020	590.0
2.02	1.827160494	8.026660569	4.631145190	591.9
2.03	1.833024691	7.997750069	4.646975445	593.8
2.04	1.839197531	7.972002332	4.663658385	595.8
2.05	1.845061728	7.943833107	4.679525694	597.7
2.06	1.850925926	7.916035461	4.695411023	599.6
2.07	1.856790123	7.888602260	4.711314351	601.5
2.08	1.862962963	7.864213053	4.728074117	603.5
2.09	1.868827160	7.837466091	4.744014324	605.4
2.10	1.874691358	7.811063537	4.759972466	607.3
2.11	1.880555556	7.784998929	4.775948521	609.2
2.12	1.886419753	7.759265961	4.791942470	611.1
2.13	1.892283951	7.733858483	4.807954292	613.0
2.14	1.897839506	7.706210906	4.823139854	614.8
2.15	1.903703704	7.681456635	4.839186421	616.7
2.16	1.909567901	7.657009987	4.855250801	618.6
2.17	1.915432099	7.632865385	4.871332973	620.5
2.18	1.920987654	7.606537268	4.886585109	622.3
2.19	1.926851852	7.582999516	4.902701871	624.2
2.20	1.932407407	7.557305929	4.917986740	626.0
2.21	1.938271605	7.534353193	4.934138016	627.9
2.22	1.943827160	7.509271731	4.949455547	629.7
2.23	1.949691358	7.486883191	4.965641260	631.6
2.24	1.955246914	7.462392474	4.980991381	633.4
2.25	1.961111111	7.440548266	4.997211458	635.3
2.26	1.966666667	7.416627885	5.012594098	637.1
2.27	1.972222222	7.392994144	5.027992532	638.9
2.28	1.977777778	7.369642041	5.043406744	640.7
2.29	1.983641975	7.348846959	5.059694401	642.6
2.30	1.989197531	7.326026608	5.075140994	644.4
2.31	1.994753086	7.303473783	5.090603315	646.2
2.32	2.000308642	7.281183912	5.106081347	648.0
2.33	2.005864198	7.259152526	5.121575074	649.8
2.34	2.011419753	7.237375253	5.137084481	651.6

Tablo 18'in devamı

2.35	2.016975309	7.215847818	5.152609549	653.4
2.36	2.022530864	7.194566041	5.168150265	655.2
2.37	2.027777778	7.171375082	5.182841959	656.9
2.38	2.033333333	7.150587686	5.198413052	658.7
2.39	2.038888889	7.130033745	5.213999744	660.5
2.40	2.044444444	7.109709432	5.229602020	662.3
2.41	2.049691358	7.087520686	5.244351797	664.0
2.42	2.055246914	7.067658945	5.259984328	665.8
2.43	2.060802469	7.048015650	5.275632395	667.6
2.44	2.066049383	7.026540443	5.290425378	669.3
2.45	2.071604938	7.007337512	5.306103611	671.1
2.46	2.076851852	6.986323960	5.320925054	672.8
2.47	2.082407407	6.967547242	5.336633394	674.6
2.48	2.087654321	6.946980778	5.351483243	676.3
2.49	2.092901235	6.926639484	5.366346870	678.0
2.50	2.098456790	6.908483363	5.382099830	679.8
2.51	2.103703704	6.888568250	5.396991781	681.5
2.52	2.108950617	6.868867921	5.411897469	683.2
2.53	2.114197531	6.849379001	5.426816882	684.9
2.54	2.119753086	6.832009463	5.442628853	686.7
2.55	2.125000000	6.812920691	5.457576482	688.4
2.56	2.130246914	6.794033761	5.472537796	690.1
2.57	2.135493827	6.775345560	5.487512783	691.8
2.58	2.140740741	6.756853039	5.502501431	693.5
2.59	2.145987654	6.738553208	5.517503725	695.2
2.60	2.151234568	6.720443136	5.532519655	696.9
2.61	2.156481481	6.702519953	5.547549207	698.6
2.62	2.161728395	6.684780843	5.562592368	700.3
2.63	2.166666667	6.665421683	5.576763058	701.9
2.64	2.171913580	6.648053993	5.591832603	703.6
2.65	2.177160494	6.630862124	5.606915720	705.3
2.66	2.182407407	6.613843475	5.622012398	707.0
2.67	2.187345679	6.595239807	5.636233413	708.6
2.68	2.192592593	6.578570972	5.651356379	710.3
2.69	2.197839506	6.562067730	5.666492869	712.0
2.70	2.202777778	6.544004984	5.680751321	713.6
2.71	2.208024691	6.527836357	5.695914030	715.3
2.72	2.212962963	6.510124957	5.710197136	716.9
2.73	2.218209877	6.494281212	5.725386017	718.6
2.74	2.223148148	6.476911117	5.739693735	720.2
2.75	2.228395062	6.461382885	5.754908742	721.9

Tablo 18'in devamı

2.76	2.233333333	6.444344429	5.769241028	723.5
2.77	2.238271605	6.427473438	5.783585210	725.1
2.78	2.243518519	6.412406561	5.798838927	726.8
2.79	2.248456790	6.395853259	5.813207615	728.4
2.80	2.253395062	6.379460469	5.827588168	730.0
2.81	2.258333333	6.363225922	5.841980577	731.6
2.82	2.263271605	6.347147389	5.856384833	733.2
2.83	2.268518519	6.332812790	5.871702323	734.9
2.84	2.273456790	6.317030216	5.886130980	736.5
2.85	2.278395062	6.301397318	5.900571454	738.1
2.86	2.283333333	6.285912023	5.915023733	739.7
2.87	2.288271605	6.270572297	5.929487809	741.3
2.88	2.293209877	6.255376142	5.943963672	742.9
2.89	2.298148148	6.240321596	5.958451311	744.5
2.90	2.303086420	6.225406732	5.972950719	746.1
2.91	2.307716049	6.209113094	5.986554591	747.6
2.92	2.312654321	6.194480704	6.001076770	749.2
2.93	2.317592593	6.179982325	6.015610688	750.8
2.94	2.322530864	6.165616162	6.030156336	752.4
2.95	2.327469136	6.151380455	6.044713703	754.0
2.96	2.332098765	6.135800134	6.058371871	755.5
2.97	2.337037037	6.121828477	6.072951919	757.1
2.98	2.341975309	6.107982085	6.087543658	758.7
2.99	2.346604938	6.092810981	6.101234025	760.2
3.00	2.351543210	6.079218269	6.115848390	761.8
3.01	2.356172840	6.064313916	6.129559952	763.3
3.02	2.361111111	6.050968209	6.144196909	764.9
3.03	2.365740741	6.036323711	6.157929633	766.4
3.04	2.370679012	6.023218562	6.172589146	768.0
3.05	2.375308642	6.008827252	6.186342999	769.5
3.06	2.380246914	5.995956432	6.201025033	771.1
3.07	2.384876543	5.981811870	6.214799983	772.6
3.08	2.389506173	5.967792200	6.228585130	774.1
3.09	2.394444444	5.955265316	6.243300517	775.7
3.10	2.399074074	5.941483051	6.257106712	777.2
3.11	2.403703704	5.927821008	6.270923081	778.7
3.12	2.408641975	5.915624966	6.285671745	780.3
3.13	2.413271605	5.902191445	6.299509114	781.8
3.14	2.417901235	5.888873704	6.313356633	783.3
3.15	2.422530864	5.875670285	6.327214294	784.8
3.16	2.427160494	5.862579754	6.341082090	786.3

Tablo 18'nin devamı

3.17	2.431790123	5.849600703	6.354960014	787.8
3.18	2.436419753	5.836731745	6.368848058	789.3
3.19	2.441049383	5.823971516	6.382746215	790.8
3.20	2.445679012	5.811318673	6.396654477	792.3
3.21	2.450308642	5.798771898	6.410572836	793.8
3.22	2.454938272	5.786329889	6.424501286	795.3
3.23	2.459567901	5.773991370	6.438439819	796.8
3.24	2.464197531	5.761755081	6.452388428	798.3
3.25	2.468827160	5.749619785	6.466347105	799.8
3.26	2.473456790	5.737584263	6.480315843	801.3
3.27	2.478086420	5.725647316	6.494294634	802.8
3.28	2.482407407	5.712569893	6.507350571	804.2
3.29	2.487037037	5.700832871	6.521348779	805.7
3.30	2.491666667	5.689190878	6.535357020	807.2
3.31	2.495987654	5.676423901	6.548440423	808.6
3.32	2.500617284	5.664974732	6.562468039	810.1
3.33	2.505246914	5.653617212	6.576505666	811.6
3.34	2.509567901	5.641149834	6.589616477	813.0
3.35	2.514197531	5.629978361	6.603673439	814.5
3.36	2.518827160	5.618895312	6.617740391	816.0
3.37	2.523148148	5.606717177	6.630878553	817.4
3.38	2.527777778	5.595813708	6.644964799	818.9
3.39	2.532098765	5.583824877	6.658120956	820.3
3.40	2.536419753	5.571932027	6.671285792	821.7
3.41	2.541049383	5.561292940	6.685400597	823.2
3.42	2.545370370	5.549582886	6.698583392	824.6
3.43	2.550000000	5.539113105	6.712717425	826.1
3.44	2.554320988	5.527581706	6.725918154	827.5
3.45	2.558641975	5.516140954	6.739127531	828.9
3.46	2.563271605	5.505920593	6.753290027	830.4
3.47	2.567592593	5.494652462	6.766517302	831.8
3.48	2.571913580	5.483471953	6.779753209	833.2
3.49	2.576234568	5.472378071	6.792997741	834.6
3.50	2.580864198	5.462478879	6.807197877	836.1
3.51	2.585185185	5.451549951	6.820460260	837.5
3.52	2.589506173	5.440704800	6.833731251	838.9
3.53	2.593827160	5.429942486	6.847010844	840.3
3.54	2.598148148	5.419262086	6.860299035	841.7
3.55	2.602469136	5.408662687	6.873595818	843.1
3.56	2.606790123	5.398143393	6.886901187	844.5
3.57	2.611111111	5.387703317	6.900215137	845.9

Tablo 18'in devamı

3.58	2.615432099	5.377341589	6.913537661	847.3
3.59	2.619753086	5.367057347	6.926868755	848.7
3.60	2.624074074	5.356849746	6.940208413	850.1
3.61	2.628395062	5.346717949	6.953556629	851.5
3.62	2.632716049	5.336661133	6.966913398	852.9
3.63	2.637037037	5.326678487	6.980278714	854.3
3.64	2.641358025	5.316769211	6.993652572	855.7
3.65	2.645370370	5.305899328	7.006078798	857.0
3.66	2.649691358	5.296139153	7.019469114	858.4
3.67	2.654012346	5.286449975	7.032867956	859.8
3.68	2.658333333	5.276831037	7.046275318	861.2
3.69	2.662345679	5.266267242	7.058732636	862.5
3.70	2.666666667	5.256791122	7.072156415	863.9
3.71	2.670987654	5.247383000	7.085588706	865.3
3.72	2.675000000	5.237041574	7.098069150	866.6
3.73	2.679320988	5.227771763	7.111517820	868.0
3.74	2.683641975	5.218567801	7.124974978	869.4
3.75	2.687654321	5.208441839	7.137478506	870.7
3.76	2.691975309	5.199371867	7.150952019	872.1
3.77	2.695987654	5.189387348	7.163470726	873.4
3.78	2.700308642	5.180448559	7.176960575	874.8
3.79	2.704320988	5.170602570	7.189494441	876.1
3.80	2.708641975	5.161792233	7.203000606	877.5
3.81	2.712654321	5.152081939	7.215549614	878.8
3.82	2.716975309	5.143397398	7.229072075	880.2
3.83	2.720987654	5.133820039	7.241636205	881.5
3.84	2.725308642	5.125258708	7.255174942	882.9
3.85	2.729320988	5.115811599	7.267754177	884.2
3.86	2.733333333	5.106430717	7.280340678	885.5
3.87	2.737654321	5.098051488	7.293903492	886.9
3.88	2.741666667	5.088796927	7.306505070	888.2
3.89	2.745679012	5.079606617	7.319113902	889.5
3.90	2.749691358	5.070479908	7.331729983	890.8
3.91	2.754012346	5.062336193	7.345324633	892.2
3.92	2.758024691	5.053330783	7.357955755	893.5
3.93	2.762037037	5.044387100	7.370594114	894.8
3.94	2.766049383	5.035504525	7.383239705	896.1
3.95	2.770061728	5.026682447	7.395892523	897.4
3.96	2.774074074	5.017920265	7.408552565	898.7
3.97	2.778086420	5.009217383	7.421219827	900.0
3.98	2.782098765	5.000573215	7.433894303	901.3

Tablo 18'in devamı

3.99	2.786419753	4.992876402	7.447551805	902.7
4.00	2.790432099	4.984344192	7.460241254	904.0
4.01	2.794444444	4.975869007	7.472937906	905.3
4.02	2.798456790	4.967450291	7.485641757	906.6
4.03	2.802160494	4.958213056	7.497374774	907.8
4.04	2.806172840	4.949909258	7.510092456	909.1
4.05	2.810185185	4.941660271	7.522817325	910.4
4.06	2.814197531	4.933465565	7.535549377	911.7
4.07	2.818209877	4.925324617	7.548288607	913.0
4.08	2.822222222	4.917236910	7.561035012	914.3
4.09	2.826234568	4.909201936	7.573788586	915.6
4.10	2.830246914	4.901219190	7.586549328	916.9
4.11	2.833950617	4.892442133	7.598334831	918.1
4.12	2.837962963	4.884565772	7.611109342	919.4
4.13	2.841975309	4.876740141	7.623891007	920.7
4.14	2.845987654	4.868964762	7.636679824	922.0
4.15	2.849691358	4.860406762	7.648491228	923.2
4.16	2.853703704	4.852733786	7.661293784	924.5
4.17	2.857716049	4.845109638	7.674103478	925.8
4.18	2.861419753	4.836711464	7.685934145	927.0
4.19	2.865432099	4.829186849	7.698757556	928.3
4.20	2.869444444	4.821709688	7.711588095	929.6
4.21	2.873148148	4.813466930	7.723437992	930.8
4.22	2.877160494	4.806086536	7.736282226	932.1
4.23	2.880864198	4.797946111	7.748144758	933.3
4.24	2.884876543	4.790660680	7.761002672	934.6
4.25	2.888580247	4.782620714	7.772877824	935.8
4.26	2.892592593	4.775428486	7.785749404	937.1
4.27	2.896296296	4.767487146	7.797637164	938.3
4.28	2.900308642	4.760386403	7.810522395	939.6
4.29	2.904012346	4.752541903	7.822422749	940.8
4.30	2.908024691	4.745530969	7.835321616	942.1
4.31	2.911728395	4.737781564	7.847234552	943.3
4.32	2.915432099	4.730080603	7.859153521	944.5
4.33	2.919444444	4.723202789	7.872072544	945.8
4.34	2.923148148	4.715594361	7.884004075	947.0
4.35	2.926851852	4.708033086	7.895941630	948.2
4.36	2.930864198	4.701284777	7.908880777	949.5
4.37	2.934567901	4.693813563	7.920830874	950.7
4.38	2.938271605	4.686388256	7.932786986	951.9
4.39	2.942283951	4.679765965	7.945746225	953.2

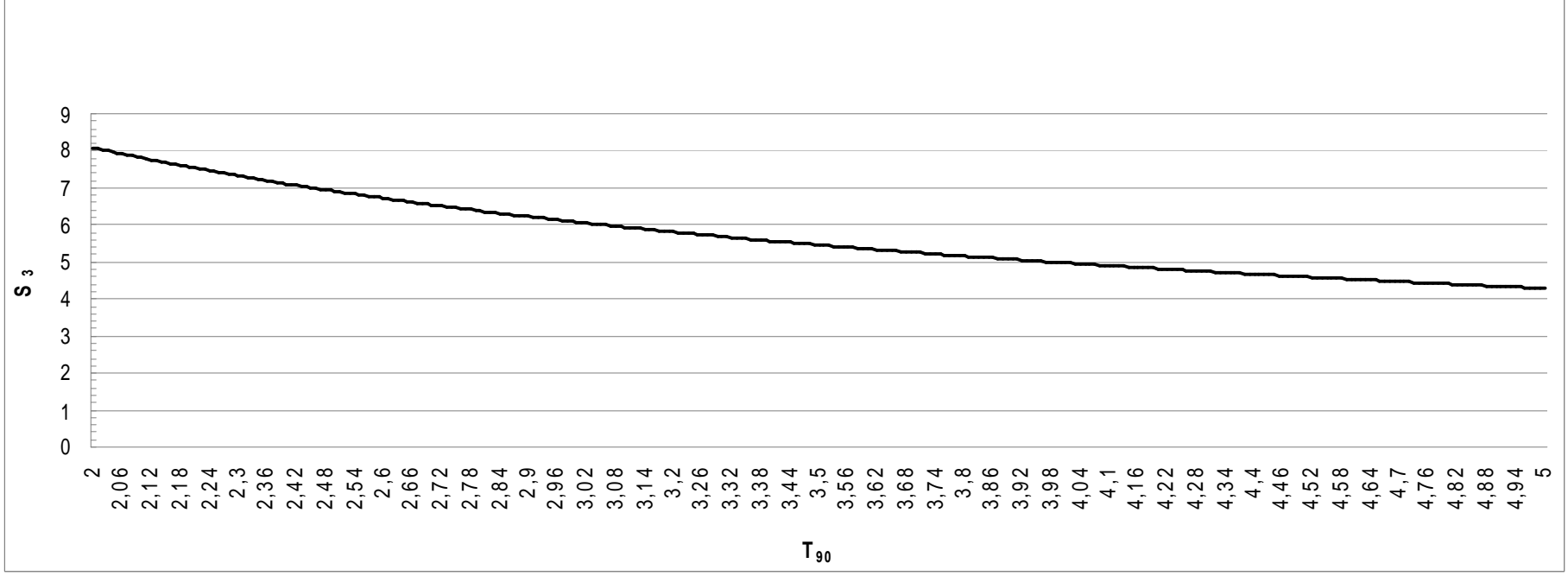
Tablo 18'in devamı

4.40	2.945987654	4.672428332	7.957714859	954.4
4.41	2.949691358	4.665135404	7.969689499	955.6
4.42	2.953395062	4.657886781	7.981670142	956.8
4.43	2.957098765	4.650682071	7.993656785	958.0
4.44	2.960802469	4.643520882	8.005649425	959.2
4.45	2.964814815	4.637143334	8.018648215	960.5
4.46	2.968518519	4.630065254	8.030653339	961.7
4.47	2.972222222	4.623029574	8.042664450	962.9
4.48	2.975925926	4.616035923	8.054681546	964.1
4.49	2.979629630	4.609083933	8.066704623	965.3
4.50	2.983333333	4.602173241	8.078733679	966.5
4.51	2.987037037	4.595303489	8.090768711	967.7
4.52	2.990740741	4.588474320	8.102809715	968.9
4.53	2.994444444	4.581685384	8.114856689	970.1
4.54	2.998148148	4.574936334	8.126909630	971.3
4.55	3.001851852	4.568226826	8.138968535	972.5
4.56	3.005555556	4.561556521	8.151033400	973.7
4.57	3.009259259	4.554925083	8.163104223	974.9
4.58	3.012962963	4.548332182	8.175181001	976.1
4.59	3.016358025	4.541074334	8.186256610	977.2
4.60	3.020061728	4.534560059	8.198344793	978.4
4.61	3.023765432	4.528083329	8.210438923	979.6
4.62	3.027469136	4.521643828	8.222538996	980.8
4.63	3.031172840	4.515241241	8.234645010	982.0
4.64	3.034876543	4.508875260	8.246756961	983.2
4.65	3.038271605	4.501857491	8.257864797	984.3
4.66	3.041975309	4.495566238	8.269988120	985.5
4.67	3.045679012	4.489310665	8.282117373	986.7
4.68	3.049382716	4.483090473	8.294252551	987.9
4.69	3.052777778	4.476227037	8.305381668	989.0
4.70	3.056481481	4.470079106	8.317528197	990.2
4.71	3.060185185	4.463965671	8.329680644	991.4
4.72	3.063580247	4.457215290	8.340825583	992.5
4.73	3.067283951	4.451172326	8.352989364	993.7
4.74	3.070987654	4.445163000	8.365159054	994.9
4.75	3.074382716	4.438522917	8.376319791	996.0
4.76	3.078086420	4.432582330	8.388500800	997.2
4.77	3.081481481	4.426015079	8.399671908	998.3
4.78	3.085185185	4.420142098	8.411864223	999.5
4.79	3.088580247	4.413646498	8.423045692	1000.6
4.80	3.092283951	4.407840014	8.435249304	1001.8

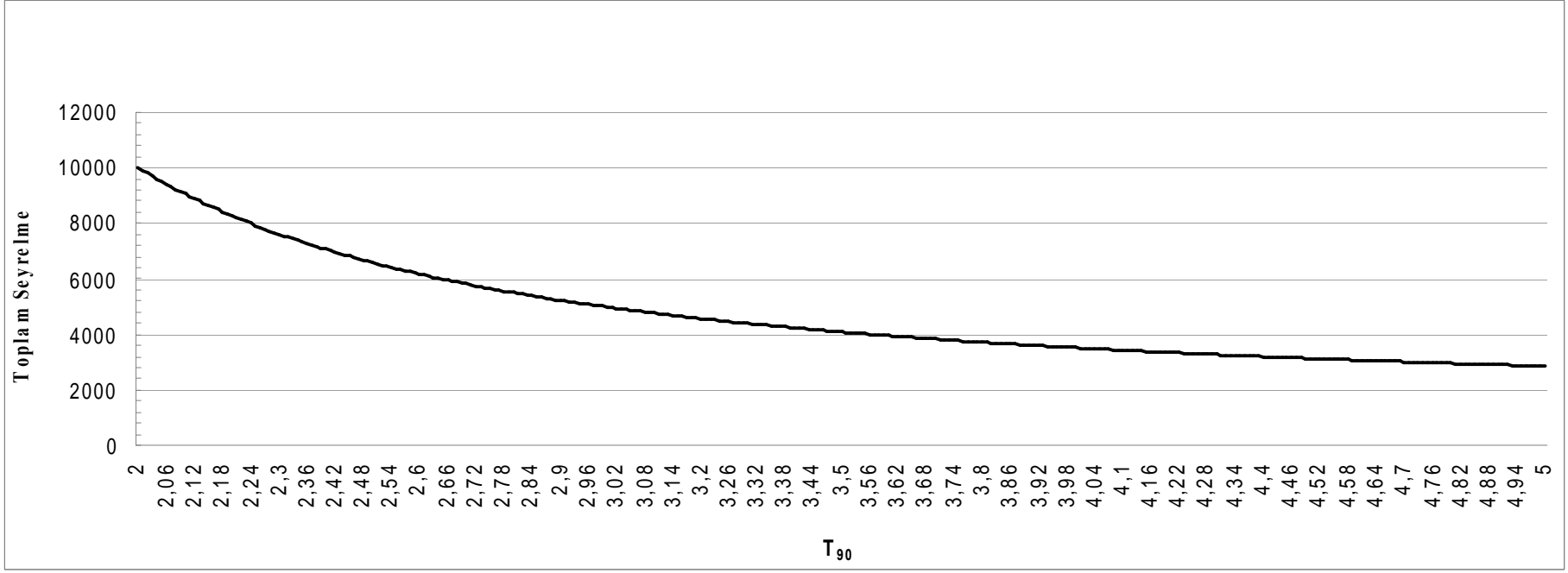


Tablo 18'in devamı

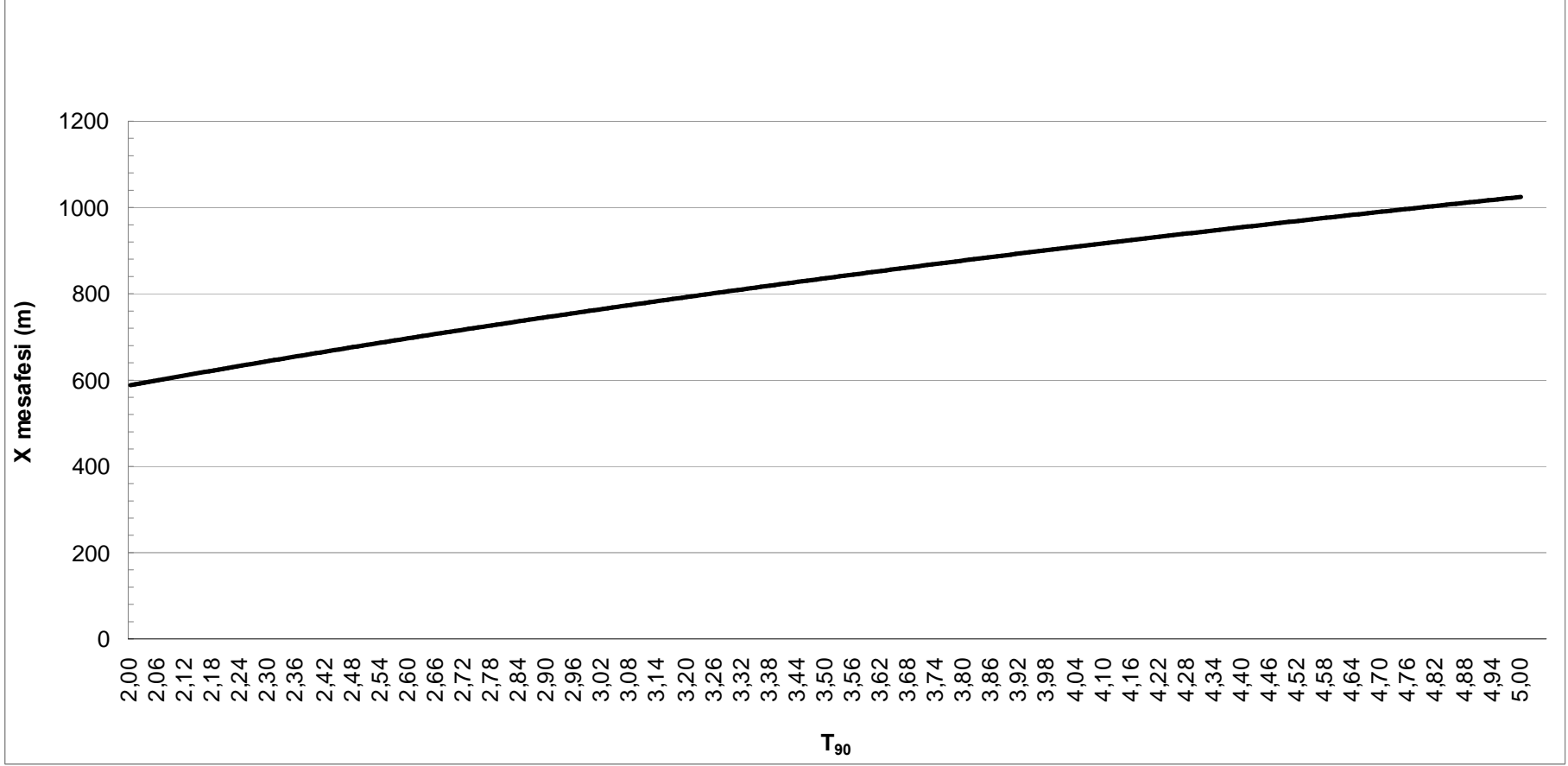
4.81	3.095679012	4.401414909	8.446441124	1002.9
4.82	3.099382716	4.395673836	8.458656023	1004.1
4.83	3.102777778	4.389318095	8.469858183	1005.2
4.84	3.106481481	4.383641370	8.482084359	1006.4
4.85	3.109876543	4.377353885	8.493296851	1007.5
4.86	3.113580247	4.371740468	8.505534292	1008.7
4.87	3.116975309	4.365520155	8.516757106	1009.8
4.88	3.120370370	4.359334132	8.527984853	1010.9
4.89	3.124074074	4.353814825	8.540238929	1012.1
4.90	3.127469136	4.347694374	8.551476984	1013.2
4.91	3.130864198	4.341607406	8.562719966	1014.3
4.92	3.134567901	4.336179950	8.574990654	1015.5
4.93	3.137962963	4.330157006	8.586243930	1016.6
4.94	3.141358025	4.324166761	8.597502126	1017.7
4.95	3.145061728	4.318828969	8.609789403	1018.9
4.96	3.148456790	4.312901247	8.621057879	1020.0
4.97	3.151851852	4.307005466	8.632331269	1021.1
4.98	3.155246914	4.301141374	8.643609569	1022.2
4.99	3.158641975	4.295308722	8.654892779	1023.3
5.00	3.162345679	4.290116994	8.667207331	1024.5



Şekil 38. Sürmene deniz deşarjı projesinde  $T_{90}$   $S_3$  ilişkisi



Şekil 39. Sürmene deniz deşarjı projesinde T<sub>90</sub> toplam seyrelme ilişkisi



Şekil 40. Sürmene deniz deşarjı projesinde T<sub>90</sub> x mesafesi ilişkisi

Tablo 19. Vakfıkebir deniz deşarjı projesinde  $T_{90}$ 'ın 2'den 5'e çıkması durumunda üçüncü ve toplam seyrelme değerlerinin değişimleri

$S_1$ 134	$S_2$ 4.40945	X 884.4
$T_{90}$	$S_3$	TOPLAM SEYRELME
2.00	16.92280002	9999.111059
2.01	16.68631432	9859.379647
2.02	16.45542604	9722.955560
2.03	16.22996041	9589.735530
2.04	16.00974931	9459.620231
2.05	15.79463103	9332.514104
2.06	15.58444993	9208.325186
2.07	15.37905618	9086.964955
2.08	15.17830553	8968.348176
2.09	14.98205905	8852.392761
2.10	14.79018291	8739.019629
2.11	14.60254814	8628.152579
2.12	14.41903044	8519.718168
2.13	14.23950998	8413.645590
2.14	14.06387121	8309.866569
2.15	13.89200266	8208.315251
2.16	13.72379682	8108.928100
2.17	13.55914993	8011.643810
2.18	13.39796182	7916.403203
2.19	13.24013583	7823.149150
2.20	13.08557857	7731.826484
2.21	12.93419987	7642.381923
2.22	12.78591261	7554.763990
2.23	12.64063261	7468.922946
2.24	12.49827852	7384.810718
2.25	12.35877167	7302.380833
2.26	12.22203603	7221.588358
2.27	12.08799804	7142.389837
2.28	11.95658657	7064.743236
2.29	11.82773278	6988.607886
2.30	11.70137008	6913.944433
2.31	11.57743399	6840.714785
2.32	11.45586212	6768.882068
2.33	11.33659402	6698.410578
2.34	11.21957118	6629.265735
2.35	11.10473692	6561.414047
2.36	10.99203631	6494.823064
2.37	10.88141614	6429.461342
2.38	10.77282484	6365.298407
2.39	10.66621240	6302.304719
2.40	10.56153036	6240.451636

Tablo 19'un devamı

2.41	10.45873171	6179.711385
2.42	10.35777087	6120.057031
2.43	10.25860360	6061.462443
2.44	10.16118701	6003.902270
2.45	10.06547946	5947.351912
2.46	9.971440548	5891.787492
2.47	9.879031040	5837.185834
2.48	9.788212856	5783.524436
2.49	9.698949018	5730.781448
2.50	9.611203611	5678.935651
2.51	9.524941751	5627.966430
2.52	9.440129547	5577.853763
2.53	9.356734067	5528.578190
2.54	9.274723312	5480.120804
2.55	9.194066175	5432.463226
2.56	9.114732419	5385.587589
2.57	9.036692647	5339.476523
2.58	8.959918272	5294.113137
2.59	8.884381490	5249.481004
2.60	8.810055260	5205.564144
2.61	8.736913273	5162.347014
2.62	8.664929931	5119.814488
2.63	8.594080325	5077.951848
2.64	8.524340213	5036.744771
2.65	8.455685996	4996.179313
2.66	8.388094701	4956.241899
2.67	8.321543960	4916.919314
2.68	8.256011992	4878.198687
2.69	8.191477581	4840.067483
2.70	8.127920066	4802.513493
2.71	8.065319314	4765.524823
2.72	8.003655714	4729.089884
2.73	7.942910152	4693.197383
2.74	7.883064004	4657.836315
2.75	7.824099115	4622.995953
2.76	7.765997787	4588.665841
2.77	7.708742767	4554.835783
2.78	7.652317231	4521.495839
2.79	7.596704772	4488.636315
2.80	7.541889390	4456.247757
2.81	7.487855478	4424.320942
2.82	7.434587809	4392.846876
2.83	7.382071528	4361.816779
2.84	7.330292140	4331.222087
2.85	7.279235499	4301.054442
2.86	7.228887800	4271.305687

Tablo 19'un devamı

2.87	7.179235565	4241.967858
2.88	7.130265639	4213.033183
2.89	7.081965178	4184.494071
2.90	7.034321639	4156.343113
2.91	6.987322775	4128.573071
2.92	6.940956623	4101.176877
2.93	6.895211499	4074.147629
2.94	6.850075990	4047.478580
2.95	6.805538944	4021.163144
2.96	6.761589466	3995.194882
2.97	6.718216910	3969.567503
2.98	6.675410869	3944.274859
2.99	6.633161174	3919.310941
3.00	6.591457884	3894.669875
3.01	6.550291281	3870.345919
3.02	6.509651863	3846.333460
3.03	6.469530341	3822.627007
3.04	6.429917628	3799.221193
3.05	6.390804842	3776.110768
3.06	6.352183291	3753.290598
3.07	6.314044475	3730.755659
3.08	6.276380078	3708.501039
3.09	6.239181964	3686.521930
3.10	6.202442174	3664.813629
3.11	6.166152918	3643.371533
3.12	6.130306571	3622.191137
3.13	6.094895673	3601.268033
3.14	6.059912922	3580.597907
3.15	6.025351166	3560.176533
3.16	5.991203409	3539.999776
3.17	5.957462797	3520.063588
3.18	5.924122620	3500.364003
3.19	5.891176307	3480.897139
3.20	5.858617424	3461.659195
3.21	5.826439668	3442.646445
3.22	5.794636864	3423.855243
3.23	5.763202967	3405.282014
3.24	5.732132049	3386.923258
3.25	5.701418308	3368.775546
3.26	5.671056055	3350.835515
3.27	5.641039715	3333.099874
3.28	5.611363827	3315.565394
3.29	5.582023037	3298.228911
3.30	5.553012097	3281.087327
3.31	5.524325863	3264.137600
3.32	5.495959293	3247.376752

Tablo 19'un devamı

3.33	5.467907443	3230.801861
3.34	5.440165465	3214.410063
3.35	5.412728605	3198.198549
3.36	5.385592204	3182.164566
3.37	5.358751689	3166.305412
3.38	5.332202576	3150.618438
3.39	5.305940469	3135.101045
3.40	5.279961052	3119.750685
3.41	5.254260095	3104.564857
3.42	5.228833444	3089.541108
3.43	5.203677027	3074.677031
3.44	5.178786845	3059.970263
3.45	5.154158977	3045.418487
3.46	5.129789572	3031.019429
3.47	5.105674853	3016.770856
3.48	5.081811112	3002.670577
3.49	5.058194707	2988.716441
3.50	5.034822067	2974.906337
3.51	5.011689683	2961.238192
3.52	4.988794111	2947.709972
3.53	4.966131969	2934.319678
3.54	4.943699937	2921.065348
3.55	4.921494755	2907.945056
3.56	4.899513220	2894.956909
3.57	4.877752187	2882.099049
3.58	4.856208568	2869.369652
3.59	4.834879328	2856.766924
3.60	4.813761486	2844.289105
3.61	4.792852115	2831.934464
3.62	4.772148339	2819.701301
3.63	4.75164733	2807.587948
3.64	4.731346312	2795.592762
3.65	4.711242556	2783.714131
3.66	4.691333380	2771.950471
3.67	4.671616149	2760.300226
3.68	4.652088273	2748.761863
3.69	4.632747206	2737.333880
3.70	4.613590446	2726.014797
3.71	4.594615532	2714.803161
3.72	4.575820047	2703.697544
3.73	4.557201614	2692.696540
3.74	4.538757894	2681.798769
3.75	4.520486589	2671.002872
3.76	4.502385441	2660.307515
3.77	4.484452226	2649.711384
3.78	4.466684759	2639.213187



Tablo 19'un devamı

3.79	4.449080891	2628.811656
3.80	4.431638508	2618.505541
3.81	4.414355532	2608.293614
3.82	4.397229916	2598.174666
3.83	4.380259649	2588.147508
3.84	4.363442752	2578.210972
3.85	4.346777278	2568.363906
3.86	4.330261311	2558.605179
3.87	4.313892967	2548.933677
3.88	4.297670390	2539.348305
3.89	4.281591757	2529.847983
3.90	4.265655271	2520.431651
3.91	4.249859164	2511.098265
3.92	4.234201698	2501.846797
3.93	4.218681160	2492.676235
3.94	4.203295865	2483.585584
3.95	4.188044154	2474.573864
3.96	4.172924395	2465.640109
3.97	4.157934981	2456.783370
3.98	4.143074328	2448.002712
3.99	4.128340879	2439.297214
4.00	4.113733100	2430.665971
4.01	4.099249480	2422.108089
4.02	4.084888532	2413.622690
4.03	4.070648792	2405.208908
4.04	4.056528817	2396.865892
4.05	4.042527186	2388.592801
4.06	4.028642502	2380.388810
4.07	4.014873385	2372.253104
4.08	4.001218478	2364.184881
4.09	3.987676446	2356.183351
4.10	3.974245970	2348.247736
4.11	3.960925754	2340.377271
4.12	3.947714519	2332.571198
4.13	3.934611007	2324.828775
4.14	3.921613976	2317.149268
4.15	3.908722204	2309.531956
4.16	3.895934487	2301.976126
4.17	3.883249638	2294.481077
4.18	3.870666487	2287.046118
4.19	3.858183881	2279.670567
4.20	3.845800685	2272.353755
4.21	3.833515779	2265.095019
4.22	3.821328060	2257.893707
4.23	3.809236439	2250.749177
4.24	3.797239845	2243.660794

Tablo 19'un devamı

4.25	3.785337221	2236.627936
4.26	3.773527525	2229.649985
4.27	3.761809730	2222.726336
4.28	3.750182823	2215.856389
4.29	3.738645806	2209.039556
4.30	3.727197696	2202.275254
4.31	3.715837520	2195.562910
4.32	3.704564323	2188.901958
4.33	3.693377161	2182.291842
4.34	3.682275102	2175.732010
4.35	3.671257230	2169.221922
4.36	3.660322639	2162.761041
4.37	3.649470437	2156.348842
4.38	3.638699744	2149.984802
4.39	3.628009690	2143.668411
4.40	3.617399420	2137.399161
4.41	3.606868089	2131.176553
4.42	3.596414863	2125.000094
4.43	3.586038920	2118.869300
4.44	3.575739449	2112.783691
4.45	3.565515650	2106.742793
4.46	3.555366734	2100.746141
4.47	3.545291921	2094.793274
4.48	3.535290443	2088.883739
4.49	3.525361542	2083.017086
4.50	3.515504469	2077.192875
4.51	3.505718486	2071.410668
4.52	3.496002864	2065.670035
4.53	3.486356884	2059.970551
4.54	3.476779837	2054.311798
4.55	3.467271022	2048.693360
4.56	3.457829748	2043.114830
4.57	3.448455332	2037.575804
4.58	3.439147101	2032.075884
4.59	3.429904390	2026.614679
4.60	3.420726543	2021.191799
4.61	3.411612911	2015.806862
4.62	3.402562857	2010.459490
4.63	3.393575747	2005.149310
4.64	3.384650959	1999.875955
4.65	3.375787878	1994.639059
4.66	3.366985895	1989.438265
4.67	3.358244412	1984.273217
4.68	3.349562835	1979.143567
4.69	3.340940579	1974.048967
4.70	3.332377068	1968.989077

Tablo 19'un devamı

4.71	3.323871730	1963.963560
4.72	3.315424002	1958.972083
4.73	3.307033328	1954.014318
4.74	3.298699159	1949.089939
4.75	3.290420953	1944.198626
4.76	3.282198172	1939.340062
4.77	3.274030288	1934.513936
4.78	3.265916778	1929.719937
4.79	3.257857126	1924.957760
4.80	3.249850821	1920.227105
4.81	3.241897360	1915.527674
4.82	3.233996245	1910.859171
4.83	3.226146983	1906.221308
4.84	3.218349090	1901.613796
4.85	3.210602085	1897.036352
4.86	3.202905494	1892.488696
4.87	3.195258848	1887.970552
4.88	3.187661684	1883.481644
4.89	3.180113545	1879.021704
4.90	3.172613980	1874.590464
4.91	3.165162540	1870.187660
4.92	3.157758786	1865.813031
4.93	3.150402280	1861.466320
4.94	3.143092592	1857.147272
4.95	3.135829295	1852.855636
4.96	3.128611970	1848.591162
4.97	3.121440199	1844.353605
4.98	3.114313571	1840.142721
4.99	3.107231680	1835.958271
5.00	3.100194125	1831.800017

Tablo 20. Vakfikebir deniz deşarjı projesinde  $T_{90}$ 'ın 2'den 5'e çıkması durumunda üçüncü ve toplam seyrelme değerlerinin değişimleri

Sabit	$T_{90}$			Sabit
$S_1$	Başlangıç Değeri	Bitiş Değeri	Adım	$10000/S_1$
134.00	2.00	5.00	0.0100	74.627
$T_{90}$	t	$S_3$	$S_2$	X(m)
2.00	2.456944444	16.92280002	4.409449483	884.4
2.01	2.465833333	16.85709572	4.426208683	887.6
2.02	2.474722222	16.79229329	4.442989158	890.8
2.03	2.483611111	16.72837476	4.459790881	894.0
2.04	2.492777778	16.67054857	4.477139883	897.3
2.05	2.501388889	16.60311981	4.493457958	900.4
2.06	2.510277778	16.54174972	4.510323257	903.6
2.07	2.519166667	16.48119614	4.527209692	906.8
2.08	2.528055556	16.42144329	4.544117236	910.0
2.09	2.536944444	16.36247577	4.561045862	913.2
2.10	2.545555556	16.29931347	4.577465546	916.3
2.11	2.554444444	16.24191291	4.594435598	919.5
2.12	2.563055556	16.18037079	4.610895362	922.6
2.13	2.571944444	16.12447765	4.627906734	925.8
2.14	2.580555556	16.06449516	4.644406478	928.9
2.15	2.589444444	16.01005282	4.661459067	932.1
2.16	2.598055556	15.95157235	4.677998690	935.2
2.17	2.606666667	15.89384153	4.694557899	938.3
2.18	2.615277778	15.83684643	4.711136671	941.4
2.19	2.624166667	15.78518294	4.728270736	944.6
2.20	2.632777778	15.72958164	4.744889192	947.7
2.21	2.641388889	15.67467671	4.761527138	950.8
2.22	2.649722222	15.61595571	4.777646912	953.8
2.23	2.658333333	15.56244136	4.794323142	956.9
2.24	2.666944444	15.50958576	4.811018793	960.0
2.25	2.675555556	15.45737711	4.827733843	963.1
2.26	2.684166667	15.40580391	4.844468267	966.2
2.27	2.692500000	15.35052906	4.860681297	969.2
2.28	2.701111111	15.30022635	4.877453779	972.3
2.29	2.709444444	15.24626671	4.893703596	975.3
2.30	2.718055556	15.19718971	4.910514047	978.4
2.31	2.726388889	15.14449968	4.926800565	981.4
2.32	2.735000000	15.09660564	4.943648897	984.5
2.33	2.743333333	15.04514163	4.959972031	987.5
2.34	2.751666667	14.99429068	4.976313144	990.5
2.35	2.760000000	14.94404219	4.992672213	993.5

Tablo 20'nin devamı

2.36	2.768611111	14.89842302	5.009595427	996.6
2.37	2.776944444	14.84931830	5.025990947	999.6
2.38	2.785277778	14.80078604	5.042404362	1002.6
2.39	2.793611111	14.75281655	5.058835654	1005.6
2.40	2.801944444	14.70540033	5.075284802	1008.6
2.41	2.810000000	14.6546383	5.091202599	1011.5
2.42	2.818333333	14.60832933	5.107686805	1014.5
2.43	2.826666667	14.56254604	5.124188810	1017.5
2.44	2.835000000	14.51727975	5.140708592	1020.5
2.45	2.843055556	14.46874421	5.156694595	1023.4
2.46	2.851388889	14.42451350	5.173249283	1026.4
2.47	2.859722222	14.38077450	5.189821691	1029.4
2.48	2.867777778	14.33382200	5.205858512	1032.3
2.49	2.876111111	14.29106858	5.222465713	1035.3
2.50	2.884166667	14.24513819	5.238536131	1038.2
2.51	2.892222222	14.19971964	5.254623036	1041.1
2.52	2.900555556	14.15839777	5.271281995	1044.1
2.53	2.908611111	14.11395279	5.287402391	1047.0
2.54	2.916666667	14.06999565	5.303539222	1049.9
2.55	2.924722222	14.02651857	5.319692473	1052.8
2.56	2.932777778	13.98351393	5.335862124	1055.7
2.57	2.940833333	13.94097428	5.352048161	1058.6
2.58	2.948888889	13.89889229	5.368250565	1061.5
2.59	2.956944444	13.85726083	5.384469319	1064.4
2.60	2.965000000	13.81607288	5.400704408	1067.3
2.61	2.973055556	13.77532156	5.416955814	1070.2
2.62	2.981111111	13.73500015	5.433223521	1073.1
2.63	2.989166667	13.69510204	5.449507512	1076.0
2.64	2.996944444	13.65231276	5.465245422	1078.8
2.65	3.005000000	13.61326392	5.481561371	1081.7
2.66	3.013055556	13.57461911	5.497893556	1084.6
2.67	3.020833333	13.53312995	5.513677951	1087.4
2.68	3.028888889	13.49529621	5.530041998	1090.3
2.69	3.036666667	13.45464882	5.545857126	1093.1
2.70	3.044722222	13.41760174	5.562252973	1096.0
2.71	3.052500000	13.37777120	5.578098774	1098.8
2.72	3.060277778	13.33835046	5.593959621	1101.6
2.73	3.068333333	13.30244965	5.610402772	1104.5
2.74	3.076111111	13.26380990	5.626294202	1107.3
2.75	3.083888889	13.22556217	5.642200633	1110.1
2.76	3.091666667	13.18770070	5.658122051	1112.9

Tablo 20'nin devamı

2.77	3.099444444	13.15021982	5.674058443	1115.7
2.78	3.107222222	13.11311396	5.690009792	1118.5
2.79	3.115000000	13.07637767	5.705976086	1121.3
2.80	3.122777778	13.04000560	5.721957310	1124.1
2.81	3.130555556	13.00399249	5.737953450	1126.9
2.82	3.138333333	12.96833321	5.753964492	1129.7
2.83	3.146111111	12.93302268	5.769990421	1132.5
2.84	3.153888889	12.89805595	5.786031225	1135.3
2.85	3.161666667	12.86342815	5.802086888	1138.1
2.86	3.169166667	12.82626573	5.817583195	1140.8
2.87	3.176944444	12.79231909	5.833668006	1143.6
2.88	3.184722222	12.75869710	5.849767636	1146.4
2.89	3.192222222	12.72257921	5.865306301	1149.1
2.90	3.200000000	12.68961003	5.881434999	1151.9
2.91	3.207500000	12.65417036	5.897001668	1154.6
2.92	3.215277778	12.62183582	5.913159381	1157.4
2.93	3.222777778	12.58705576	5.928754003	1160.1
2.94	3.230277778	12.55260717	5.944362329	1162.8
2.95	3.238055556	12.52119996	5.960563202	1165.6
2.96	3.245555556	12.48738413	5.976199406	1168.3
2.97	3.253055556	12.45388643	5.991849277	1171.0
2.98	3.260555556	12.42070250	6.007512803	1173.7
2.99	3.268055556	12.38782807	6.023189971	1176.4
3.00	3.275833333	12.35789339	6.039462173	1179.2
3.01	3.283333333	12.32560984	6.055167096	1181.9
3.02	3.290833333	12.29362359	6.070885626	1184.6
3.03	3.298333333	12.26193066	6.086617750	1187.3
3.04	3.305833333	12.23052713	6.102363457	1190.0
3.05	3.313055556	12.19685113	6.117538816	1192.6
3.06	3.320555556	12.16602976	6.133311151	1195.3
3.07	3.328055556	12.13548630	6.149097034	1198.0
3.08	3.335555556	12.10521711	6.164896453	1200.7
3.09	3.343055556	12.07521861	6.180709396	1203.4
3.10	3.350277778	12.04300224	6.195949446	1206.0
3.11	3.357777778	12.01354864	6.211788904	1208.7
3.12	3.365277778	11.98435520	6.227641851	1211.4
3.13	3.372500000	11.95297575	6.242920391	1214.0
3.14	3.380000000	11.92430624	6.258799785	1216.7
3.15	3.387222222	11.89347166	6.274103770	1219.3
3.16	3.394722222	11.86531259	6.290009566	1222.0
3.17	3.401944444	11.83500905	6.305338954	1224.6

Tablo 20'nin devamı

3.18	3.409166667	11.80497277	6.320680788	1227.2
3.19	3.416666667	11.77756152	6.336625856	1229.9
3.20	3.423888889	11.74803625	6.351993030	1232.5
3.21	3.431111111	11.71876826	6.367372620	1235.1
3.22	3.438611111	11.69207653	6.383356862	1237.8
3.23	3.445833333	11.66330051	6.398761728	1240.4
3.24	3.453055556	11.63477228	6.414178980	1243.0
3.25	3.460277778	11.60648875	6.429608605	1245.6
3.26	3.467500000	11.57844686	6.445050596	1248.2
3.27	3.474722222	11.55064361	6.460504941	1250.8
3.28	3.481944444	11.52307605	6.475971632	1253.4
3.29	3.489166667	11.49574127	6.491450656	1256.0
3.30	3.496388889	11.46863641	6.506942006	1258.6
3.31	3.503611111	11.44175866	6.522445671	1261.2
3.32	3.510833333	11.41510524	6.537961641	1263.8
3.33	3.518055556	11.38867343	6.553489907	1266.4
3.34	3.525000000	11.36028486	6.568432517	1268.9
3.35	3.532222222	11.33429973	6.583984872	1271.5
3.36	3.539444444	11.30852818	6.599549493	1274.1
3.37	3.546388889	11.28082642	6.614527033	1276.6
3.38	3.553611111	11.25548553	6.630115687	1279.2
3.39	3.560833333	11.23035057	6.645716578	1281.8
3.40	3.567777778	11.20331134	6.660728967	1284.3
3.41	3.575000000	11.17859178	6.676353835	1286.9
3.42	3.581944444	11.15198500	6.691389260	1289.4
3.43	3.589166667	11.12767098	6.707038067	1292.0
3.44	3.596111111	11.10148655	6.722096493	1294.5
3.45	3.603055556	11.07551499	6.737166181	1297.0
3.46	3.610277778	11.05179661	6.752850594	1299.6
3.47	3.617222222	11.02623269	6.767943231	1302.1
3.48	3.624166667	11.00087432	6.783047103	1304.6
3.49	3.631388889	10.97773077	6.798767042	1307.2
3.50	3.638333333	10.95276601	6.813893810	1309.7
3.51	3.645277778	10.92799978	6.829031790	1312.2
3.52	3.652222222	10.90342979	6.844180972	1314.7
3.53	3.659166667	10.87905378	6.859341348	1317.2
3.54	3.666111111	10.85486953	6.874512910	1319.7
3.55	3.673055556	10.83087483	6.889695650	1322.2
3.56	3.680000000	10.80706753	6.904889559	1324.7
3.57	3.686944444	10.78344549	6.920094629	1327.2
3.58	3.693888889	10.76000663	6.935310851	1329.7

Tablo 20'nin devamı

3.59	3.700833333	10.73674886	6.950538218	1332.2
3.60	3.707777778	10.71367016	6.965776722	1334.7
3.61	3.714722222	10.69076851	6.981026353	1337.2
3.62	3.721666667	10.66804194	6.996287105	1339.7
3.63	3.728333333	10.64361293	7.010947880	1342.1
3.64	3.735277778	10.62123979	7.026230403	1344.6
3.65	3.742222222	10.59903588	7.041524022	1347.1
3.66	3.748888889	10.57515111	7.056216328	1349.5
3.67	3.755833333	10.55328895	7.071531671	1352.0
3.68	3.762777778	10.53159043	7.086858094	1354.5
3.69	3.769444444	10.50823217	7.101581861	1356.9
3.70	3.776388889	10.48686424	7.116929954	1359.4
3.71	3.783055556	10.46385046	7.131674518	1361.8
3.72	3.790000000	10.44280586	7.147044258	1364.3
3.73	3.796666667	10.42012913	7.161809588	1366.7
3.74	3.803333333	10.39762251	7.176585078	1369.1
3.75	3.810277778	10.37705394	7.191987011	1371.6
3.76	3.816944444	10.35487353	7.206783225	1374.0
3.77	3.823611111	10.33285783	7.221589577	1376.4
3.78	3.830555556	10.31274990	7.237023635	1378.9
3.79	3.837222222	10.29105002	7.251850667	1381.3
3.80	3.843888889	10.26950966	7.266687818	1383.7
3.81	3.850555556	10.24812709	7.281535079	1386.1
3.82	3.857222222	10.22690066	7.296392444	1388.5
3.83	3.864166667	10.20753319	7.311879604	1391.0
3.84	3.870833333	10.18660612	7.326757577	1393.4
3.85	3.877500000	10.16583033	7.341645634	1395.8
3.86	3.884166667	10.14520424	7.356543768	1398.2
3.87	3.890833333	10.12472626	7.371451970	1400.6
3.88	3.897500000	10.10439486	7.386370236	1403.0
3.89	3.904166667	10.08420850	7.401298558	1405.4
3.90	3.910555556	10.06251528	7.415614296	1407.7
3.91	3.917222222	10.04262198	7.430562291	1410.1
3.92	3.923888889	10.02286922	7.445520321	1412.5
3.93	3.930555556	10.00325553	7.460488381	1414.9
3.94	3.937222222	9.98377949	7.475466463	1417.3
3.95	3.943611111	9.962826328	7.489829857	1419.6
3.96	3.950277778	9.943628567	7.504827546	1422.0
3.97	3.956944444	9.924564235	7.519835238	1424.4
3.98	3.963333333	9.904040219	7.534226990	1426.7
3.99	3.970000000	9.885245709	7.549254251	1429.1



Tablo 20'nin devamı

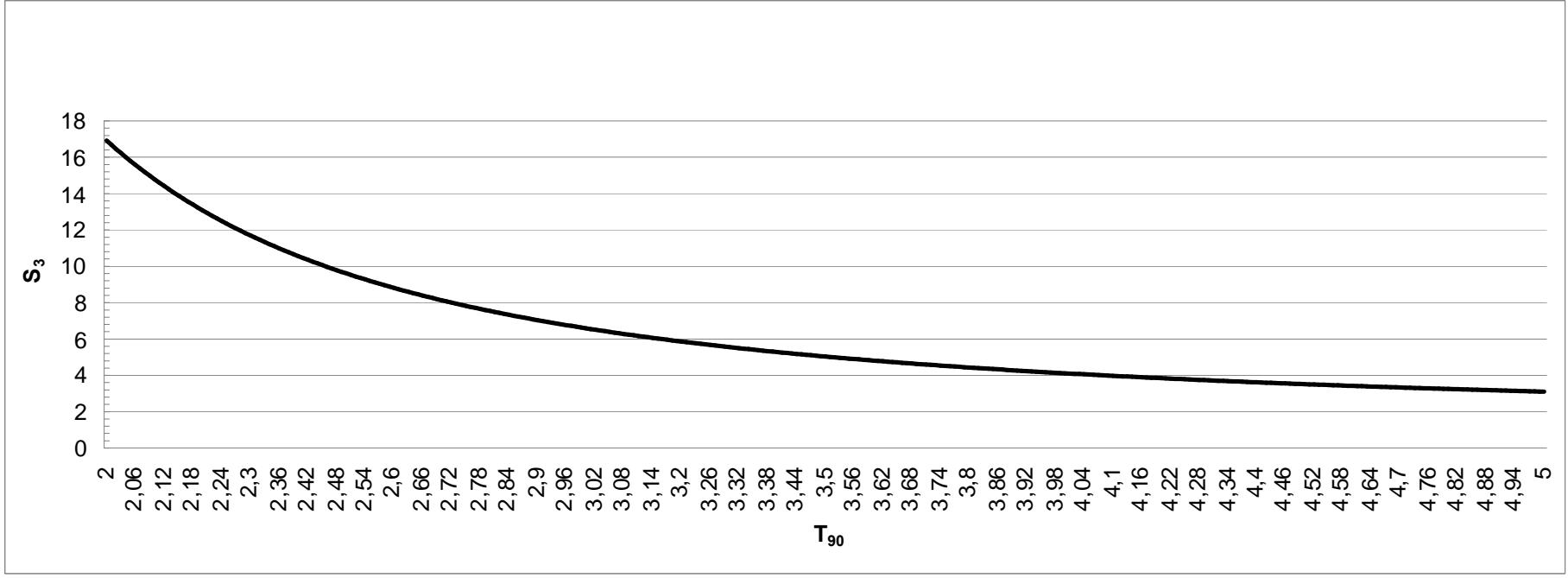
4.00	3.976666667	9.866580570	7.564291494	1431.5
4.01	3.983055556	9.846472837	7.578711547	1433.8
4.02	3.989722222	9.828069399	7.593768321	1436.2
4.03	3.996111111	9.808234631	7.608207078	1438.5
4.04	4.002777778	9.790087619	7.623283357	1440.9
4.05	4.009166667	9.770520392	7.637740794	1443.2
4.06	4.015833333	9.752624669	7.652836552	1445.6
4.07	4.022222222	9.733319696	7.667312644	1447.9
4.08	4.028611111	9.714147289	7.681797858	1450.2
4.09	4.035277778	9.696622392	7.696922581	1452.6
4.10	4.041666667	9.677704512	7.711426414	1454.9
4.11	4.048055556	9.658915329	7.725939351	1457.2
4.12	4.054444444	9.640253570	7.740461384	1459.5
4.13	4.061111111	9.623208193	7.755624504	1461.9
4.14	4.067500000	9.604791081	7.770165110	1464.2
4.15	4.073888889	9.586497718	7.784714796	1466.5
4.16	4.080277778	9.568326895	7.799273556	1468.8
4.17	4.086666667	9.550277418	7.813841385	1471.1
4.18	4.093055556	9.532348105	7.828418277	1473.4
4.19	4.099444444	9.514537794	7.843004227	1475.7
4.20	4.105833333	9.496845333	7.857599228	1478.0
4.21	4.112222222	9.479269587	7.872203275	1480.3
4.22	4.118611111	9.461809436	7.886816362	1482.6
4.23	4.125000000	9.444463770	7.901438484	1484.9
4.24	4.131388889	9.427231499	7.916069635	1487.2
4.25	4.137777778	9.410111540	7.930709810	1489.5
4.26	4.144166667	9.393102828	7.945359003	1491.8
4.27	4.150555556	9.376204310	7.960017208	1494.1
4.28	4.156666667	9.358016371	7.974046529	1496.3
4.29	4.163055556	9.341340879	7.988722351	1498.6
4.30	4.169444444	9.324772456	8.003407169	1500.9
4.31	4.175833333	9.308310098	8.018100978	1503.2
4.32	4.181944444	9.290577179	8.032164333	1505.4
4.33	4.188333333	9.274329575	8.046875716	1507.7
4.34	4.194722222	9.258185062	8.061596074	1510.0
4.35	4.200833333	9.240783859	8.075684808	1512.2
4.36	4.207222222	9.224848135	8.090422707	1514.5
4.37	4.213333333	9.207664875	8.104528211	1516.7
4.38	4.219722222	9.191934057	8.119283632	1519.0
4.39	4.225833333	9.174964741	8.133405886	1521.2
4.40	4.232222222	9.159435039	8.148178808	1523.5

Tablo 20'nin devamı

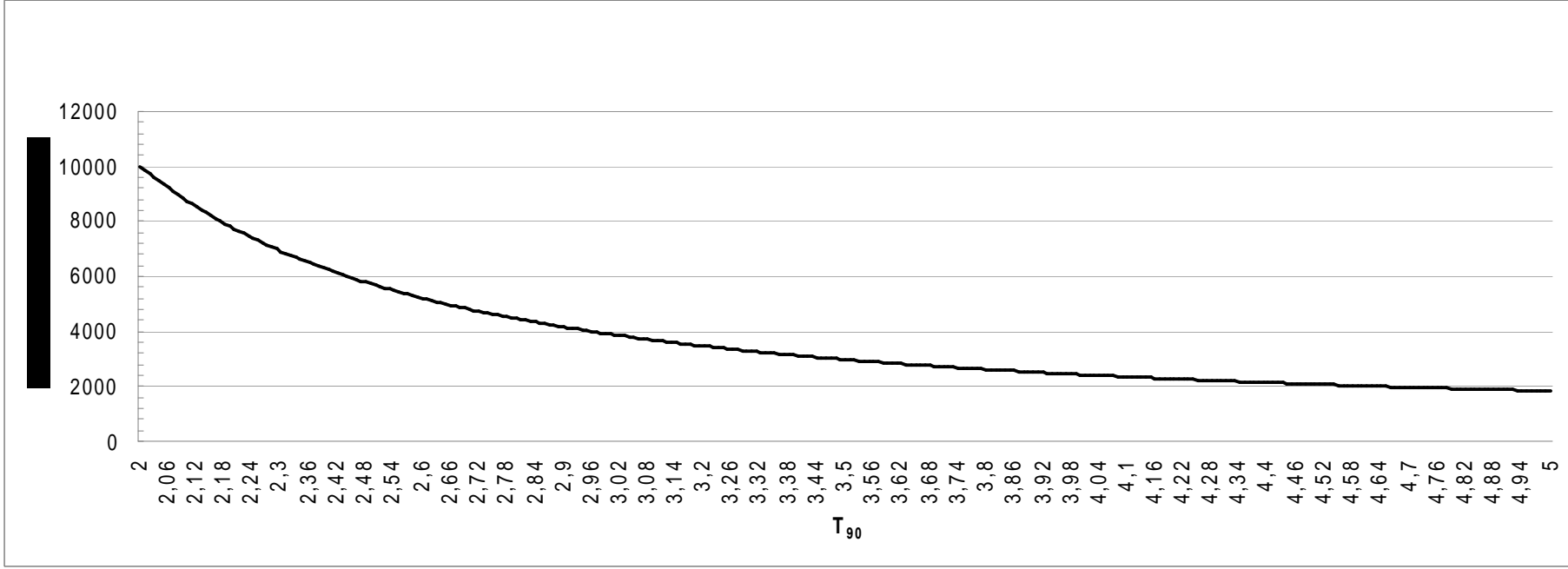
4.41	4.238333333	9.142675764	8.162317791	1525.7
4.42	4.244722222	9.127343479	8.177108192	1528.0
4.43	4.250833333	9.110790435	8.191263886	1530.2
4.44	4.256944444	9.094341772	8.205427741	1532.4
4.45	4.263333333	9.079301423	8.220244130	1534.7
4.46	4.269444444	9.063053405	8.234424666	1536.9
4.47	4.275555556	9.046906966	8.248613349	1539.1
4.48	4.281944444	9.032150607	8.263455680	1541.4
4.49	4.288055556	9.016199424	8.277661015	1543.6
4.50	4.294166667	9.000347118	8.291874483	1545.8
4.51	4.300277778	8.984592797	8.306096080	1548.0
4.52	4.306388889	8.968935579	8.320325802	1550.2
4.53	4.312500000	8.953374593	8.334563642	1552.4
4.54	4.318611111	8.937908978	8.348809598	1554.6
4.55	4.325000000	8.923792238	8.363711769	1556.9
4.56	4.331111111	8.908509926	8.377974309	1559.1
4.57	4.337222222	8.893320495	8.392244950	1561.3
4.58	4.343333333	8.878223123	8.406523687	1563.5
4.59	4.349444444	8.863216997	8.420810515	1565.7
4.60	4.355555556	8.848301314	8.435105431	1567.9
4.61	4.361388889	8.832249778	8.448758117	1570.0
4.62	4.367500000	8.817517298	8.463068826	1572.2
4.63	4.373611111	8.802872873	8.477387608	1574.4
4.64	4.379722222	8.788315736	8.491714459	1576.6
4.65	4.385833333	8.773845128	8.506049375	1578.8
4.66	4.391944444	8.759460299	8.520392350	1581.0
4.67	4.397777778	8.743962846	8.534090886	1583.1
4.68	4.403888889	8.729751862	8.548449602	1585.3
4.69	4.410000000	8.715624428	8.562816363	1587.5
4.70	4.416111111	8.701579828	8.577191167	1589.7
4.71	4.421944444	8.686437675	8.590920068	1591.8
4.72	4.428055556	8.672561005	8.605310577	1594.0
4.73	4.434166667	8.658765038	8.619709115	1596.2
4.74	4.440000000	8.643882621	8.633460658	1598.3
4.75	4.446111111	8.630250305	8.647874875	1600.5
4.76	4.451944444	8.615538873	8.661641378	1602.6
4.77	4.458055556	8.602067415	8.676071257	1604.8
4.78	4.463888889	8.587524090	8.689852701	1606.9
4.79	4.470000000	8.574210759	8.704298225	1609.1
4.80	4.475833333	8.559832724	8.718094596	1611.2
4.81	4.481944444	8.546674847	8.732555748	1613.4

Tablo 20'nin devamı

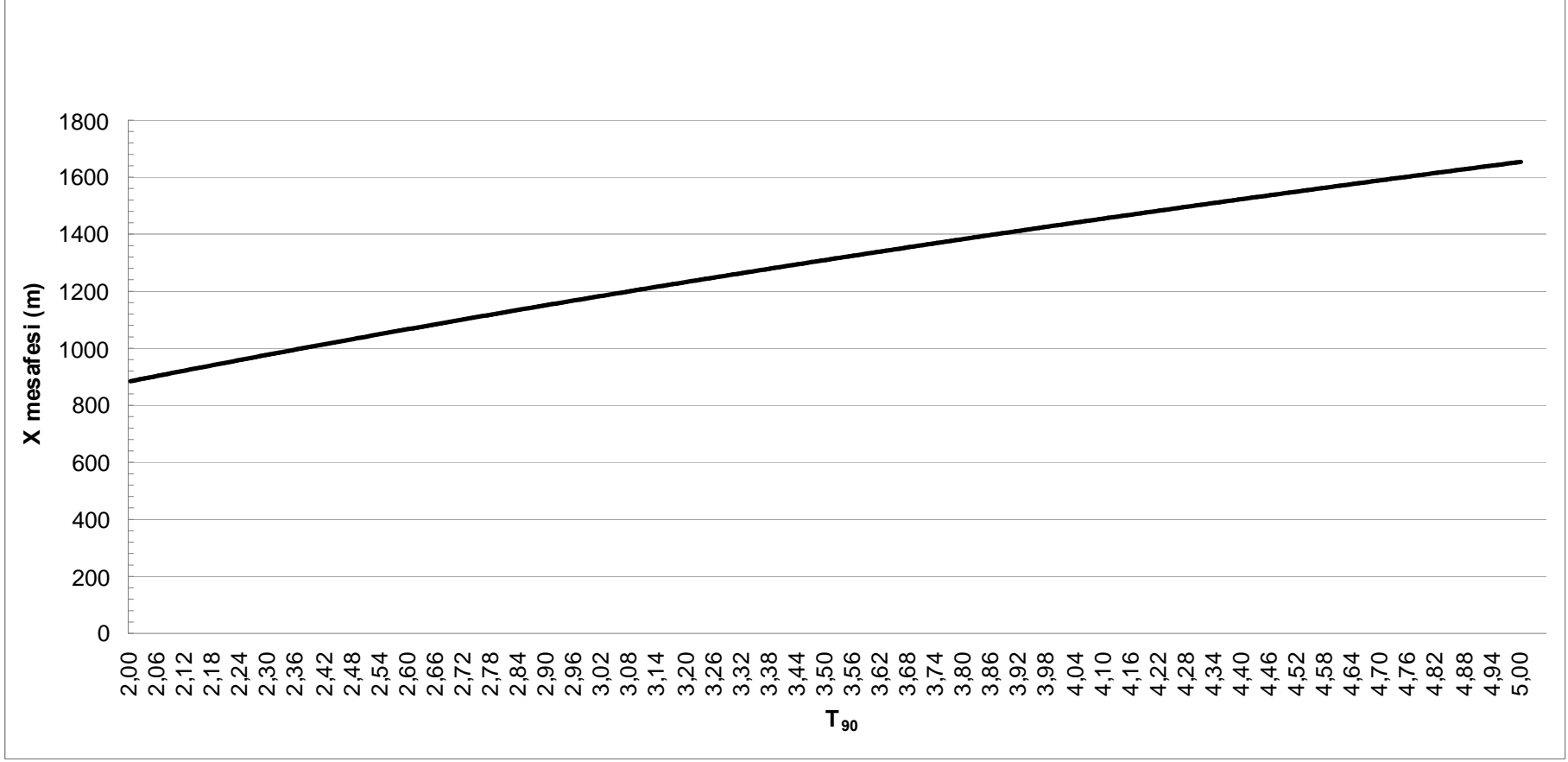
4.82	4.487777778	8.532459347	8.746367028	1615.5
4.83	4.493611111	8.518326208	8.760185584	1617.6
4.84	4.499722222	8.505398652	8.774669966	1619.8
4.85	4.505555556	8.491424000	8.788503407	1621.9
4.86	4.511388889	8.477529676	8.802344113	1624.0
4.87	4.517500000	8.464826672	8.816851686	1626.2
4.88	4.523333333	8.451086917	8.830707254	1628.3
4.89	4.529166667	8.437425522	8.844570074	1630.4
4.90	4.535000000	8.423841837	8.858440142	1632.5
4.91	4.541111111	8.411430871	8.872978460	1634.7
4.92	4.546944444	8.397996709	8.886863359	1636.8
4.93	4.552777778	8.384638371	8.900755495	1638.9
4.94	4.558611111	8.371355236	8.914654864	1641.0
4.95	4.564444444	8.358146686	8.928561462	1643.1
4.96	4.570277778	8.345012111	8.942475287	1645.2
4.97	4.576111111	8.331950908	8.956396333	1647.3
4.98	4.581944444	8.318962480	8.970324597	1649.4
4.99	4.587777778	8.306046235	8.984260075	1651.5
5.00	4.593611111	8.293201589	8.998202765	1653.6



Şekil 41. Vakfıkebir deniz deşarjı projesinde  $T_{90}$   $S_3$  ilişkisi



Şekil 42. Vakfıkebir deniz deşarjı projesinde  $T_{90}$  toplam seyrelme ilişkisi



Şekil 43. Vakfıkebir deniz deşarjı projesinde  $T_{90}$  x mesafesi ilişkisi

#### 4. İRDELEME

Dikkate alınan  $T_{90}$  değerleri birbirine çok yakın olsa da, dikkatle incelendiğinde bu değerlere karşılık gelen seyrelme miktarları gittikçe azalmaktadır.

Bu çalışmada  $T_{90}$  değerinin 2 saat değil de, 2 ile 5 saat arasında değişen değerleri alındığında bunun Vakfıkebir ve Sürmene deniz deşarj seyrelmelerine olumsuz etkileri incelenmiştir. Yapılan hesaplardan bu artışın, mevcut proje boyutlarında seyrelme kriterlerini sağlamadığı görülmüştür.

Deniz deşarjı projeleri kapsamında, yapılan çalışmalarda  $T_{90}$  değerleri; Batı Akdeniz kıyılarında 0.5–1.3 saat, Ege kıyılarında ise 2.3–2.4 saat arasında değiştiği bulunmuştur. Akdeniz ve Ege Denizi'ne oranla daha düşük güneş radyasyonu alan, tuzluluğu daha düşük ve nispeten daha yüksek organik madde ve bulanıklığa sahip olan Karadeniz için 4–6.7 saat arası sonuçlar elde edilmiştir. Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği,  $T_{90}$  değerinin yaz aylarında Ege ve Akdeniz'de en az 1.5 saat, Karadeniz'de ise 2 saat alınabileceğini, kış aylarında ise daha yüksek olacağını ve ortalama 3–5 saat civarında olabileceğini belirtmektedir.

Mevsimsel değişikliğe ve çevresel faktörlere göre gün içinde bile çok farklı değerlere ulaşan  $T_{90}$  'ın, proje boyutlandırma kabul edileceği değer bu değişiklikler dikkate alınmadan ortalama bir değer olarak kullanılmaktadır. Karadeniz Bölgesi'ndeki bütün deşarj sistemlerinde 2 saat olarak kabul edilmiş ve proje boyutlandırması bu süreye göre yapılmıştır.

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada  $T_{90}$  değerinin 2 saat değil de 2 ile 5 saat arasında değişen değerleri alındığında bunun Vakfıkebir ve Sürmene deniz deşarj seyrelmelerine olumsuz etkileri incelenmiştir.

Vakfıkebir deniz deşarjında  $T_{90}$  'ın 2, 3, 4 ve 5 saatlik değerlerinde toplam seyrelme sırasıyla: 9999.111059, 3894.669875, 2430.665971 ve 1831.800017 olmaktadır. Yapılan hesaplardan bu artışın, mevcut proje boyutlarında seyrelme kriterlerini sağlamadığı görülmüştür. Seyrelme kriterlerinin sağlanması için x mesafesinin alması gereken değerleri bulunmuştur. Buna göre  $T_{90}$  değerlerine karşılık x mesafeleri sırasıyla: 884.4m, 1179.2m, 1431.5m ve 1653.6m olmaktadır.

Sürmene deniz deşarjında  $T_{90}$  'ın 2, 3, 4 ve 5 saatlik değerlerinde toplam seyrelme sırasıyla: 9998.845571 , 4982.293237 , 3516.972696, 2853.729626 olmaktadır. Yapılan hesaplardan bu artışın, mevcut proje boyutlarında seyrelme kriterlerini sağlamadığı görülmüştür. Seyrelme kriterlerinin sağlanması için x mesafesinin alması gereken değerleri bulunmuştur. Buna göre  $T_{90}$  değerlerine karşılık x mesafeleri sırasıyla: 588m, 761.8m, 904m ve 1024.5m olmaktadır.

Atıksu deşarj sitemlerinde kullanılan  $T_{90}$  değerleri için bakteri tipine ve kullanılan tayin tekniğine göre oldukça farklı sonuçlar bulunmaktadır. Bunun sonucunda hesaplanan üçüncü seyrelmenin değeri ve deşarj borusunun uzunluğu önemli miktarda değişmektedir (~%55). Boru boyundaki bu değişimim boru çaplarının hesaplanmasında da önemli etkileri olacaktır. Bunun proje maliyeti üzerinde önemli etkileri olacaktır.

Yapılan literatür araştırması da  $T_{90}$  değerlerindeki farklılıkları göstermektedir. Bu konuda standart bir tayin tekniğinin bulunamamış olması da önemlidir.

Özellikle ülkemizde yapılan deşarj projelerinde  $T_{90}$  değerinin laboratuvar araştırılmaları yapılmadan seçilerek alındığı tespit edilmiştir. Bu durum projelerin güvenilirliğinin sorgulanmasını da gerektirmektedir.



## 6. ÖNERİLER

Atıksuların deniz deşarj sistemleri ile alıcı su ortamında seyreltilmek suretiyle uzaklaştırılması bütün dünyada yaygın olarak uygulanmaktadır. Gerekli bilimsel ve mühendislik esaslar dikkate alınarak tasarlanan deniz deşarjları, seyrelme ve alıcı ortamın doğal arıtma süreçleri ile atıkların çevre için zararsız seviyelere indirilmesine imkan vermektedir.

Deniz deşarjı sistemleri tüm dünya için olduğu gibi, Türkiye için de uygun arıtma alternatifi olarak benimsenmiş bulunmaktadır. Dolayısıyla Türkiye coğrafi konumunun sağladığı bu avantajı iyi kullanmalıdır. Bu çalışma ile ilgili öneriler aşağıda sıralanmaktadır:

- Deşarj edilen atıksuların, deniz ortamındaki dağılımının ve bunun  $T_{90}$  ile ilişkisinin Türkiye'nin deniz kıyılarının koşulları için araştırılması
- $T_{90}$  değerlerinin tayini için Türkiye'nin sahil sularının özellikleri ile uyumlu standart bir tayin yönteminin oluşturulması
- $T_{90}$  örneğinde olduğu gibi diğer deşarj parametrelerinin de sistem boyutlandırması üzerindeki etkilerinin araştırılması

## 7. KAYNAKLAR

- Abraham, G., 1963. Jet Diffusion in Stagnat Ambient Fluid, Delf Hydraulics Laboratory, Publ. No. 29.
- Aubrey, D., Belberov, A., Eremeev, V. ve Ünlüata, Ü., 1992. A Coalition to Diagnose the Patient: CoMSBlack and the Black Sea, Mar. Tech., 2, 5-8.
- Baykut, F., Aydın, A. ve Artüz, İ., 1988. Bilimsel Açıdan Karadeniz, Fatih Yayınevi, İstanbul.
- Beaudeau, P., Tousset, N., Bruchon, F., Lefevre, A. ve Taylor, H., 2001. In situ Measurement and Statistical Modelling of Escherichia Coli Decay in Small Rivers, Wat.Res., 35,13, 3168-3178.
- Bellair, J.T., Parr-Smith, G. A. ve Wallis, I. G., 1977. Significance of Diurnal Variation in Faecal Coliform Die-off Rates in the Design of Ocean Outfalls, J. Water pollut. Control Fed., 49, 2022-2030.
- Berkun, M., 2006. Atıksu Arıtma ve Deniz Deşarjı Yapıları, Seçkin Yayınevi , İstanbul.
- Bianchi, A. ve Giuliano, L., 1991. Enumeration of Viable Bacteria in the Marine Pelagic Environment, Applied and Environmental Microbiology, 62,1, 174-177.
- Bordalo, A., Onrassami, R. ve Dechsakulwatana, C., 2002. Survival of Faecal Indicator Bacteria in Tropical Estuarine Waters: Bangpakong River, Thailand, Journal of Applied Microbiology, 93, 864-871.
- Bravo, J. ve Vincente, A., 1991. Bacterial Die-off from Sewage Discharged Through Submarine Outfalls, Water Sci. Tech., 25,9, 9-16.
- Brooks, H., 1973. Dispersion in Hydrological and Coastal Environments, U.S. Environment Protection Agency, 3-73.
- Caderwall, K., 1968. Hydraulics of Marine Waste Water Disposal, Chalmers Inst. Tech., Report No.42, Gothenburg, Sweden.
- Canteras, J., Juanes, A., Perez, L. ve Koev, N., 1995. Modelling the Coliforms Inactivation Rates in the Cantabrian Sea from in Situ and Laboratory Determination of T<sub>90</sub>, Water Sci. Tech., 32,2 , 37-44.
- Crane, S.R., ve More, J.A., 1986. Modeling Enteric Bacterial Die-off, Water, Air, soil Pollut, 27, 411-439.

- Easton, J.H., Lalor, M., Gauthier, J., Pitt, R., Newman, D.E. ve Meyland, S., 1999. Determination of Survival Rates for Selected Bacterial and Protozoan Pathogens from Wet Weather Discharges, Water Environmental Federation 72nd annual Conference & Exposition, New Orleans.
- Erüz, C., 1999. Güneydoğu Karadeniz Kıyılarında Su Kütleleri ve Askıda Katı Maddenin Mevsimsel Değişimi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- DEÜ, 1994. Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü Raporu.
- Fan, L.N. ve Brooks, N.H., 1969. Numerical Solutions of Turbulent Buoyant Jet Problems, California Institute of Technology, KH,R, 18.
- Gameson, A.L.H. ve Gould, D.J., 1985. Investigations of Sewage Discharges to Some British Coastal Waters, Bacterial Mortality, 8,2, Report No:TR222. Water Research Centre, Medmenham.
- Goulder, R., 1984. Downstream Increase in the Abundance and Heterotrophic Activity of Suspended Bacteria in an Intermittent Calcareous Headstream, Freshwater Biology, 14-6, 611-619.
- Guillaud, F. J., Derrien, A., Gourmelon, M. ve Pommepuy, M., 1997. T<sub>90</sub> as a Tool for Engineers: Interest and Limits, Wat.Sci.Tech, 35,11, 277-281.
- Hansen, J.A. ve Jensen, P., 1977. Hydographic and Hydraulic Diffuser Design for Marine Waste Water Discharges, Sea Disposal of Wastes from Small and Medium-Sized Communities adlı kurs, ODTÜ, İTÜ ve WHO, Ankara-İstanbul.
- İller Bankası Genel Müdürlüğü, 2006. Sürmene Derin Deniz Deşarjı Kesin Proje Raporu.
- İller Bankası Genel Müdürlüğü, 2006. Vakfıkebir Derin Deniz Deşarjı Kesin Proje Raporu.
- Juanes J.A., Canteras J.C., 1995. Monitoring of Sewage Outfalls in Northern Spain: Preliminary Studies of Benthic Communities, Wat.Sci.Tech, 35-2, 289-295.
- Kay, D., Stapleton, C.M., Wyer, M.D., McDonald. A.T., Crowther. J., Paul, N., Jones, K., Francis, C., Watkins, J., Wilkinson, J., Humphrey, N., Lin, B., Yang, L., Falconer, R.A. ve Gardner, S., 2004. Decay of Intestinal Enterococci Concentrations in High-energy Estuarine and Coastal Waters, Water Research, 39, 665-667.
- Kogure, K., Sıdıdu, U., Taga, N. ve Corwell, R., 1987. Correlation of Direct Viable Counts with Heterotrophic Activity for Marine Bacteria, Applied and Environmental Microbiology, 53,10, 2332-2337.
- Kor, N., 1968. Kullanılmış Suların Denize Verilmesi ve İstanbul Şehri İçin Mansap İmkanları, İnşaat Mühendisliği Odası Yayınları, Sayı 18.

- Mancini, J., 1978. Numerical Estimates of Coliform Mortality Under Various Conditions. J. Water Pollut. Control Federation, 50, 2477–2484.
- Marchuk, G.L., Kordzadze, A.A. ve Skiba, Yu.N., 1975. Calculations of Basic Hydrological Fields in the Black Sea, J. Atmos. Ocean Phys., 11.
- Menon, P., Billen, B. ve Servais, P., 2003. Mortality Rates of Autochthonous and Fecal Bacteria in Natural Aquatic Ecosystems, Water Research, 37, 4151-4158.
- Murray, J.W., 1991. Black Sea Oceanography: Results from the 1988 Black Sea expedition, Deep Sea Res., Part A, 38,2, 1266.
- Murray, J.W., Top, Z. ve Özsoy, E., 1991. Hydrographic Properties and Ventilation of the Black Sea, Deep-Sa Res., 38,2 (1991) 663-689.
- Neumann, G. ve Pierson, W.J., 1996. Principles of Oceanography, Prentice-Hall Inc., Edit. Englewood Cliffs, USA 290.
- Noble, R.T., Lee, I.M. ve Schiff, C.K., 2004. Inactivation of Indicator Micro-organisms from Various Sources of Faecal Contamination in Seawater and Freshwater., Journal of Applied Microbiology, 96,3, 464–472.
- Oğuz, T., La Violette, P.E. ve Ünlüata, Ü., 1992. The Black Sea Circulation: Its Variability as Inferred from Hydrographic and Satellite Observations, J. Geophys. Rs., 12.
- Oğuz, T., Latun, V.S., Latif, M.A., Vladdimirov, Sur, H.I., Markov, A.A., Özsoy, Kotovshchikov, B.B., Eremeev, V.V. ve Ünlüata, U., 1993. Circulation in the Surface and Intermediate Layers of the Black Sea, Deep Sea Res., Part I, 40.
- Oğuz, T., Malanotte-Rizzoli, P. ve Aubrey, D., 1995. Wind and Thermohaline Circulation of the Black Sea Driven by Yarly Mean Climatological Forcing, J. Geophys. Rs., 100, 6845-6893.
- Occhipinti, A.G., 1991. Bacterial Disappearance Experiments in Brazilian Coastal Waters, Int.Spec. Conf. on Marine Disposal Systems (Lisboa), preprint.
- Özsoy, E., Top, Z., White, G. ve Murray, J.W., 1991. Double Diffusive Intrusions, Mixing and Deep Convective Processes in the Black Sea, in: Black Sea Oceanography, NATO ASI Series C, EE. İzdar ve J.W. Murray, Kluwer Academic Publishers, 351, 17-42.
- Özsoy, E. ve Beşiktepe, Ş., 1995. Sources of Double Diffusive Convection and Impacts on Mixing in the Black Sea, Double-Diffusive Convection, Gophysical Monograph 94, American Geophysical Union, 334, 261-274
- Plummer, T. H., Jr., ve Tarentino, A. L., 1981. Enteric Bacteria Survival Factors, J. Biol. Chem. 256, 10243-10246

- Pommepuy, M., Guillaud, J.F., Dupray, E., Derrien, A., LeGuyader, F. ve Cormier, M., 1992. Enteric Bacteria Survival Factors, Wat.Sci.Tech.,25,12, 93-103.
- Pommepuy, M., Hervio-Heath, D., Caprais, M.P., Gourmelon, M., Le Saux, J.C., ve Le Guyader, F., 2005. Oceans and Health: Pathogens in the Marine Environment, Edited by Belkin and Colwell, Springer, New York.
- Resmi Gazete, 2004. Rekreasyon amacıyla kullanılan kıyı ve deniz sularının sağlanması gereken standart değerleri hakkında karar, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Başbakanlık Basım Evi, 25687.
- Roberts, P.J.W., 1977. Dispersion of Buoyant Waste Water Discharged from Outfall Diffusers of Finite Length, California Institute of Technology, W.M. Keck Laboratory of Hydraulics and Waste Resources, KH,R, 35.
- Roszak, D. B. ve Colwell, R.R., 1987. Survival Strategies of Bacteria in the Natural Environment. Microbiol. Rev.,51, 365-379.
- Sinton, L.W., Davies-Colley, R.J., Bell, R.G., 1994. Inactivation of Enterococci and Fecal-Coliforms from Sewage and Meatworks Effluents in Seawater Chambers. Appl. Environ.Microbiol. 60,6, 2040–2048.
- Sorokin, Y.I., 1983. The Black Sea, in Estuaries and Enclosed Seas, Ecosystem of the World, Edited by B.H. Ketchum, Elsevier, New York.
- Stanev, E.V., 1990. On the Mechanisms of the Black Sea Circulation, Earth-Sci. Rev., 28, 285-319.
- Synconsult, S. L., 1991. Estudio y caracterización de emisarios submarinos, Ministerio de Obras Publicas y Urbanismo, Direccion General de Puertos y Costas. Madrid, Spain.
- Thomann, R.V. ve Muller, J.A., 1987. Principles of Surface Water Quality Modelling Control. Harper Collins, New York.
- Titov, V.B., 1985. Velocity Distributions of the Surface Currents in the Vicinity of North Caucasus Coast of the Black Sea, Oceanology, 25, 314-318.
- Yılmaz, A., Türkiye Denizlerinin Biyojeokimyası: Dağılımlar ve Dönüşümler, TÜBİTAK, İçel, 1998, 220-224.
- Yukselen, M.A., Cali, B., Gokyay, O. ve Saatci, A., 2002. Inactivation of Coliform Bacteria in Black Sea Waters Due to Solar Radiation, Environment International, 29, 45-50.
- Yukselen, M.A., Kerc, A. ve Saatci, A.M., 1995. Effect of Solar Intensity on Bacterial Die-off, Medcoast 95, Tarragona, Spain, 24-27.

## ÖZGEÇMİŞ

Tuğçe KOÇ, 1983 yılında Samsun'da doğdu. Gülsüm Sami Kefeli İlkokulu'nu 1994'te, Samsun Milli Piyango Anadolu Lisesi'ni 2000 yılında bitirdikten sonra, 2001-2002 öğretim yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde öğrenime başladı. Bu bölümden 2006 yılında mezun oldu. İngilizce bilmektedir.